گزارش نهایی- گروه تخصصی فنی و مهندسی

عنوان طرح: طراحی و ساخت کارت رادیویی ارتباطات خودرویی بصورت بومی

کد طرح: ۲۱-۲٤٥۸

ویرایش :٤,۱

گروه پژوهشی: فناوری اطلاعات

واحد سازمانی مجری: جهاددانشگاهی صنعتی شریف

مسئول اجرای طرح: حمیدرضا عطائیان

ماه و سال گزارش طرح:

خرداد ۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: گزارش نهایی طراحی و ساخت کارت رادیویی ارتباطات خودرویی بصورت بومی

شمارهٔ ویرایش: ٤,١

عنوان فارسی طرح پژوهشی: طراحی و ساخت کارت رادیویی ارتباطات خودرویی بصورت بومی

عنوان انگلیسی طرح:

Design and Production Connected Vehicle Radio Card for Commercial

عنوان نهایی طرح در شبکه برنامه : طراحی و ساخت کارت رادیویی ارتباطات خودورییی به صورت بومی

کد طرح: ٢١-٢٤٥٨

نام فایل گزارش: *IT97 JDSRC-REP overall R4.1 970322*

ویرایشگر: حمیدرضا عطائیان

تاریخ تصویب طرح: ٩٥/١١/٠٣

سطح دسترسی به سند: نامحدود/ محرمانه (بدون موافقت کتبی، نسخه‌برداری یا تکثیر ممنوع است)

ردیف	نام و نام خانوادگی	مسئولیت در طرح	تخصص	رتبه	جمع کل نفر ساعت همکاری در طرح
١	حبیب رستمی	مشاور	ارتباطات خودرویی	استادیار پژوهش	١٨٠
٢	حمیدرضا عطاییان	مسئول طرح	ارتباطات خودرویی و شبکه‌های بیسیم	مربی پژوهش	٥٥٠
٣	مجیدعشوری	مجری	ارتباطات خودرویی و شبکه‌های بیسیم	--	٥٠٧
٤	محمد الهی	مجری	معماری کامپیوتر	--	٢١١
٥	جعفر صادق خورشیدی	مجری	الکترونیک	--	٢٠٠
٦	مهدیه رستمیان	مجری	طراحی و برنامه‌نویسی	--	٢٠٥
٧	قباد عمادی	مجری	طراحی و برنامه‌نویسی	--	٤٢٤

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف	نام و نام خانوادگی	مسئولیت در طرح	تخصص	رتبه	جمع کل نفر ساعت همکاری در طرح
۸	زهرا کوخازاد	مجری	برنامه‌نویسی	--	۲٤۲
۹	مهران ایرندگانی	مجری	برنامه‌نویسی	--	۳٦٤
۱۰	زینب کاموسی	مجری	مستندسازی	--	۹۳
۱۱	حمید گل محمدی	مجری	سخت‌افزار	--	٦۱
۱۲	لادن انصاریان	مجری	برنامه‌نویسی	--	۸۳۷
۱۳	ندا گلشن	مجری	کنترل و زمانبندی	--	۳۷
۱٤	الهام دادوند	مجری	برنامه‌نویسی	--	۱٦۰

Archive of SID

www.SID.ir

چکیده

سند حاضر گزارش نهایی طرح پژوهشی «طراحی و ساخت کارت رادیویی ارتباطات خودرویی بصورت بومی» است که شامل فعالیت‌های انجام شده در مقاطع اول و دوم این طرح پژوهشی می‌باشد. هدف از اجرای این طرح ساخت نمونه اولیه از کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* بوده است. در این طرح ابتدا راهکارهای مناسب فنی و اقتصادی برای ساخت کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* با هدف بکارگیری آن در پروژه سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای برای پایش خودروهای سنگین موسوم به سپهتن شناسایی شده‌اند. سپس در ادامه راهکار منتخب در ابعاد سخت‌افزاری و نرم‌افزاری به اجرا درآمده است و سپس آزمون‌های مختلف که برای صحه‌گذاری بر راهکار انتخاب شده اجرا گردیده است.

در مقطع دوم این طرح، فرآیندهای تکمیلی انجام گرفته برای ساخت کارت رادیویی انجام شده است. این فرآیندها شامل آزمون نمونه اولیه برای شناسایی اصلاحات مورد نیاز سخت‌افزاری سفارشی‌سازی سیستم‌عامل، ساخت نمونه نهایی کارت رادیویی و آماده‌سازی عملیاتی آن به همراه آزمون‌های آزمایشگاهی و عملیاتی متناسب با اهداف اولیه تجاری ساخت کارت رادیویی برای پروژه سپهتن می‌باشد.

کلید واژگان: کارت رادیویی،ارتباطات خودرویی، استاندارد *802.11p*، سپهتن

Archive of SID

www.SID.ir

پیشگفتار

این طرح طبق نسخه نهایی طرحنامه کد ۲۱-۲٤٥٨ به تاریخ ۹۵/۳/۱۱، مصوب شورای بررسی نهایی طرح‌ها به تاریخ ۹۵/۱۱/۳ در چارچوب برنامه پژوهشی گروه پژوهشی فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف به اجرا درآمده است.

هدف مطرح شده در طرحنامه، کسب دانش فنی و تولید یک نمونه کارت رادیویی برای استفاده در واحد درون خودرویی (*OBU*) بوده است که بتواند بطور مستقل برای کاربردهای مبتنی بر کارت رادیویی *802.11p* مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر و با اجرای طرح این هدف بطور کامل محقق شده است. ارزیابی‌های نتایج طرح در قالب آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی تعیین شده بود که بخشی از این آزمون‌ها تحت نظارت سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران و بخشی دیگر با تایید و نظارت سازمان فناوری اطلاعات ناجا با موفقیت انجام شده است. همچنین انطباق عملکرد رادیویی این کارت رادیویی با مقررات رادیویی کشور نیز به تایید سازمان مقررات رادیویی نیز رسیده است. در زمینه موانع اجرایی انجام طرح می‌توان به اشکال فنی پیش آمده از طرف سازنده برد اشاره کرد که موجب یک تاخیر ناخواسته در انجام اهداف طرح گردید. این اشکال موجب کاهش کارایی بخش فرستنده شده بود. همچنین به دلایل مختلف آماده‌سازی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آزمایشگاه مرجع توسط سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی نیز با مشکلات اجرایی مواجه شد که باز تاخیرهایی را نیز برای اجرای فرایندهای آزمون توسط این آزمایشگاه به همراه داشت. دست آخر آزمون‌های میدانی نیز توسط فاوای ناجا با موفقیت به انجام رسید و عملیاتی بودن این کارت مورد تایید قرار گرفت.

مجری این طرح آقای مهندس حمیدرضا عطائیان می‌باشند که علاوه بر مدیریت کلیه فعالیت‌های اجرایی طرح در بخش‌های طراحی و ساخت کارت رادیویی سخت افزار و طراحی و توسعه نرم افزار ، انجام امور دیگری از قبیل پیگیری آزمون‌های آزمایشگاه‌های مرجع، تدوین سناریوهای آزمون‌های میدانی، حضور در این آزمون‌ها و همچنین حضور در جلسات‌فنی مرتبط و تهیه گزارش را برعهده داشتند. در طول این طرح از همکاری، مشاوره قدم به قدم و تجربیات ارزشمند جناب آقای مهندس رستمی در زمینه ارتباطات خودرویی استفاده شده است.

با توجه به گستردگی پژوهش‌های طرح از همکاری تعداد بیشتری از اعضای گروه فناوری اطلاعات نسبت به آنچه در طرحنامه پیش‌بینی شده بود استفاده شده است. آقایان مجید عشوری و محمد الهی مسئولیت بخش طراحی سخت‌افزار و ارتباطات شبکه و آقایان حمید گل محمدی و جعفر صادق خورشیدی پیگیری فرآیند ساخت و اجرای عملیات آزمون را بر عهده داشته‌اند. در بخش نرم‌افزار از همکاری تیم نرم‌افزاری شامل آقایان و خانم‌ها: قباد عمادی و مهدیه رستمیان به عنوان طراح معماری نرم‌افزارو لادن انصاریان، زهرا کوخازاد، مهران ایرندگانی، و الهام دادوند در بخش برنامه‌نویسی استفاده شده است. خانم ندا گلشن در انجام فعالیت‌های مربوط

Archive of SID

www.SID.ir

به کنترل زمانبندی و هماهنگی‌های طرح و خانم زینب کاموسی در تهیه گزارش و مستندسازی طرح در قالب رویه دفترمرکزی همکاری داشته‌اند.

از همه همکاران پژوهشگر تقاضا می‌شود نظرات و پیشنهادات خود را برای ارتقای این سند به پست الکترونیکی مدیر طرح جناب آقای مهندس عطاییان به نشانی *Ataeian@jdsharif.ac.ir* ارسال فرمایند.

با تشکر

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات جهاد دانشگاهی صنعتی شریف

۲۲ خرداد ۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست

چکیده I
پیشگفتار II
۱.پیشگفتار گزارش مقطع اول XVII
۲. بررسی محصولات موجود در بازار و انتخاب ساز و کار مناسب برای تولید محصول ۱
۲,۱. مقدمه ۱
۲,۲. تجارب جهانی در ساخت تجهیزات ارتباطات خوردویی مبتنی بر استاندارد *802.11P* ۲
۲,۳. مشخصات کلی استاندارد *802.11P* ۳
۲,۳,۱ کاهش تأخیر در برقراری لینک رادیویی ۳
۲,۳,۲ باند فرکانسی ۳
۲,۳,۳. کانال‌های با پهنای باند ۱۰ مگاهرتز ۴
۲,۳,۴ ایجاد کانال اختصاصی برای پیامهای ایمنی ۴
۲,۳,۵ بکارگیری حالت *OCB (OUTSIDE THE CONTEXT OF BSS)* ۴
۲,۳,۶. اطلاع رسانی زمان ۵
۲,۴. بررسی محصولات ۵
۲,۴,۱. تولید کنندگان *OBU* و *OBU* های ارزان قیمت ۵
۲,۴,۲. ماژولهای ارتباطی *802.11P* ۷
۲,۴,۳ تولید کنندگان *CHIPSET*های *802.11P* ۱۰
۲,۵ طراحی به کمک بردهای صنعتی چند منظوره ۱۴
۲,۶. طراحی برد با فناوری *FPGA* ۱۶
۲,۷. ویژگی طراحی بصورت *SOC* ۱۶
۲,۸. انتخاب روش ۱۸
۲,۹. پیاده‌سازی درایور کارت رادیویی در هسته سیستم‌عامل ۱۹
۳. شناسایی *CHIPSET* مناسب برای ساخت کارت رادیویی ۲۰
۳,۱. مقدمه ۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

۳,۲. انتخاب تجهیزات ۲۰
۳,۲,۱. شناسایی درایور مناسب ۲۱
۳,۲,۲ پیادهسازی *802.11P* مبتنی بر *OPENWRT* ۲۲
۳,۲,۳. معماری پیادهسازی *IEEE 802.11* در سیستم عامل ۲۲
۳,۲,۴پیادهسازی *802.11P* در لینوکس بر اساس *MAC80211* برای درایور *ATH9K* ۲۴
۳,۲,۵ تنظیمات مورد نیاز برای کار بر روی حالت *OCB* ۲۵
۳,۲,۶ تنظیمات مورد نیاز برای ایجاد ارتباط با تجهیزات ساخته شده با *ATHEROS 5K* ۲۶
۳,۳ آزمونهای ارتباطی تجهیزات مبتنی بر *ATHEROS 9K* با تجهیزات *ATHEROS 5K* ۲۹
۳,۳,۱ آزمون *PING* ۳۰
۳,۳,۲ آزمون قابلیت اطمینان لینک (*LINK RELIABILITY*) ۳۱
۳,۳,۳ آزمون انتقال فایل ۳۴
۳,۳,۴ آزمون تعیین فاصله ۳۴
۳,۴ آزمون با کارت رادیویی مبتنی بر *ATHEROS 9K* ۳۸
۳,۵. آزمونهای تکمیلی عملیاتی ارتباط تجهیزات مبتنی بر*ATHEROS 9K* ۴۱
۳,۵,۱. شرایط آزمونهای میدانی ۴۱
۳,۵,۲. آزمون میدانی تأثیر فاصله در کیفیت ارتباطات ۴۳
۳,۵,۳. آزمون میدانی قابلیت اطمینان در ارتباط ۴۷
۳,۵,۴ آزمون میدانی کارایی انتقال فایل ۵۳
۴. بررسی نیازمندیهای بازار از ارتباطات مبتنی بر *802.11P* ۵۶
۴,۱ مقدمه ۵۶
۴,۲. نیازمندیهای عملکردی ۵۷
۴,۲,۱. نیازمندی محوری در پروژه سپهتن ۵۷
۴,۲,۲ تحلیل نیازمندیها ۵۸
۴,۲,۳امنسازی ارتباط ۶۷
۴,۳. نیازمندیهای سختافزاری ۶۸

Archive of SID

www.SID.ir

۴,۳,۱. نیازمندی‌های سخت افزاری تصریح شده توسط ذینفعان ۶۸
۴,۳,۲ نیازمندی‌های تکمیلی شناسایی شده توسط مجری ۶۹
۵. شناسایی روش‌های مناسب سفارشی‌سازی سیستم عامل ۷۱
۵,۱. مقدمه ۷۱
۵,۲. مروری بر روش‌های سفارشی‌سازی سیستم عامل برای سامانه‌های تعبیه شده ۷۱
۵,۲,۱. استفاده از توزیع‌های متداول ۷۱
۵,۲,۲. روش دستی و عدم استفاده از توزیع مشخص ۷۲
۵,۲,۳ استفاده از ابزارهای ساخت (*BUILD*) خودکار مختص سامانه‌های تعبیه شده ۷۲
۶. طراحی و ساخت کارت رادیویی ۸۲
۶,۱ مقدمه ۸۲
۶,۲ ویژگی‌های اجزای اصلی کارت رادیویی ۸۲
۶,۲,۱. مشخصات چیپ پردازنده ۸۲
۶,۲,۲. حافظه اصلی ۸۳
۶,۲,۳ حافظه فلش (*ONBOARD*) ۸۵
۶,۲,۴. تقویت کننده توان خروجی رادیو ۸۵
۶,۲,۵ ملاحظات ساخت کارت رادیویی ۸۸
جمع بندی ۹۱
مقطع دوم ۹۳
۷. پیشگفتار گزارش مقطع دوم ۹۳
۸. سفارشی‌سازی سیستم‌عامل ۹۵
۸,۱ مقدمه ۹۵
۸,۲. مراحل سفارشی‌سازی سیستم عامل ۹۵
۸,۲,۱ راه‌اندازی واسط ارتباطی *SPI* بر روی واسط *GPIO* ۹۵
۸,۲,۲. پیکربندی اجزاء نرم‌افزاری مورد نیاز ۹۶
۹. آزمون‌های آزمایشگاهی ماژول رادیویی و ساخت محصول نهایی ۹۹

Archive of SID

www.SID.ir

۹,۱. مقدمه ۹۹
۹,۲. آزمون عملکرد ماژول رادیویی ۹۹
۹,۲,۱آزمون *PING* ۱۰۰
۹,۲,۲. آزمون قابلیت اطمینان لینک (*LINK RELIABILITY*) ۱۰۰
۹,۳. ساخت کارت رادیویی ۱۰۰
۱۰. تجهیزات جانبی مورد نیاز ۱۰۱
۱۰,۱ مقدمه ۱۰۱
۱۰,۲. جعبه ۱۰۱
۱۰,۳. مبدل *TTL* به *RS 232* ۱۰۳
۱۰,۴ آنتن ۱۰۴
۱۱. طراحی و توسعه نرم‌افزارهای مورد نیاز ۱۰۶
۱۱,۱ مقدمه ۱۰۶
۱۱,۲. ارتباطات سریال میان تجهیزات *AVL* و کارت رادیویی ۱۰۶
۱۱,۳. انتقال اطلاعات در سمت *AVL* ۱۰۹
۱۱,۴ انتقال اطلاعات در سمت*DSRC* ۱۱۰
۱۱,۵ ساختار داده ارسالی ۱۱۱
۱۲. کاربرد انتقال فایل به تجهیزات مستقر در پاسگاه ۱۱۴
۱۲,۱ مقدمه ۱۱۴
۱۲,۲. پروتکل انتقال فایل از کارت رادیویی به تجهیزات کنار مسیر(*RSU*) ۱۱۴
۱۲,۳. بخش اعلان خدمات پاسگاه ۱۱۵
۱۲,۴. پروتکل انتقال فایل ۱۱۶
۱۲,۵. انتقال فایل ۱۲۰
۱۲,۶ کنترل جریان و ازدحام در پروتکل *TCP* ۱۲۰
۱۲,۶,۱ کنترل جریان ۱۲۱
۱۲,۶,۲. کنترل ازدحام ۱۲۱

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲,۷. راهکار بهبود روند انتقال فایل ۱۲۳
۱۲,۷,۱. بکارگیری انتقال موازی ۱۲۴
۱۲,۷,۲. بکارگیری پروتکل *UDP* ۱۲۴
۱۲,۷,۳. بهینه‌سازی پارامتر *TIMEOUT* ۱۲۵
۱۲,۸. ارزیابی روش تغییر پارامتر *TIMEOUT* در پروتکل *TCP* ۱۲۶
۱۲,۸,۱. شرایط آزمون ۱۲۶
۱۲,۸,۲. تشریح آزمون ۱۲۸
۱۲,۹. توسعه ابزارها برای آماده‌سازی خودکار و آزمون نمونه اولیه محصول ۱۳۳
۱۲,۹,۱. توسعه ابزار آماده‌سازی سیستم‌عامل و ابزارهای مورد نیاز ۱۳۳
۱۲,۹,۲. ابزار آزمون کارت رادیویی و فرآیند انتقال فایل ۱۳۴
۱۲,۱۰. انتقال فایل از تجهیزات کنار مسیر به سامانه نرم‌افزاری مستقر در پاسگاه ۱۳۴
۱۲,۱۰,۱. پروتکل انتقال فایل ۱۳۴
۱۲,۱۰,۲ نرم افزار ارسال دستور از *RSU* به *OBU* ۱۳۹
۱۳. آزمون‌ها و تأییدیه‌ها ۱۴۲
۱۳,۱. مقدمه ۱۴۲
۱۳,۲. آزمون و تأییدیه سازمان مقرارت رادیویی ۱۴۲
۱۳,۳. تجهیز آزمایشگاه مرجع سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ۱۴۳
۱۳,۴. آزمون میدانی توسط معاونت فاوای ناجا ۱۴۷
۱۳,۵. اجرای آزمون ۱۴۸
۱۳,۶. راه‌اندازی ابزار *BUILD SERVER* ۱۵۱
۱۳,۶,۱ نصب *JENKINS* ۱۵۲
۱۳,۶,۲. پیکربندی *JENKINS* ۱۵۳
۱۴. برآورد اقتصادی و محاسبه هزینه تمام شده محصول ۱۵۸
۱۴,۱. جمع بندی ۱۶۰
پیوست ۱ ..... ۱۶۱

Archive of SID

www.SID.ir

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۶۵
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۶۶
مراجع ۱۶۹

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست شکل‌ها

شکل ۱: طیف فرکانسی پروتکل *802.11P WAVE*..... ۴
شکل ۲: ماژول ارائه شده توسط شرکت *LESSWIRE* ۸
شکل ۳: ماژول ارائه شده توسط شرکت *RENESAS* ۹
شکل ۴– ماژول ارائه شده توسط شرکت *UNEX* ۱۰
شکل ۵: نمونه‌ای از کارت طراحی شده با این *CHIPSET* خانواده *ATH 5K* توسط شرکت *UNEX*..... ۱۲
شکل ۶: اتصال برد صنعتی با کارت رادیویی ۱۵
شکل ۷: برد اصلی یک *ACCESS POINT* ۱۷
شکل ۸: برد رادیویی که بر روی برد اصلی نصب میشود. ۱۷
شکل ۹: یک برد *RASEPBBERY* با پردازنده *BROADCOM* و قابلیت ارتباط رادیویی از نوع *WIFI* ... ۱۸
شکل ۱۰: نمونه‌ای از تجهیز *WDR3600* متعلق به شرکت *TP-LINK* ۲۱
شکل ۱۱: پیاده‌سازی *802.11P* در لینوکس در *CHIPSET*های *ATHEROS* ۲۳
شکل ۱۲: تنظیمات رگولاتوری اعمال شده بر روی دستگاه *TP-LINK* ۲۷
شکل ۱۳: مشخصات دو دستگاه رادیوی *TP-LINK* قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11P*..... ۲۸
شکل ۱۴: مشخصات کارت رادیویی قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11P* قرار داده شود. ۲۸
شکل ۱۵: مشخصات کارت رادیویی بعد از تغییر باند فرکانسی به *5890 MHZ*..... ۲۹
شکل ۱۶: تغییر باند فرکانسی به *5855–5865 MHZ* به عنوان اولین کانال استاندارد *802.11P*..... ۲۹
شکل ۱۷: تغییر باند فرکانسی به *5915–5925 MHZ* به عنوان هفتمین کانال استاندارد *802.11P* ۲۹
شکل ۱۸: تنظیمات *IP* دستگاه *TP-LINK* ۳۰
شکل ۱۹: تنظیمات *IP* دستگاه *RSU*..... ۳۰
شکل ۲۰: اجرای آزمون *PING* بر روی *TP-LINK* ۳۰
شکل ۲۱: اجرای آزمون *PING* بر روی *RSU*..... ۳۱
شکل ۲۲: کد سمت ارسال کننده (*RSU*) ۳۲
شکل ۲۳: خروجی آزمون قابلیت اطمینان لینک در سمت *RSU* ۳۲
شکل ۲۴: کد سمت دریافت کننده (*TP-LINK*) ۳۳

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۲۵: خروجی برنامه آزمون قابلیت اطمینان لینک در سمت *TP-LINK* ۳۳
شکل ۲۶: ایجاد فایل با استفاده از دستور *DD* و انتقال آن با استفاده از دستور *SCP* بر روی *TP-LINK* ... ۳۴
شکل ۲۷: مشخصات فایل دریافت شده بر روی *RSU* ۳۴
شکل ۲۸: کد برنامه اجرا شده در سمت *TP-LINK* ۳۶
شکل ۲۹: کد برنامه اجرا شده در سمت *RSU* ۳۷
شکل ۳۰: شمایی از اجرای برنامه در سمت *TP-LINK* ۳۸
شکل ۳۱: شمایی از اجرای برنامه در سمت *RSU* ۳۸
شکل ۳۲: نمونه‌ای از کارت رادیویی *F50N-PRO* از شرکت *DBII NETWORKS* ۳۹
شکل ۳۳: نمونه‌ای از برد *PC ENGINE* به همراه کارت رادیویی *MINI PCI* ۴۰
شکل ۳۴: محل قرار گیری *RSU* در بلوار پژوهش ۴۲
شکل ۳۵: میزان دید مستقیم یین *RSU* و خودرو متحرک در بلوار پژوهش ۴۳
شکل ۳۶: نمونه بسته دریافتی برنامه آزمون فاصله در سمت *RSU* ۴۴
شکل ۳۷: نمونه بسته‌های دریافتی برنامه آزمون فاصله در سمت *TP-LINK* ۴۵
شکل ۳۸: نتایج آزمون فاصله هر یک ثانیه یکبار توسط *RSU* ۴۷
شکل ۳۹: تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۹۰۰ متری ۴۸
شکل ۴۰: تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۸۰۰ متری ۴۹
شکل ۴۱: تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۷۰۰ متری ۵۰
شکل ۴۲ : تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۶۰۰ متری ۵۱
شکل ۴۳: تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۵۰۰ متری ۵۲
شکل ۴۴: تعداد بسته‌های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۴۰۰ متری ۵۳
شکل ۴۵: آزمون انتقال در فاصله ۹۰۰ متری ۵۴
شکل ۴۶: آزمون انتقال در فاصله ۸۰۰ متری ۵۴
شکل ۴۷: آزمون انتقال در فاصله ۷۰۰ متری ۵۴
شکل ۴۸: آزمون انتقال در فاصله ۶۰۰ متری ۵۴
شکل ۴۹: آزمون انتقال در فاصله ۵۰۰ متری ۵۵

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۵۰: آزمون انتقال در فاصله ۴۰۰ متری ۵۵
شکل ۵۱: آزمون انتقال در فاصله ۳۰۰ متری ۵۵
شکل ۵۲: نمایی از نیازمندی پروژه سپهتن، انتقال داده به پاسگاه در زمان نزدیک شدن خودرو به آن ۵۸
شکل ۵۳: نمونه‌ای از آنتن‌های همه‌جهته ۵۹
شکل ۵۴: نمونه‌ای از آنتن‌های جهت‌دار ۵۹
شکل ۵۵: نمودار رابطه تغییر پهنای باند با تغییر فاصله ۶۱
شکل ۵۶: تغییر پهنای باند، *SNR* با تغییر فاصله [] [] ۶۱
شکل ۵۷: ساز و کار آغاز تبادلات در *TCP* ۶۳
شکل ۵۸: معماری *BUILDROOT* ۷۴
شکل ۵۹: مقایسه‌ای بین *BUILDROOT* و *YOCTO* ۷۵
شکل ۶۰: قالب *MENUCONFIG* برای اعمال تنظیمات *BUILDROOT* ۷۶
شکل ۶۱: دستگاه *TPLINK* دو کارت رادیویی دارد که کارت رادیویی *WLAN1* در *TPLINK* ۸۰
شکل ۶۲: شکل مربوط به تغییر رگولاتوری و پشتیبانی *TPLINK* از باندهای فرکانسی مجاز ۸۰
شکل ۶۳: مشخصات کارت رادیویی قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11P* قرار داده شود ۸۱
شکل ۶۴: مشخصات کارت رادیویی بعد از آنکه باند فرکانسی آن به *5890* تغییر داده شد ۸۱
شکل ۶۵: تغییر باند فرکانسی به *5855–5865 MHZ* به عنوان اولین کانال استاندارد *802.11P* ۸۱
شکل ۶۶: تغییر باند فرکانسی به *5915–5925 MHZ* به عنوان هفتمین کانال استاندارد *802.11P* ۸۱
شکل ۶۷: بلوک دیاگرام چیپ پردازنده *ATHEROS 93XX* ۸۲
شکل ۶۸: شماتیک ارتباط حافظه *DDR2* با پردازنده ۸۴
شکل ۶۹: شماتیک *SPI* ۸۵
شکل ۷۰: باند فرکانس کار تجهیزات برمبنای فرکانس قطع *۳DB*– ۸۶
شکل ۷۱: شماتیک اتصال چیپ *SE5003L* برای تقویت توان خروجی ۸۷
شکل ۷۲: شماتیک مدار اتصال یک *CHAIN* ۸۸
شکل ۷۳: پکیج چیپ پردازنده *LPCC* ۹۰
شکل ۷۴: نمونه‌کارت *JDSRC* ۹۱

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۷۵: کیت آزمون ۹۲
شکل ۷۶: نمونه کارت *JDSRC* که بر روی کیت آزمون سوار شده است. ۹۲
شکل ۷۷: نمونه کارت رادیویی به همراه کیت آزمون ۹۳
شکل ۷۸: تجهیز *WDR3600* ۹۹
شکل ۷۹: نمونه‌ای از برد رادیویی *JDSRC* ۱۰۰
شکل ۸۰: جعبه کارت رادیویی در حالت باز ۱۰۲
شکل ۸۱ :جعبه محتوی کارت رادیویی ۱۰۲
شکل ۸۲: ماژول تبدیل واسط *TTL* به *RS-232* ۱۰۳
شکل ۸۳: شماتیک برد مبدل *TTL* به *RS-232* ۱۰۳
شکل ۸۴: آنتن تمام جهته ۱۰۴
شکل ۸۵: طرح آنتن جهت دار با گین بالا ۱۰۵
شکل ۸۶: پترن تشعشعی آنتن جهتدار با گین ۱۰۵
شکل ۸۷: روند انتقال داده از سمت *AVL* ۱۱۰
شکل ۸۸: روند انتقال داده از سمت *DSRC* ۱۱۱
شکل ۸۹: شمای کلی فرآیند انتقال فایل از کارت رادیویی به *RSU* ۱۱۹
شکل ۹۰: فرمت سرآیند *TCP* ۱۲۱
شکل ۹۱: فرآیند کنترل ازدحام ۱۲۲
شکل ۹۲: تغییر در سطح آستانه و کاهش روند ارسال در ساز و کار کنترل ازدحام ۱۲۳
شکل ۹۳: موقعیت *RSU*در آزاد راه تهران–کرج محدوده چیتگر ۱۲۷
شکل ۹۴: مسیر حرکت خودروها ۱۲۸
شکل ۹۵: ناحیه تحت پوشش لوب اصلی آنتن تمام جهته ۱۳۰
شکل ۹۶: متوسط قابلیت اطمینان لینک در فواصل مختلف ۱۳۰
شکل ۹۷: متوسط پهنای باند درفواصل مختلف ۱۳۱
شکل ۹۸: متوسط تعداد ارسال موفق فایل در فواصل مختلف ۱۳۲
شکل ۹۹: متوسط ارسال موفق برای حجم‌های مختلف فایل ۱۳۳

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱۰۰: شمای کلی فرآیند انتقال فایل از *RSU* به سامانه سپهتن پلیس‌راه ۱۳۸
شکل ۱۰۱: تأییدیه سازمان تنظیم مقررات رادیویی ۱۴۳
شکل ۱۰۲: اعلام آزمون‌های عملکردی به جز آزمون‌های محیطی توسط سازمان پژوهش‌ها..... ۱۴۵
شکل ۱۰۳: تأییدیه اتمام آزمون‌های تجهیزات رادیویی ۱۴۶
شکل ۱۰۴: تأییدیه آزمون‌های موفق میدانی توسط معاونت فناوری ناجا..... ۱۴۸
شکل ۱۰۵: مسیر حرکت و محل نصب اولیه *RSU* روی پل عابر پیاده در خیابان تهرانسر ۱۴۹
شکل ۱۰۶: مسیر حرکت خودرو در خیابان آبشار واقع در منطقه ۲۲ تهران ۱۴۹
شکل ۱۰۷: تصویری از اجرای آزمون با آنتن جهتدار ۱۵۰
شکل ۱۰۸: الگوی انتشار آنتن جهتدار در این آزمون ۱۵۰
شکل ۱۰۹: نمایی از آنتن‌های کارت رادیویی بر روی سقف خودروی آزمون ۱۵۱
شکل ۱۱۰: صفحه اول ابزار *JENKINS* پس از نصب آن ۱۵۲
شکل ۱۱۱: ایجاد پروژه جدید ۱۵۳
شکل ۱۱۲: شناساندن آدرس سیستم عامل بر روی *GIT* ۱۵۴
شکل ۱۱۳: اعمال تنظیمات مربوط به *BUILD* ۱۵۴
شکل ۱۱۴: اتمام ساخت پروژه جدید..... ۱۵۵
شکل ۱۱۵: نحوه اجرای *BUILD* ۱۵۵
شکل ۱۱۶: خروجی کنسول برای مدیریت بهتر عملیات *BUILD*..... ۱۵۶
شکل ۱۱۷: تاییدیه آزمون‌های عملکردی توسط فاوای نیروی انتظامی..... ۱۵۷

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست جداول

جدول ۱:مقایسه قابلیت‌های فناوری‌های مختلف ارتباطی بی‌سیم ۳
جدول ۲: فهرست تولیدکنندگان تجهیزات *OBU* ۶
جدول ۳: فهرست ماژول‌های سخت افزاری ارتباطی برای ساخت تجهیزات مبتنی بر ارتباطات *802.11P*..... ۸
جدول ۴: مقایسه روش‌های ساخت محصول ۱۸
جدول ۵: نتایج آزمون‌های میدانی قابلیت اطمینان در فواصل مختلف ۴۸
جدول ۶: نتایج به‌دست آمده برای آزمون میدانی انتقال فایل..... ۵۳
جدول ۷ : نسخه‌های استاندارد *IEEE 802.11* براساس طیف فرکانسی، پهنای باند نامی و مؤثر ۶۲
جدول ۸: ارزیابی کارایی نسبی *UDP* و *TCP* در شبکه *WIFI* ۶۴
جدول ۹: حجم داده انتقال یافته در هر گام ۱۲۵ متری و بصورت تجمعی ۶۵
جدول ۱۰: زمان انتقال داده‌ها برای ۳۰ خودرو و برای انتقال چند فایل با حجم مختلف ۶۶
جدول ۱۱: تطابق دو کد متریک و *IMPERIAL* ۸۹
جدول ۱۲: ساختار سرآمد بسته..... ۱۰۷
جدول ۱۳: انواع بسته و مقادیر معادل آنها ۱۰۷
جدول ۱۴: ساختار بسته‌ی تأیید، عدم تأیید، شروع به کار و آمادگی برای دریافت ۱۰۸
جدول ۱۵: ساختار بسته مقدمه..... ۱۰۸
جدول ۱۶: ساختار بسته داده ۱۰۸
جدول ۱۷: ساختار بسته ورژن..... ۱۰۸
جدول ۱۸: ساختار کلی انواع مختلف بسته و مقادیر آنها..... ۱۰۸
جدول ۱۹: ساختار بخش مفید داده ارسالی ذکر شده درجدول ۵..... ۱۱۱
جدول ۲۰: ساختار داده مربوط به نوع درایور..... ۱۱۲
جدول ۲۱: ساختار داده مربوط به نوع گزارش ۱۱۲
جدول ۲۲: ساختار داده مربوط به نوع رخداد ۱۱۳
جدول ۲۳: ساختار داده مربوط به نوع *GPS* ۱۱۳
جدول ۲۴: انواع درخواست‌های ارسالی از سمت *DSRC* و مقدار معادل آنها..... ۱۱۳
جدول ۲۵: ساختار بسته‌ی اعلان خدمات*RSU* ۱۱۵
جدول ۲۶: مثال عددی از بسته‌ی اعلان خدمات*RSU*..... ۱۱۶
جدول ۲۷: ساختار کلی بسته درخواست انتقال فایل ۱۱۷
جدول ۲۸: ساختار قسمت اطلاعات فایل بسته تقاضای انتقال فایل ۱۱۷
جدول ۲۹: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فرستنده بسته‌ی تقاضای انتقال فایل ۱۱۷
جدول ۳۰: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فایل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل ۱۱۸
جدول ۳۱: ساختار بسته تأییدیه انتقال فایل به همراه مثال ۱۱۸

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳۲: ساختار بسته نتیجه انتقال (ارسالی از سمت *RSU*) ۱۱۹
جدول ۳۳: مثالی از بسته تعداد بایت‌های دریافتی توسط *RSU* ۱۱۹
جدول ۳۴: شرایط نرم‌افزاری و سخت‌افزاری انجام آزمون ۱۲۶
جدول ۳۵: مشخصات *RSU* مورد آزمون و شرایط اولیه آزمون‌های انجام شده ۱۲۷
جدول ۳۶: تعداد آزمون‌ها برای حجم‌های مختلف فایل ارسالی ۱۲۹
جدول ۳۷: ساختار کلی بسته درخواست انتقال فایل ۱۳۴
جدول ۳۸: ساختار قسمت اطلاعات فرستنده و نسخه پروتکل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل ۱۳۵
جدول ۳۹: ساختار قسمت اطلاعات فایل بسته تقاضای انتقال فایل ۱۳۶
جدول ۲۹: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فرستنده بسته‌ی تقاضای انتقال فایل ۱۳۶
جدول ۳۰: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فایل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل ۱۳۷
جدول ۳۱: ساختار بسته تأییدیه انتقال فایل به همراه مثال ۱۳۷
جدول ۳۲: ساختار بسته نتیجه انتقال (ارسالی از سمت سامانه سپهتن پلیس‌راه) ۱۳۸
جدول ۳۳: مثالی از بسته تعداد بایت‌های دریافتی توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه ۱۳۸
جدول ۳۴: ساختار بسته‌ی اعلان خدمات *RSU* ۱۳۹
جدول ۳۵: مثال عددی از بسته‌ی اعلان خدمات *RSU* ۱۴۱
جدول ۳۶: جدول هزینه طراحی و ساخت نمونه اولیه و نهایی و آزمون‌های تایید ۱۵۸
جدول ۳۷: هزینه ساخت یک دستگاه به ازاء ساخت ۱۰۰ برد رادیویی ۱۵۹

Archive of SID

www.SID.ir

مقطع اول

۱.پیشگفتار گزارش مقطع اول

فناوری ارتباطات خودرویی فناوری نوینی است که با ویژگی‌های خود می‌تواند قابلیت‌های جدیدی بر مبنای ارتباطات بین خودرویی و بین خودرو و تجهیزات کنار مسیر برای رانندگان و مدیریت حمل‌ونقل فراهم آورد. هدف از توسعه این فناوری افزایش آگاهی رانندگان نسبت به شرایط پیرامونی و نیز امکان تحلیل داده‌های بلادرنگِ گردآوری شده از خودروها برای ارتقاء ایمنی و مدیریت ترافیک می‌باشد. تاکنون فناوری‌های مختلفی برای تأمین بستر ارتباطی مورد نیاز سامانه‌های هوشمند حمل‌ونقل پیشنهاد و یا ارائه شده‌اند که می‌توانند کاربردهای مختلفی را به اجرا گذارند، اما دامنه کاربرد هیچکدام، خصوصاً در بخش ایمنی به وسعت *DSRC*[1] نبوده است. فناوری *DSRC* بر پایه ارتباطات بی‌سیم برد کوتاه اختصاصی برای محیط‌های خودرویی می‌باشد و استاندارد آن تحت عنوان قرارداد ارتباطی *IEEE 802.11p* شناخته می‌شود که از این به بعد به اختصار قرارداد *802.11p* گفته خواهد شد. همچنین این فناوری در باند فرکانسی *۵,۹GHz* کار می‌کند که تا قبل از ظهور این فناوری عمدتاً در اروپا و امریکا جزء باند آزاد محسوب می‌شد. فناوری *DSRC* با ایجاد بستر ارتباطی میان خودروها و تجهیزات ارتباطی نصب شده در کنار مسیرها، امکان تبادل داده میان خودروها با یکدیگر و همچنین خودروها با تجهیزات نصب شده در امتداد مسیرهای عبوری را فراهم می‌کند[۱].

همپای فعالیت‌های گسترده در کشورهای مختلف پروژه‌ای ملی تحت عنوان **"**طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی**"** در سال ۹۰ توسط گروه پژوهشی فناوری اطلاعات به اجرا گذاشته شد که منجر به کسب دانش فنی ساخت تجهیزات و بکارگیری این فناوری برای توسعه خدمات ایمنی و ترافیکی گردید. با توجه به رویکرد جهانی برای تجاری‌سازی و استفاده عمومی از این فناوری، تجاری‌سازی آن در ابعاد ملی نیز در دستور کار این گروه قرار گرفت. برای این منظور نیازهای ذی‌نفعان بزرگ حوزه حمل‌ونقل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و در این بین پروژه سپهتن (سامانه پایش هوشمند تردد ناوگان) متعلق به سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای مورد توجه قرار گرفت. در این پروژه نیازی مطرح شده است که تنها با استفاده از فناوری ارتباطات خودرویی مبتنی بر قرارداد ارتباطی *IEEE 802.11p* قابل پاسخگویی است. در این کاربرد خودروهای

[1] *Dedicated Short Range Communications (DSRC)*

Archive of SID

www.SID.ir

سنگین حامل تجهیزات پایش رفتار رانندگان، که مبتنی بر *GPS*[۲] می‌باشد باید اطلاعات خود را در زمان نزدیک شدن به پاسگاه‌های راهور ناجا بطور خودکار و از فاصله دور به سامانه مستقر در پاسگاه منتقل نمایند تا در صورت وقوع تخلف، خودرو متوقف گردد. با توجه به این موضوع لازم است واسطی از نوع کارت رادیویی مبتنی بر فناوری ارتباطات خودرویی به تجهیزات پایش اضافه شود تا امکان این انتقال را فراهم نماید. همانطور که ذکر شد در پروژه **"**طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی**"** تجهیزات سخت‌افزاری مبتنی بر این فناوری تولید گردید، لیکن این تجهیزات به‌لحاظ فنی بسیار فراتر از میزان نیاز مورد اشاره در پروژه سپهتن می‌باشد. از این‌رو قیمت آن نیز در محدوده مورد نظر در پروژه سپهتن قرار ندارد و به همین دلیل لازم بود راهکار دیگری مد نظر قرار گیرد. برای این منظور راهکارهای متعددی از جمله تأمین آن توسط یک واسط رادیویی از خارج از کشور مطرح گردید که با توجه به قیمت تمام شده و محدوده قیمت قابل قبول در پروژه سپهتن این گزینه منتفی شد. راهکار دیگری که مورد بررسی قرار گرفت ساخت این واسط و یا ساخت آن به روش ماژولار می‌باشد. بررسی‌های صورت گرفته نشان‌دهنده امکان ساخت این واسط بود که برای اجرای ساخت این واسط طرح پژوهشی حاضر پیشنهاد و مورد تصویب قرار گرفت. گزارش حاضر در خصوص اجرای این طرح می‌باشد.

گزارش مقطع اول مشتمل بر پنج فصل می‌باشد که در هر یک از این فصول نتایج حاصله از فعالیت‌های این مرحله ارائه شده است. در فصل اول این گزارش محصولات موجود در بازار جهانی این فناوری که امکان بهره‌بردای از آنها برای استفاده در ساخت کارت رادیویی وجود دارد، مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از نتایج حاصله اجزاء و محصولات منتخب در فصل دوم این گزارش معرفی می‌گردند. برای طراحی جزئیات فنی کارت رادیویی لازم است نیازمندی‌های بازار مصرف و به خصوص پروژه سپهتن مورد شناسایی و تحلیل دقیق‌تر قرار گیرد. در فصل سوم گزارش شناسایی و تحلیل این نیازمندی‌ها ارائه می‌گردد. محصولات عرضه شده در بازار این فناوری مبتنی بر سیستم‌عامل‌های متن‌باز همچون لینوکس می‌باشند. از این‌رو لازم است علاوه بر ساخت سخت‌افزار مورد نیاز، سیستم‌عاملی متناسب با نیازمندی‌های فنی، سفارشی‌سازی شوند. گزارش این سفارشی‌سازی در فصل چهارم ارائه شده است. همچنین فصل پنجم به فرآیند طراحی وساخت کارت رادیویی اختصاص دارد.

[2] *Global Positining System*

Archive of SID

www.SID.ir

۲.بررسی محصولات موجود در بازار و انتخاب ساز و کار مناسب برای تولید محصول

۲,۱. مقدمه

با پیدایش فناوری ارتباطات خودرویی و معرفی کاربردهای آن در ارتقاء ایمنی حمل‌ونقل زمینی از حدود یک دهه قبل در دنیا، همواره این سئوال بسیار مهم مطرح بوده است که استقرار این فناوری چگونه خواهد بود و به چه ترتیب می‌توان کاربران نهایی و رانندگان خودروها را از مزایای آن بهره‌مند نمود؟ پس از بررسی‌های فنی گسترده توسط گروه‌های پژوهشی مختلف در دنیا، اجرای پروژه‌های پایلوت متعدد در کشورهای پیشرفته و قطعیت یافتن کارآمدی فناوری مزبور به منظور تبادل پیام‌های ایمنی بین خودروها تلاش جهانی بر ایجاد شرایط لازم به منظور استقرار این فناوری و استفاده عملیاتی آن از طریق مشارکت دولت‌ها، شرکت‌های خودروسازی و عموم سازمان‌های ذینفع متمرکز گردید. بر این اساس پلت‌فرمهای تحقیق و توسعه[1] با هدف توسعه و آزمون یک راهکار مبتنی بر این فناوری ارتباطی استقرار یافت تا در تحقیقات دانشگاهی و آزمون‌های میدانی (توسط نهادهای ملی یا کنسرسیوم‌های صنعتی[2]) و یا به‌عنوان مرجع طراحی محصولات پس از فروش خودرویی *V2X*[3] مورد استفاده قرار گیرند [۲].

ارتباطات مستقیم بین خودروهای مجاور در یک طیف فرکانسی می‌تواند با استفاده از فناوری‌های مختلفی ایجاد شود. رویکردهای اولیه در این زمینه مبتنی بر استفاده از *WiFi* و همچنین استانداردهای *IEEE802.11a/b/g/n* بودند. اما برای استفاده از فناوری‌های ارتباطی همواره ملاحظاتی از قبیل زمان کوتاه اتصال (*WiFi* مبتنی بر یک فرآیند ارتباطی[4] وقت‌گیر است) یا سرعت بالای خودروها وجود داشته است، همچنین عوامل دیگری مانند تأثیرات چند-مسیری[5] باعث می‌شد که رمزگشایی سیگنال‌های رادیویی ضعیف شود و به‌علاوه جبران محو شدگی سیگنال نیز کار دشواری است[۳] .

از این رو پروتکل جدیدی بر مبنای *802.11 a* در لایه *PHY*، *IEEE802.11e* در لایه توسعه *MAC* و توسعه‌های جدید دیگر به با نام *IEEE 802.11P* معرفی شد که تمامی این محدودیت‌ها را در نظر می‌گرفت و به خاطر نحوه عملکرد آن به *DSRC* شهرت یافت. این پروتکل از سایرین مقاومتر بوده و اجازه دریافت و ارسال پیام‌ها را بدون فرآیند ارتباط می‌داد [۳].

در این فصل با هدف انتخاب یک محصول و یا ساز و کار مناسب برای ساخت کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *IEEE802.11p*، محصولات موجود در بازار فناوری ارتباطات رادیویی مبتنی بر این استاندارد مورد بررسی قرار می‌گیرد. از جنبه فنی لازم است علاوه بر قابلیت محصول مورد بررسی برای ارتباطات رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* امکان سفارشی‌سازی آن(سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) برای تطبیق ویژگی‌های مورد نیاز در پروژه سپهتن وجود داشته باشد.

[1] *Research and Development*
[2] *industry consortiums*
[3] *Vehicle to x*
[4] *Association process*
[5] *Multi-path effects*

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین از نظر تجاری لازم است قیمت آن در محدوده مورد نیاز در پروژه سپهتن باشد (هر واحد محصول حدودا ۲,۰۰۰,۰۰۰ ریال). همچنین امکان دسترسی و تأمین آن با تعداد بالا در یک دوره طولانی نیز باید فراهم باشد. نتایج حاصله از بررسی و شناسایی مزیت‌ها و محدودیت‌های فنی و تجاری این محصولات در انتخاب روش توسعه و ساخت کارت رادیویی مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت. در این مرحله تحلیل فنی و تحلیل تجاری بطور همزمان انجام گرفته است تا از طولانی شدن این فعالیت جلوگیری گردد. بطور مثال در زمانی که اطلاعات تجاری نشان می‌داد که امکان بهره‌بردای از محصول مورد نظر برای ساخت کارت رادیویی وجود ندارد، جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات فنی آن متوقف می‌گردید. در ابتدای این فصل مشخصات فنی استاندارد *802.11p* بصورت کلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲,۲. تجارب جهانی در ساخت تجهیزات ارتباطات خوردویی مبتنی بر استاندارد *802.11p*

از آنجا که استاندارد *802.11p* از استاندارد *802.11a* با تغییراتی منشعب شده است، قبل از انتشار نهایی استاندارد *802.11p* عملاً بسیاری از متخصصان حوزه فناوری‌های بی‌سیم محلی با خصوصیات این استاندارد آشنا بودند. از این‌رو پایلوت‌های متعددی بر این اساس در جهان با تغییر استاندارد *802.11a* بر روی برخی از *chipset*های خاص این فناوری که قابلیت تغییر مشخصات منطبق بر استاندارد *802.11p* را داشتند، در جهان به اجرا گذاشته شد. این *chipset*ها از *chipset*های سری ۵۰۰۰ شرکت *Atheros* بودند. بر این مبنا بسیاری از پایلوت‌های معروف این حوزه برای اثبات مفهوم[1] به اجرا گذاشته شد که از جمله آنها می‌توان به پروژه‌های اتحادیه اروپا در حوزه ایمنی همچون *SafeSpot* [٤] و طراحی معماری و پلتفرم ارتباطات خودرویی در پروژه [٥] *CVIS* و پروژه *FRILOT* [٦] در حوزه جابجایی[2] اشاره کرد. در پروژه *CVIS* پلتفرمی بنام *GCDC*[٧] معرفی شد که بیش از همه مبتنی بر *chipset* سری ۵۰۰۰ خانواده *Atheros* بود و عملاً در بسیاری از پروژه‌های بزرگ اتحادیه اروپا و مراکز تحقیقاتی و آکادمیک در دنیار مورد بهره‌برداری قرار گرفت که از جمله می‌توان به پروژه مدیریت ارتباطات در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند مشارکتی در دانشگاه *Paris Tech*، ارزیابی کانال ارتباطی در ارتباطات خودرو به خودرو موسسه تحقیقاتی کورک *[٨]* و پروژه طراحی و ارزیابی سامانه ارتباطات خودرویی برای ایمنی خودرو و عابر پیاده در دانشگاه پست و ارتباطات چین *[٩]* و یا پروژه طراحی شبکه ارتباطات خودرویی در سطح شهر در دانشگاه پورتو پرتغال [١٠] اشاره کرد که از این پلتفرم استفاده نمودند. پس از انتشار موفقیت‌های این پروژه‌ها و قطعی شدن کارایی و کاربردی بودن این فناوری خصوصا در حوزه ایمنی، بسیاری از فعالان حوزه ارتباطات برد کوتاه مصمم به توسعه پلتفرم‌های سخت‌افزاری برای ورود به این بازار نمودند که از جمله این فعالان می‌توان به شرکت *Cohda Wireless* اشاره کرد که با پیشینه‌ای آکادمیک و ثبت اختراعات متعدد در ارتباطات خودرویی توسط پاول الکساندر[3] به عرصه تولید تجهیزات ارتباطات خودرویی با کمک شرکت‌های *NXP* و سیسکو قدم نهاد.

[1] *proof of concept*
[2] *mobility*
[3] *Paul Alexander*

Archive of SID

www.SID.ir

۲,۳. مشخصات کلی استاندارد *802.11p*

همان‌طور که اشاره شد، استاندارد *802.11p* منشعب از استاندارد *802.11a* می‌باشد از این‌رو بسیاری از مشخصات آنها با یکدیگر تطبیق دارد که از جمله می‌توان به روش مدولاسیون آن اشاره کرد که در هر دو استاندارد با استفاده از پروتکل *OFDM*[1] می‌باشد. از این‌رو در این قسمت به مشخصاتی اشاره خواهیم داشت که تنها در مورد *802.11p* مصداق دارد و با توجه به کاربرد آن در ارتباطات خودرویی و هدف اصلی از این فناوری ارتباطی که ایمنی می‌باشد، تدوین شده است. اهم مشخصات این استاندارد مرتبط با کارایی آن در محیط‌های خودرویی به شرح زیر است. لازم به ذکر است که برخی از پارامترهای ذکر شده در اینجا عملاً در پیکربندی سیستم‌عامل برای فعال شدن استاندارد *802.11p* ضروری می‌باشند. این پارامترها در ادامه با علامت (*) مشخص شده‌اند.

۲,۳,۱. کاهش تأخیر در برقراری لینک رادیویی

در استاندارد *802.11p* تأخیر در برقراری ارتباط، تقریباً ۲ میلی‌ثانیه می‌باشد. در مقابل این تأخیر در سایر فناوری‌های مختلف بی‌سیم از جمله *WiFi* چند صد میلی‌ثانیه است. جدول ۱مقایسه قابلیت‌های فناوری‌های مختلف ارتباطی بی‌سیم را نشان می‌دهد. (در این جدول استاندارد *802.11p* با نام *DSRC 5.9GHz* نمایش داده شده است).

جدول ۱:مقایسه قابلیت‌های فناوری‌های مختلف ارتباطی بی‌سیم[۱۱]

مشخصات	*DSRC*	*Wi-Fi*	*Cellular Phone*	*Mobile WiMAX5*	*MBAW*
نرخ داده	۳-۲۷ *Mbps*	٦ -٥٤ *Mbps*	< ۲ *Mbps*	۱-۳۲ *Mbps*	
زمان عکس‌العمل	<۵۰*ms*	در حد چند ثانیه	در حد چند ثانیه	نامعین	نامعین
برد	< ۱ *Km*	< ۱۰۰ *m*	< ۱۰ *Km*	< ۱۵ *Km*	<۲۵۰ *Km*
تحرک	> ۹۰*Km/h*	< ۵*Km/h*	> ۹۰*Km/h*	> ۹۰*Km/h*	
باندفرکانسی	۵/۸*GHz* تا ۵/۹*GHz*	۲/٤*GHz* تا ۵/۲*GHz*	۸۰۰*MHz* تا ۱/۹*GHz*	۲/۵*GHz*	۳/۵*GHz*
استاندارد*IEEE*	*802.11p*	*802.11a*	ندارد	*802.16e*	*802.20*

۲,۳,۲. باند فرکانسی (*)

این باند، باند فرکانسی اجباری برای استاندارد *802.11p* می‌باشد. البته این باند در کشورهای مختلف به صورت‌های مختلف استاندارد شده و تخصیص فرکانسی کمی متفاوت می‌باشد. در آمریکا این باند بین ۵,۸۵۰ تا ۵,۹۲۵ گیگا هرتز و در اروپا بین ۵,۸۵۵ تا ۵,۹۲۵ گیگاهرتز می باشد. در این باند کانال‌های مختلفی (به طور معمول هفت کانال) وجود دارد که می‌توان بر روی هر یک از این کانال‌ها کار کرد. اما با توجه به اینکه اسکن کردن کانال‌ها زمان‌بر می‌باشد و نمی‌توان

[1] *Frequency-Division Multiplexing*

Archive of SID

www.SID.ir

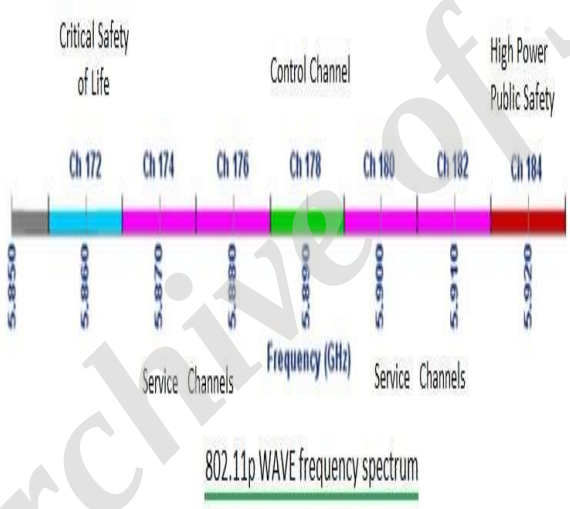
همانند شبکه‌های بی‌سیم محلی این اسکن را انجام داد، بنابراین ضروری است که تخصیص کانال از قبل مشخص شده باشد.

۲,۳,۳. کانال‌های با پهنای باند ۱۰ مگاهرتز (*)

اگرچه در استاندارد *802.11p* از مدولاسیون‌های مشابه *802.11a* استفاده می‌شود، اما پهنای باند هر کانال برابر ۱۰ مگاهرتز و نصف کانال‌های استفاده شده در *802.11a* می باشد. این عمل موجب بهبود عملکرد ارسال اطلاعات و مقاوم شدن کانال‌ها در برابر اثرات داپلر و تداخل بین کانال‌ها می‌شود.

۲,۳,٤. ایجاد کانال اختصاصی برای پیام‌های ایمنی

۷ کانال با عرض ۱۰ مگاهرتز برای این استاندارد در نظر گرفته شده است که از میان آنها دو کانال اختصاصی برای ارسال‌های پیام‌های ایمنی تعیین شده است. شکل ۱ این کانال‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱: طیف فرکانسی پروتکل *802.11p WAVE*

۲,۳,۵. بکارگیری حالت *OCB (Outside the Context of BSS)* (*)

این حالت یکی دیگر از ویژگی‌های جدید اضافه شده در *802.11p* می‌باشد. با فعال کردن این حالت، دیگر نیازی به برقراری و ایجاد نشست و تبادل اطلاعات امنیتی بین دو ایستگاه نمی‌باشد، و ایستگاه‌ها می‌توانند به طور مستقیم و بدون اینکه نیاز باشد برای ایجاد یک نشست داده‌ای از قبل با یکدیگر مبادله کنند، با همدیگر ارتباط داشته باشند. مزیت اصلی کار کردن ایستگاه‌ها در این حالت امکان تبادل اطلاعات در کسر بسیار کمی از ثانیه می‌باشد. مشخصات اصلی این حالت عبارتند از:

- استفاده از *Wildcard BSSID* (تمامی بیت‌های *BSSID* برابر یک قرار داده می‌شود)،

Archive of SID

www.SID.ir

- هیچ گونه *beacon* ارسال و یا دریافت نمی شود.
- حذف احراز هویت برای اتصال،
- حذف وضعیت *Association* در ارتباط (از آنجایی که دیگر از حالت *AP*[1] استفاده نمی‌شود، دیگر نیازی به این حالت وجود ندارد)،
- حذف رمزنگاری،
- تنظیم بیت *dot11OCBActivated* برابر با مقدار یک.

بر این مبنا مشخصات کلی استاندارد *802.11p* که در ساخت کارت رادیویی و پیاده‌سازی درایور آن در سیستم‌عامل تأثیرگذار است به قرار زیر است:

۲,۳,٦. اطلاع رسانی زمان(*)

اطلاع‌رسانی زمان یکی از ویژگی‌های جدید اضافه شده به *802.11p* است که در دیگر پروتکل‌های این خانواده قبلاً وجود نداشته است و در قالب فریم‌های مدیریتی ارسال می‌شود. این فریم برای ارسال زمان از یک ایستگاه به دیگر ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. البته این قسمت به صورت اختیاری بوده و پیاده‌سازی آن اجباری نمی‌باشد.

۲,٤. بررسی محصولات

مجموعه‌ای از محصولات در سه طیف مختلف در حوزه فناوری ارتباطات خودرویی تاکنون به بازار عرضه شده‌اند که عبارتند از:

- *OBU*های ارزان قیمت: که می‌توان از آنها بعنوان کارت رادیویی بهره‌برداری کرد و یا آنکه برای ساخت کارت رادیویی از آن استفاده نمود.
- ماژول ارتباطی *802.11p*: با استفاده از ماژول‌های ارتباطی می‌توان با اضافه کردن اجزاء مورد نیاز محصول نهایی را تولید نمود.
- *Chipset* ها: برای ساخت کارت رادیویی بصورت بنیادی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲,٤,۱. تولید کنندگان *OBU* و *OBU* های ارزان قیمت

تا زمان تدوین این گزارش، ۱۳ محصول از ۹ تولیدکننده در خصوص ساخت تجهیزات *OBU* مورد شناسایی قرار گرفتند. از میان این تولید کنندگان تنها یک شرکت تجهیزاتی را تولید می‌کند که احتمالاً برای استفاده در برد رادیویی مورد نظر مناسب است. فهرست این تولیدکنندگان و محصولات آنها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. همانطور که در این جدول قابل

[1] *Access Point*

Archive of SID

www.SID.ir

مشاهده است، بیشتر این تولیدکنندگان محصولاتی را عرضه نموده‌اند که عملا دارای قابلیت‌های یک *OBU* کامل می‌باشد و به همین دلیل دارای قیمت و مشخصاتی بیش از محدوده مورد نیاز می‌باشند. لازم به ذکر است منظور از *OBU* کامل تجهیزاتی است که علاوه بر قابلیت ارتباط مبتنی بر *802.11p* دارای قابلیت ارتباطات مضاعف همچون *WiFi*، *GSM*، بلوتوث، *Ethernet* و *CAN* به‌همراه *GPS* می‌باشند.

جدول ۲: فهرست تولیدکنندگان تجهیزات *OBU*

ردیف	نام تولید کننده	نام محصول	نشانی مشخصات فنی	*Full OBU/ Minimal OBU/ Toll Collection/*
۱	*ARADA Systems*	*LocoMate Classic*	*http://www.aradasystems.com/locomate-obu/*	*F*
		LocoMate Mini	*http://www.aradasystems.com/locomate-mini-obu/*	*M*
		LocoTOLL	*http://www.aradasystems.com/wp-content/uploads/2014/10/LocoToll_Datasheet_v1.01.pdf*	*T*
۲	*Autotalks*	بدلیل اسرائیلی بودن تولید کننده از بررسی حذف گردید		
۳	*Cohda Wireless*	*MK5*	*http://cohdawireless.com/Portals/0/MK5_OBU_10122015.pdf*	*F*
		MK4	*http://cohdawireless.com/Portals/0/PDFs/CohdaWirelessMK4a.pdf*	*F*
٤	*Commsignia*	*V2X OBU*	*http://www.commsignia.com/hardware/#datasheet*	*F*
٥	*Componentality*	*FlexRoad*	*https://componentality.com/media/uploads/res/flexroad_obu-specification_en.pdf*	*F*
٦	*NEC*	*LinkBird-MX*	*http://www.nec.co.jp/press/en/0811/images/1301-01.pdf*	*O*
۷	*Kapsch*	*TS3306*	*https://www.kapsch.net/ktc/downloads/datasheets/in-vehicle/5-9/Kapsch-KTC-DS-OBU-TS3306?lang=en-US*	*O*
		TS3304/	*https://www.kapsch.net/ktc/downloads/datasheets/in-vehicle/5-9/Kapsch-KTC-DS-OBU-TS3306?lang=en-US*	*T*
۸	*Savari*	*MobiWAVE*	*http://savari.net/wp-content/uploads/2017/01/Savari-OBU-DataSheet-FINALNov2016.pdf*	*O*
۹	*Unex*	*OBU-201E OBU-201U HRU-201E HRU-201U*	*https://www.unex.com.tw/products/dsrc-v2x/solutions/v2x-system*	*F*

Archive of SID

www.SID.ir

از میان شرکت‌های جدول ۲ تنها شرکت *ARADA Systems* یک محصول حداقلی را ارائه داده است که محتمل است بتوان برای ساخت کارت رادیویی از آن بهره برد. این شرکت از پیشروان تولید تجهیزات درون خودرویی در جهان می‌باشد که تاکنون سه نسل از محصولات خود را عرضه نموده است. این شرکت اولین محصولات خود را برمبنای *chip*های شرکت *Atheros* از سری ۵۰۰۰ عرضه نمود که در چند پایلوت معروف در امریکا، اروپا و ایران (توسط مجری) مورد استفاده قرار گرفت. قیمت تمام شده این محصول بسیار بالا و در حد ۹۰۰ دلار بود. در حدود سه سال قبل این شرکت این محصول جدید را بر پایه *chip*های دیگری عرضه کرده است که در مستندات ارائه شده نوع آن مشخص نمی‌باشد. بر اساس اخبار منتشر شده این شرکت مدعی شده بود که با تیراژ بالای ۱۰۰,۰۰۰ می‌تواند قیمت محصولات خود را به زیر ۱۰۰ دلار برساند. با بررسی صورت گرفته بر روی محصول این شرکت، محدودیت‌های فنی متعددی برای استفاده از این محصول در پروژه سپهتن مورد شناسایی قرار گرفت که در صورت بهره‌برداری از آن نیاز است اجزاء و ویژگی‌های لازم به آن اضافه شود. برای کسب اطلاعات دقیق‌تر مکاتباتی با این شرکت صورت گرفت تا صحت اخبار منتشر شده و همچنین مشخصات فنی دقیق‌تری از محصول آن کسب شود. در نتیجه این مکاتبات مشخص گردید در صورت سفارش ۱۰۰,۰۰۰ دستگاه از محصول مورد نظر قیمت آن در حدود ۸۰ دلار می‌گردد که هزینه دریافت محصول از درب کارخانه بوده و قیمت تمام شده با احتساب هزینه‌های ارسال و سایر هزینه‌ها اضافه می‌شود همچنین مشخصات فنی این محصول نشان می‌داد که امکان سفارشی‌سازی سیستم‌عامل آن برای توسعه کارت رادیویی منطبق بر نیازهای پروژه سپهتن عملاً وجود ندارد. از این‌رو این گزینه نیز کنار گذاشته شد.

۲,٤,۲. ماژول‌های ارتباطی *802.11p*

تاکنون ٤ ماژول ارتباطی در بازار سخت‌افزار برای ساخت تجهیزات مبتنی بر ارتباطات *802.11p* ارائه شده است که محصول شرکت‌های زیر می‌باشد:

- *Lesswire*،
- *Ublox*،
- *RedpinSignal*،
- *Renesa*.

جدول ۳ محصولات و مشخصات فنی هر یک از این ماژول‌ها را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳: فهرست ماژول‌های سخت افزاری ارتباطی برای ساخت تجهیزات مبتنی بر ارتباطات *802.11p*

ردیف	نام تولیدکننده	نام محصول	نام ***Chipset***	ویژگی‌ها			
				Interfaces	*Output Power*	*other*	*Size*
۱	*Lesswire*	*WiBear ITS* [۱۲]	*RoadLink NXP*	*USB 2.0, High Speed SPI, GPIO*	*+25 dbm*	-	*35 mm x 35 mm x 3.1 mm*
۲	*Redpin Signal*	*WaveCombo module* [۱۳]	*WaveCombo Chip*	*USB & SDI Host*	*+23dbm*	*WiFi ZigBee Bluetooth*	*20mm x 23.9mm*
۳	*Renesas*	*R-Car W2R* [۱٤]	(نا معلوم)	*I^2C*	*?*	*SoC RAM*	*Automative Standard*
٤	*Unex*	*VTX-201*	*ATK4100A1*	*SPI & GPIO & CPIO*	*+20dbm*	-	*72mm x 71mm*

با توجه به مشخصات این محصولات، هر چهار محصول ذکر شده پتانسیل بهره‌برداری برای کارت رادیویی را دارند . از این نظر بررسی تجاری این محصولات مدنظر قرار گرفت.

- ***Lesswire***

این شرکت تولید کننده تجهیزات بی‌سیم درون خودرویی برای شرکت‌های بزرگ خودروساز می‌باشد که مقر آن کشور آلمان می‌باشد. برای ساخت این محصول از *RoadLink chip* شرکت *NXP* استفاده شده است. بررسی و تعاملات انجام شده با این شرکت نشان می‌دهد تمایلی برای ارائه محصول به شرکت‌های غیر معروف در حوزه خودروسازی ندارد. همچنین بخش طراحی و توسعه مربوط به ماژول *802.11p* این شرکت توسط شرکت *U-blox* خریداری شده است [۱۵]، بنابراین شرکت عملا وارد عرضه ماژول خود نشده است بلکه به ارائه پلتفرم توسعه برای گروه‌های تحقیق و توسعه با نام *Telemetry Platform* اکتفا کرده است. شکل ۲ ماژول مربوط به این شرکت را نشان می‌دهد.

شکل ۲: ماژول ارائه شده توسط شرکت *Lesswire*

Archive of SID

www.SID.ir

- ***RedpineSignal***

این شرکت امریکایی تاکنون عرضه مستقیمی به بازار نداشته است و به نظر می‌رسد تنها به تأمین کنندگان درجه اول خودروسازان محصولات خود را عرضه می‌نماید. در تعامل انجام شده با این شرکت اعلام نظر در خصوص درخواست خرید ماژول رادیویی را موکول به مشورت نمودند که تا تاریخ این گزارش هیچ پاسخی در این خصوص دریافت نگردید.

- ***Renesas***

بررسی انجام شده نشان می‌دهد این شرکت بازار اصلی خود را تأمین کنندگان اصلی خودروسازان بزرگ قرار داده است. از این‌رو به درخواست‌های خارج از این حوزه پاسخ نمی‌گوید. شکل ۳ ماژول ارائه شده توسط این شرکت را نشان می‌دهد.

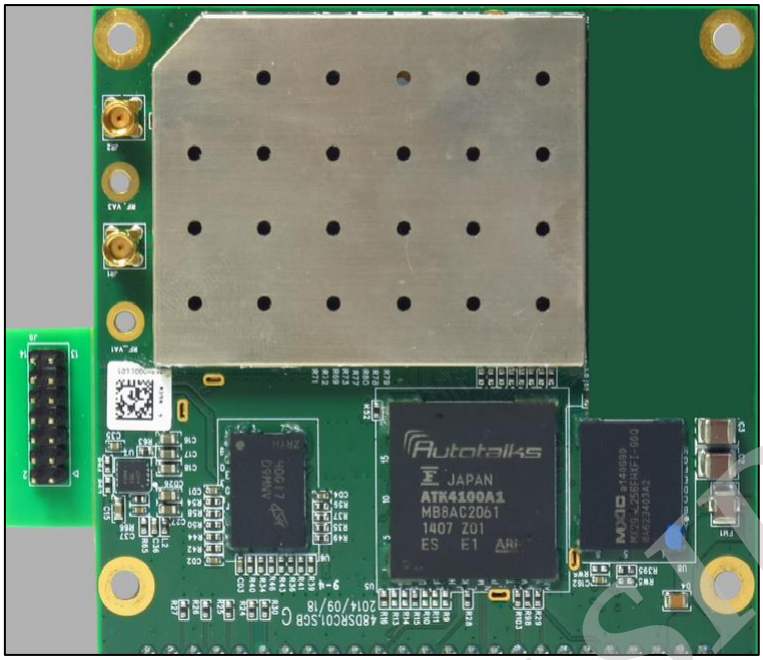
شکل ۳: ماژول ارائه شده توسط شرکت *Renesas*

- ***Unex***

در ماژول طراحی شده این شرکت از *chipset*های استفاده شده است که نام شرکت *Autotalks* بر روی آن نوشته شده است. دلیل این امر آن است که این *chipset* از سری *chipset*های طراحی شده شرکت *Autotalks* با نام *PLUTON* می‌باشد که شرکتی اسرائیلی است و عملاً بکارگیری آن مجاز نمی‌باشد. شکل ٤ ماژول و *chip* مورد استفاده شرکت *Unex* را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤- ماژول ارائه شده توسط شرکت *Unex*

۲,٤,۳. تولید کنندگان *Chipset*های *802.11p*

تاکنون *chipset*های مختلفی برای تولید تجهیزات رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* مورد استفاده قرار گرفته است. این *chipset*ها به دو دسته مختلف تقسیم می‌شوند. دسته اول *chipset*های اختصاصی استاندارد *802.11p* می‌باشند که تنها برای همین نوع از ارتباط طی ۳ سال گذشته طراحی و تولید شده‌اند. دسته دوم *chipset*های خانواده *WiFi* می‌باشند که دارای قابلیت پیکربندی منعطف و البته محدود بصورت نرم‌افزاری می‌باشند. این نوع از *chipset*ها عموماً برای برقراری ارتباطات *WiFi* با پروتکل *802.11a* ارائه شده‌اند که باند فرکانسی فعالیت آنها ۵ تا ٦ گیگاهرتز می‌باشد. اما در این *chipset*ها لازم است سه ویژگی بصورت توامان وجود داشته باشد تا امکان بهره‌برداری از آنها برای ایجاد ارتباطات مبتنی بر استاندارد *802.11p* فراهم شود:

- ویژگی اول: پشتیبانی از استاندارد *802.11a* که استاندارد *802.11p* از آن مشتق شده است. در واقع *802.11p* یک نسخه تغییر یافته از این استاندارد می‌باشد.
- ویژگی دوم: امکان پیکربندی باند فرکانسی در محدوده مورد نیاز استاندارد *802.11p* (*5.850GHz* تا *5.925GHz*)
- ویژگی سوم: امکان تغییر عرض کانال رادیویی تا اندازه ۱۰ مگاهرتز که در استاندارد *802.11p* مورد نیاز است.

در این قسمت امکان بهره‌برداری از هر یک از انواع نامبرده شده از *chipset*ها برای تولید کارت رادیویی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

- **Chipsetهای اختصاصی *802.11p***

تا زمان تدوین این گزارش ۵ مورد *chipset* اختصاصی برای ساخت *OBU* منطبق بر استاندارد *802.11p* معرفی شده‌اند که عبارتند از:

- *RoadLink* از شرکت *NXP*،
- *Snapdragon 820A* از شرکت *Qualcomm*،
- *THEO-P1* از شرکت *U-blox*،
- *PLUTON(ATK3100)* از شرکت *Autotalks*،
- *Wavecombo chip* از شرکت *Redpine Signal*.

برای کسب اطلاعات از چگونگی ارائه محصولات این شرکت‌ها با برخی از آنها تعاملاتی صورت گرفت که نتایج آن به قرار زیر است:

- **شرکت *NXP***

این شرکت پیشرو در تولید اولین *chipset* اختصاصی با استاندارد *802.11p* می‌باشد. این شرکت تعاملی با شرکت های کوچک ندارد و تنها محصولات خود را به تأمین‌کنندگان سطح اول شرکت‌های خودروساز مانند *Lesswire* عرضه می‌کند[۱۶]. البته ارائه محصول به شرکت *Cohda* برای تولید *OBU* از آنجا ناشی می‌شود که مالکیت معنوی بهینه‌سازی ساز و کار ارتباطی این *chip* متعلق به شرکت *Cohda* می‌باشد و *NXP* و *CISCO* عملاً برای دستیابی به این دانش فنی این شرکت را خریده‌اند[۱۷].

- **شرکت *Qualcomm***

این شرکت از پیشروان فناوری بی‌سیم خصوصاً در حوزه *WiFi* و نسل چهار تلفن همراه خصوصاً برای کاربردهای درون خودرویی در سطح جهان می‌باشد. این شرکت اولین محصول خود را با نام *Snapdragon 602A* برای پشتیبانی از استاندارد *802.11p* در خودروها در سال ۲۰۱٤ عرضه نمود اما بدلایل نامعلوم عملاً بصورت تجاری عرضه نگردید. محصول بعدی این شرکت که همان *Snapdragon 820A* می‌باشد در حال حاضر بصورت *Development Kit* به بازار عرضه شده است. برنامه این شرکت عرضه محصولات خود به شرکت‌های تولید کننده خودرو و یا تأمین‌کنندگان آنها می‌باشد و تاکنون از عرضه این محصول به خریداران دیگر اطلاعاتی منتشر نشده است [۱۸].

- **شرکت *U-blox***

هر چند اطلاعات منتشر شده از *chipset* این شرکت نشان دهنده عرضه آن به مصرف کنندگان است لیکن تعاملات انجام شده با این شرکت و پاسخ مبهم این شرکت دو احتمال را مطرح نمود. اول آنکه بواسطه بازار

Archive of SID

www.SID.ir

بزرگی که این شرکت در امریکا دارد با کشور ایران مبادله نخواهند کرد و دوم عرضه انبوه آن آغاز نشده است و تنها در ابعاد آزمایشگاهی و تعداد محدود محصول این شرکت قابل عرضه می‌باشد.

در مجموع به نظر نمی‌رسد بتوان در فرصت محدود حاضر از این محصولات برای ساخت برد رادیویی بهره‌برداری نمود و بنابراین گزینه بکارگیری *chip* اختصاصی نیز کنار گذاشته شد.

- ***Chipset*های خانواده *WiFi***

این نوع از *chipset*ها قبل از تولید *chip*های اختصاصی برای ساخت تجهیزات *OBU* و کارت‌های رادیویی مورد استفاده قرار می‌گرفتند که بیشتر آن متعلق به شرکت *Atheros* می‌باشد. دو خانواده از *chipset*های شرکت *Atheros* برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته است. خانواده اول *chipset*های سری ۵۰۰۰ موسوم به *Atheros 5k* (به اختصار *Ath 5k*) می‌باشد و خانواده دوم *chipset*های سری ۹۰۰۰ موسوم به *Atheros 9k* (*Ath 9k*) می‌باشد که در این قسمت مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

- ***Chipset*های خانواده *Ath 5k***

از این خانواده از *chipset*ها برای تولید کارت رادیویی مبتنی بر *802.11p* در بسیاری از تجهیزات نسل اول فناوری ارتباطات خودرویی استفاده شده بود که از جمله معروفترین این نوع از تجهیزات می‌توان به نسل اول محصولات شرکت‌های *ARADA Systems*، *Savari*، *ITRI*، *NEC* و *Componentality* اشاره نمود. کارت‌های رادیویی شرکت‌های *MicroTik*، *Ubiquiti* و *Unex* از جمله کارت‌های معروفی بودند که در این تجهیزات بکار گرفته شده‌اند. بطور خاص راه‌اندازی *chipset* و یا کارت رادیویی نیاز به درایور دارد که در این مورد از درایوری بنام *ath5k* در سیستم‌عامل لینوکس استفاده شده است.

شکل ۵ نمونه‌ای از کارت طراحی شده با این *chipset* توسط شرکت *Unex* را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۵: نمونه‌ای از کارت طراحی شده با این *chipset* خانواده *Ath 5k* توسط شرکت *Unex*

هر چند بنظر می‌رسد زمینه و سابقه خوبی برای استفاده از این نوع از *chipset* برای تولید کارت رادیویی وجود دارد لیکن برخی مشکلات فنی-تجاری مانع از بکارگیری این *chipset* گردید.

در تمامی کارت‌هایی که با این نوع از *chipset* طراحی گردیدند واسط *MiniPCI* به‌کار گرفته شده است و از این‌رو به یک برد اصلی دارای اسلات *MiniPCI* نیاز می‌باشد که این نوع از برد عموماً با پردازنده‌های معماری *i386* و *MIPS* طراحی شده‌اند. بردهای اصلی که با این نوع از پردازنده‌ها طراحی می‌شوند بواسطه قیمت بالای این نوع از پردازنده‌ها و تجهیزات جانبی مورد نیاز آنها، در مقایسه با بردهای اصلی طراحی شده با سایر پردازنده‌های سامانه‌های *Embedded* (همچون خانواده *ARM*) بسیار گران تمام می‌شود. بطور مثال یکی از پر استفاده‌ترین بردهای مورد استفاده در ساخت تجهیزات *OBU* در حدود ۹۰ دلار قیمت دارد. بررسی‌های مستمر برای یافتن روش و یا راهکاری برای بکارگیری این نوع از *chipset*ها با پردازنده‌های خانواده *ARM* عملاً به نتیجه نرسید و بنابراین بکارگیری این نوع از پردازنده‌ها از دستور کار خارج گردید.

- ***chipset***های سری ***Ath 9k***

پس از موفقیت بکارگیری *Chipset*های سری *5k* شرکت *Atheros*، از نمونه‌های دیگری از *chipset*های این شرکت از سری *Ath 9k* که همچون *chipset*های سری *5k*، امکان پیکربندی منعطف مطابق استاندارد *802.11p* را دارند، برای تولید تجهیزات *OBU* نیز استفاده گردید. این دسته از *chipset*ها همچون *Atheros 5k* استاندارد *802.11a* را در محدوده ۵ تا ٦ گیگاهرتز پشتیبانی می‌نمایند. همچنین با توجه به استفاده از فناوری‌های جدیدتر در طراحی این *chip*ها که برای پشتیبانی از استانداردهای نوین *WiFi* همچون *802.11n* استفاده شده‌است، کیفیت بهتری نسبت به نسل قبل خود *Atheros 5k* دارند، از این‌رو این نوع از *chipset*ها عملاً جایگزین نسل قبلی در تولید تجهیزات *WiFi* گردیدند. همچنین بکارگیری این نوع از *chipset*ها مزایای دیگری نیز به همراه دارد که می‌تواند در کاهش هزینه تولید و همچنین در کیفیت ارتباطات خودرویی خود را نشان دهد. در ادامه به اجمال به این مزایا اشاره خواهد شد، اما پیش از آن لازم به ذکر است از نظر تجاری این نوع از *chip*ها در دسترس می‌باشند و خرید آنها با تیراژ بالا امکان‌پذیر است بنابراین یک گزینه بالقوه برای ساخت کارت رادیویی می‌باشند. . از این‌رو از این *chipset* در پژوهشی در دانشگاه فنی چک واقع در پراگ، برای توسعه زیرساخت نرم‌افزاری (پروتکل‌های و استانداردهای ارتباطات خودرویی) استفاده گردیده است [۱۹].

Archive of SID

www.SID.ir

۲,۵. طراحی به کمک بردهای صنعتی چند منظوره

یکی از روش‌هایی که طی چند سال گذشته مرسوم شده است، استفاده از بردهای صنعتی ارزان قیمت با قابلیت‌های بالای سخت‌افزاری و یا ساخت بردهای ارزان قیمت با استفاده از پردازنده‌های ارزان قیمت با معماری *ARM*[1] است که در این بخش در دو قسمت به آن پرداخته خواهد شد.

- بکارگیری بردهای صنعتی ارزان قیمت

از جمله این بردها می‌توان به بردهای زیر اشاره کرد:

- *Raspberry Pi*
- *Orangepie*
- *Bannana Pi*
- *Beaglebone Rev C*
- *ASUS Thinker*
- *ODROID-XU4*

در ابتدا اینگونه به نظر می‌رسد که قابلیت‌های بالا و قیمت‌های پایین این محصولات می‌تواند در ساخت کارت رادیویی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. بطور مثال بررسی‌ها نشان می‌دهد که منابع پردازشی و ذخیره‌سازی این بردها بسیار فراتر از نیازمندی‌های مورد نظر برای اجرای کاربرد انتقال اطلاعات ثبت شده در تجهیزات *AVL*[2] در پروژه سپهتن می‌باشند. لیکن معماری مورد نیاز برای استفاده از این بردها هزینه تمام شده بکارگیری آنها را به نحوی افزایش می‌دهد که از نظر اقتصادی نمی‌تواند قابل توجیه باشد. از اینرو لازم بود ضمن بررسی بیشتر و دقیق‌تر در خصوص نحوه بکارگیری این بردها، هزینه احتمالی تمام شده نیز مد نظر قرار گیرد.

- معماری قابل بهره‌برداری از بردهای صنعتی

برخی از این بردها همچون *ODROID* ، *ASUS Thinker* و *Bannad Pi* دارای ارتباطات بی‌سیم مبتنی بر استانداردهای *802.11b/g/n* می‌باشند که این احتمال را به وجود می‌آورد که بتوان آن‌ها را همچون کارت‌های رادیویی *Atheros 5k* مبتنی بر استاندارد *802.11p* پیکربندی نمود. اما بررسی‌های تکمیلی نشان داد که به دلیل عدم استفاده از باند *5GHz* این امکان وجود ندارد. از اینرو در صورت استفاده از این بردها همچنان لازم است برد رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p*

---

[1] *Advanced RISK Machine*

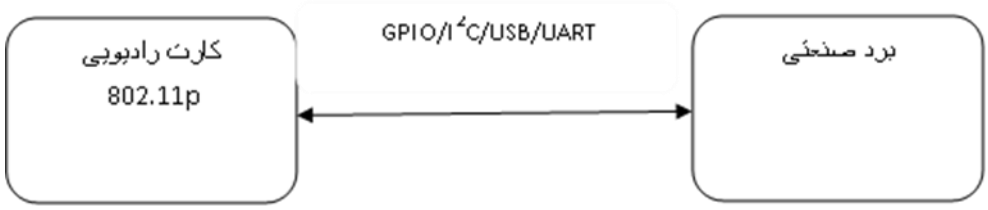
ARM نوعی از معماری پردازنده‌های کامپیوتری است که بر طبق طراحی *RISC CPU* و توسط کمپانی بریتانیایی *ARM Holding* طراحی شده است. معماری *ARM* که دستورالعمل‌های ۳۲ بیتی را پردازش می‌کند از دهه ۱۹۸۰ تا به امروز در حال توسعه است. از آنجایی که این معماری براساس طراحی *RISC* بنا شده، هسته اصلی *CPU* نیاز به ۳۵ هزار ترانزیستور دارد این در حالی است که پردازنده‌های معمولی رایج *x86* که براساس *CISC* طراحی شده‌اند حداقل نیاز به میلیون‌ها ترانزیستور دارند. مهمترین دلیل مصرف بسیار پایین انرژی در پردازنده‌های مبتنی بر *ARM* که باعث استفاده گسترده آنها در ابزارهای پرتابل مانند تلفن هوشمند یا تبلت شده نیز همین موضوع است.

[2] *Automatic Vehicle Location*

Archive of SID

www.SID.ir

نیز در کنار این بردها طراحی و از طریق یک واسط مناسب به این بردها متصل شود. شکل ٦ شمایی از این اتصال را نشان می‌دهد.



شکل ٦: اتصال برد صنعتی با کارت رادیویی

این شرایط موجب می‌شود تا طراحی و ساخت کارت رادیویی برد رادیویی (چه بصورت یک سامانه مستقل و چه بصورت وابسته به برد اصلی) بعنوان بخش اصلی موضوع پروژه همچنان مطرح باشد.

در صورتی که طراحی کارت رادیویی بصورت یک واسط برای برد اصلی صنعتی انجام شود، هزینه آن به هزینه برد اصلی اضافه خواهد شد. از اینرو وجه تمایز اصلی برای انتخاب روش تولید میان این روش و روش*SOC* میزان هزینه تمام شده می‌باشد.

- طراحی بردهای صنعتی ارزان قیمت با پردازنده‌های ارزان قیمت مانند *ARM*

در صورتی که برای برد اصلی از پردازنده‌های *ARM* استفاده شود لازم است برای بخش رادیویی آن از یک *chipset* رادیویی استفاده شود که قابلیت مورد نیاز برای ایجاد ارتباط با استاندارد *802.11p* را به اجرا گذارد. *Chipset* های قابل استفاده از این استاندارد همانطور که در بخش‌های بعدی نیز خواهد آمد به سه دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- *Chipset*های خاص این استاندارد که برای شرکت‌های سازنده قطعات الکترونیک خودرو طراحی شده‌اند.
- *Chipset* های رادیویی با استاندارد *802.11a* که برای ساخت کارت رادیویی به‌کار می‌روند. مانند سری *Atheros* *5k*.
- *Chipset* های رادیویی با استاندارد *802.11a* که از نوع *SOC* می‌باشند.

مشکل اصلی در استفاده از نوع اول در برد اصلی آن است، چرا که این نوع از *chipset* ها برای عموم در دسترس نمی‌باشند و تنها به قطعه‌سازان بصورت انبوه فروخته می‌شوند. استفاده از نوع دوم *chipset* نیز این مشکل را پیش‌رو دارد که عموماً این نوع از *chipset*ها بسیار گران می‌باشند و عملاً هزینه ساخت کارت رادیویی را غیر اقتصادی می‌کنند. در عین حال درایور این نوع از *chipset* برای معماری *ARM* توسعه پیدا نکرده است و عموماً نمونه اولیه از درایورهای آنها بر روی پردازنده‌های با معماری *I386* (اینتل) و *MIPS* طراحی شده‌اند.

موضوع استفاده از نوع سوم *chipset* شامل اشکالی بنیادی است. در صورتی که خود *chipset* دارای پردازنده و واسط‌های مناسب و استاندارد کافی و حافظه باشد، دیگر لزومی به استفاده از یک پردازنده دیگر وجود نخواهد داشت. این موضوع در بخش‌های بعدی بیشتر تشریح خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir

سوابق موجود در ساخت کارت رادیویی تجهیزات ارتباطات رادیویی با استاندارد *802.11p* نیز صحت این تحلیل را نشان می‌دهد.

۲,٦. طراحی برد با فناوری *FPGA*

در طی چند سال گذشته طراحی بردهای پردازشی با این فناوری مرسوم شده است. لیکن محدوده استفاده از این فناوری به شکلی است که در طراحی و ساخت این کارت رادیویی نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ساخت برد رادیویی از دو منظر می‌تواند با این فناوری مطرح باشد. اول طراحی برد اصلی پردازشی و استفاده از *chipset* استاندارد *802.11p* در کنار آن و دوم بکارگیری این فناوری برای ساخت خود کارت رادیویی به عنوان *chipset* رادیویی.

استفاده از روش اول به واسطه وجود پردازشگرهای ارزان قیمت همچون پردازشگرهایی با معماری *ARM* و هزینه بالای این نوع از بردها بطور کلی نمی‌تواند توجیه‌پذیر باشد. همچنین برای ساخت برد رادیویی توسط این روش نیز در سطح آزمایشگاهی فعالیت‌هایی صورت پذیرفته است [۲۰]، لیکن بطور کاملاً مشخص بصورت تجاری در این خصوص فعالیتی گزارش نشده است که این نیز به نوبه خود می‌تواند به دلیل هزینه‌های بالای آن نسبت به بردهای مشابه (و یا چیپ‌های معمول برای *802.11p*) در بازار باشد.

۲,۷. ویژگی طراحی بصورت *SOC*

مدارهای مجتمع *SOC* نسل جدیدی از طراحی مدارهای مجتمع می‌باشند که امکانات لازم در یک تجهیز با ویژگی‌های مختلف را بصورت مجتمع در یک *chipset* تجمیع می‌کند. بطور مثال در یک *Access Point* حداقل اجزاء مورد نیاز عبارتند از:

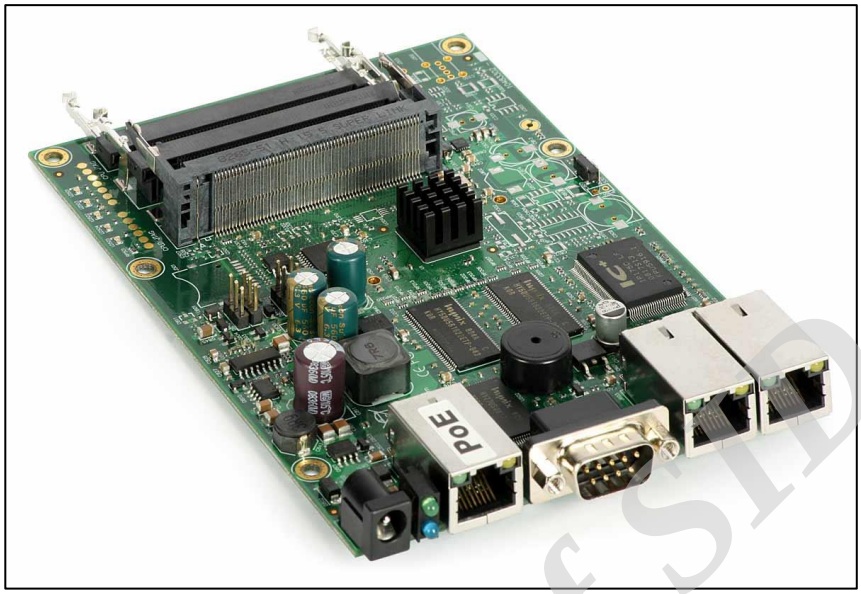
- پردازنده (با قابلیت اجرای سیستم‌عامل)،
- حافظه *RAM*،
- حافظه جانبی،
- کارت رادیویی برای پشتیبانی از استانداردهای *WiFi* (مانند *802.11a/b/g/n*).
- واسط شبکه اترنت یک یا چند عدد (در حالت چند تایی لازم است که قابلیت سوئیچ اترنت نیز داشته باشد)

در نسل قبلی پردازنده‌های رادیویی همچون *Atheros 5k* لازم بود از حداقل یک کارت رادیویی و یک برد اصلی دارای پردازنده(*CPU*) استفاده می‌گردید. نمونه‌ای از این نوع پیکربندی را می‌توان در برد *RB411GL* شرکت میکروتیک که دارای اسلات‌های*Mini PCI* می‌باشد و کارت رادیویی *R52h* این شرکت برای ایجاد یک *Access Point* مشاهده کرد. شکل ۷ نمونه‌ای از این نوع بردها را نشان می‌دهد که علاوه بر پردازنده و *RAM* دارای حافظه جانبی از نوع فلش، سه

Archive of SID

www.SID.ir

درگاه اترنت و سه شکاف از نوع *Mini PCI* برای نصب کارت رادیویی می‌باشد. شکل ۷ و شکل ۸ نمایی از برد رادیویی که بر روی برد اصلی نصب می‌شود را نشان می‌دهد.



شکل ۷: برد اصلی یک *Access Point*

شکل ۸: برد رادیویی که بر روی برد اصلی نصب می‌شود.

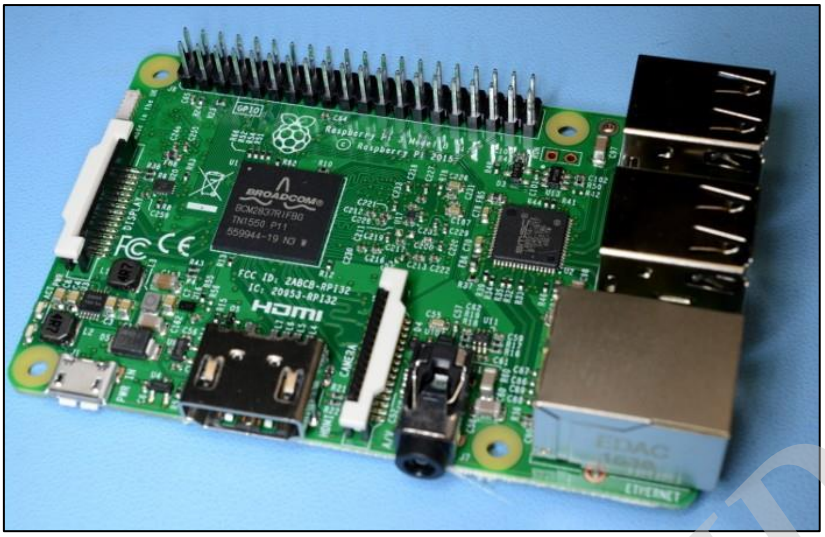
حال با طراحی *SOC* عملا ویژگی‌های مورد نیاز در یک *chip* مجتمع می‌شود. نمونه‌های مشهور این نوع طراحی را می‌توان در بردهای موسوم به *Single Board Computer* همچون:

- *Rasepbbery Pi* [۲۱]،
- *ODROID*،
- *Arduino uno*

مشاهده کرد که منجر به تولید بردهای ارزان قیمت در حد ۳۰ تا ۱۰۰ دلار با امکانات متنوع گردیده است. شکل **شکل ۹** یک برد *Rasepbbery* با پردازنده *Broadcom* و قابلیت ارتباط رادیویی از نوع *WiFi* را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹: یک برد *Rasepbbery* با پردازنده *Broadcom* و قابلیت ارتباط رادیویی از نوع *WiFi*

کاهش قیمت شدید این گونه بردها این گمانه را ایجاد می‌کند که بکارگیری *chip* های سری *9k* (با طراحی *SOC*) می‌تواند به کاهش شدید قیمت تمام شده برد رادیویی منتهی شود. البته این موضوع همچنان مشروط به داشتن ویژگی‌های ذکر شده در بخش ۱-۳-۳ می‌باشد چون بدون قابلیت‌های ذکر شده، در پیکربندی *chip* امکان تطبیق با استاندارد *802.11p* عملاً وجود نخواهد داشت.

۲،۸. انتخاب روش

حال با اطلاعات بدست آمده لازم است روش ساختی را که که مزیت‌های بهتری برای تولید محصول مناسب دارد، انتخاب نماییم. در جدول ٤: روش‌ها ذکر شده به همراه شاخص‌های مهم برای گزینش آنها بیان شده است. در این جدول سعی شده است با ارزیابی کیفی تمایز خوبی میان مزیت‌ها و محدودیتها ایجاد شود تا امکان گزینش بهتر فراهم گردد.

جدول ٤: مقایسه روش‌های ساخت محصول

ردیف	روش های ساخت	عدم نیاز به ادوات اضافی اختصاصی	امکان تأمین بصورت انبوه	سرعت ساخت نمونه اولیه	قیمت تمام شده محصول(تقریبی)
۱	*Minimal OBU*	✓	✓	بالا	حدود ۱۰۰ دلار مشروط بر تولید ۱۰۰۰۰۰ دستگاه
۲	*802.11p Module*	می‌توان از بردهای ارزان قیمت استفاده کرد	تا سال ۲۰۱۷ تنها برای تامین کنندگان قطعات خودرو	متوسط	نامشخص

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف	روش های ساخت	عدم نیاز به ادوات اضافی اختصاصی	امکان تأمین بصورت انبوه	سرعت ساخت نمونه اولیه	قیمت تمام شده محصول(تقریبی)
۳	*802.11p Radio Card*	نیاز به برد اصلی با واسط *Mini PCI* دارد	✓	بالا	حداقل ۳۰۰ دلار
٤	*802.11a Radio Card configurable for 802.11p*	نیاز به برد اصلی با واسط *Mini PCI* دارد	✓	بالا	حداقل ۱۵۰ دلار
٥	*802.11p Chipset*	می‌توان از بردهای ارزان قیمت استفاده کرد	تا سال ۲۰۱۷ تنها برای تامین کنندگان قطعات خودرو	کم	نامشخص
٦	*SOC with 802.11a*	✓	✓	متوسط	در حدود ۵۰ دلار برای تولید ۱۰۰۰ عدد
۷	*FPGA*	✓	✓	بسیار کم	حداقل ۲۰۰ دلار

همانطور که در جدول فوق قابل مشاهده است روش دوم به دلیل هزینه مناسب، امکان تأمین انبوه و عدم نیاز به ادوات اضافی (به دلیل ویژگی *SOC*) به‌لحاظ فنی و اقتصادی روش بهتری برای استفاده در ساخت کارت رادیویی می‌باشد.

۲,۹. پیاده‌سازی درایور کارت رادیویی در هسته سیستم‌عامل

راه‌اندازی سخت‌افزارهای متصل به پردازنده اصلی نیازمند نرم‌افزاری در سیستم‌عامل می‌باشد که به آن درایور گفته می‌شود. هر درایور مجموعه‌ای از ویژگی‌های مختلف را پشتیبانی می‌کند و بطور معمول در مد هسته (*kernel mode*) سیستم‌عامل لینوکس پیاده‌سازی می‌شوند. لیکن در مورد ویژگی‌های جدیدی که برخی اوقات بصورت موقت مورد نیاز کاربران سیستم‌عامل می‌باشد و مورد توجه عموم هم نمی‌باشد، متخصصان آن ویژگی را در مد فضای کاربر(*user space mode*) توسعه می‌دهند. برای راه‌اندازی استاندارد *802.11p* در *chip* های سری *Ath 5k* این پیاده‌سازی در مد فضای کاربر انجام شده بود و از این نظر برخی از ویژگی‌های استاندارد *802.11p* به درستی پشتیبانی نمی‌شد. از جمله این ویژگی‌ها، عدم پشتیبانی از مد *OCB* می‌باشد که بجای آن از شبیه‌سازی رفتار مد *OCB* بوسیله مد ارتباط اقتضایی[1] استفاده گردیده است. با توجه به پیاده‌سازی نسبتاً کامل استاندارد *802.11p* در درایور *chipset* های سری *9k* اولاً کارایی و قابلیت اطمینان آن بهتر از درایور سری *Ath 5k* می‌باشد، ثانیاً پشتیبانی از مد *OCB* بخوبی انجام گرفته‌است. توضیحات بیشتر در خصوص درایور *Ath 9k* و پیکربندی صحیح آن در بخش‌های بعد ارائه خواهد شد.

[1] *Ad-Hoc*

Archive of SID

www.SID.ir

۳.شناسایی *chipset* مناسب برای ساخت کارت رادیویی

۳,۱. مقدمه

در فصل قبل تمامی گزینه‌هایی که امکان بهره‌برداری از آنها برای ساخت کارت رادیویی وجود داشت مورد بررسی قرار گرفت و از میان تمامی آنها *chipset*های سری *9k* شرکت *Atheros* به‌لحاظ تجاری (در دسترس بودن و تولید انبوه) و همچنین مشخصات فنی بهترین گزینه ممکن شناخته شد. در این مرحله با توجه به تنوع *chipset*های سری *9k* لازم بود شناسایی دقیقتری از مشخصات فنی *chipset* مورد نظر حاصل شود تا ساخت برد رادیویی بر آن مبنا انجام گیرد. برای این منظور و برای اجتناب از هزینه اضافی برای ساخت برد اولیه برای *chipset*های مختلف، تصمیم بر این روال قرار گرفت که از *Access Point*ها و بردهای رادیویی آماده که یکی از *chipset*های سری *9k* در ساخت آنها بکار رفته است، برای انجام آزمایش‌های مقدماتی استفاده شود تا راه‌حل نهایی تا حدودی مشخص گردد. در طی این آزمایش‌ها، قابلیت‌های پایه برای ارتباطات مبتنی بر استاندارد *802.11p* مورد آزمون قرار گرفت و در انتها مشخصات فنی برد رادیویی نهایی تعیین شد.

۳,۲. انتخاب تجهیزات

در انتخاب تجهیزات برای اجرای آزمایش به این نکته باید توجه می‌گردید که *chipset*های سری *9k* به دو نوع کلی تقسیم می‌شوند. این تقسیم‌بندی ناشی از این است که در پروتکل *802.11n* از دو باند متفاوت *2.4GHz* و *5GHz* استفاده می‌شود. اگر *chipset* در هر دو فرکانس کار کند به آن *Dual Band* و در غیر اینصورت اگر تنها در *2.4GHz* کار کند اصطلاحاً به آن *Single Band* گفته می‌شود. در *chipset*هایی که از نوع *802.11b/g/n* می‌باشند، عموماً *802.11n* بصورت *Single Band* مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این نظر امکان تطبیق آن با برای درایور *802.11p* عملاً وجود ندارد. این در حالی است که در *chipset*هایی که هم از استاندارد *802.11a* و هم از *802.11n* پشتیبانی می‌شود، از نوع *Dual Band* می‌باشند و امکان استفاده از درایور *802.11p* برای آن وجود دارد.

در تجهیز *WDR3600* متعلق به شرکت *TP-Link* از *Atheros 9344* استفاده شده است که این *chipset* از نوع *802.11a/b/g/n* می‌باشد. شکل ۱۰ نمونه‌ای از این تجهیز را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱۰: نمونه‌ای از تجهیز *WDR3600* متعلق به شرکت *TP-Link* که در آن از *Atheros 9344* استفاده شده است.

برای راه‌اندازی پروتکل *802.11p* بر روی این تجهیز لازم است مراحل زیر انجام گیرد:

- شناسایی درایور مناسب برای راه‌اندازی کارت رادیویی،
- کامپایل و پیکربندی سیستم‌عامل *OpenWRT* به همراه درایور *Atheros 9k* برای ساختن *Image* سیستم‌عامل برای تغییر سیستم‌عامل *WDR3600*،
- استفاده از واسط وب این *WDR3600* برای آپلود *Image* ساخته شده بر روی دستگاه،
- آزمون.

۳،۲،۱. شناسایی درایور مناسب

درایور پایه برای راه‌اندازی *chipset*های سری *9k* شرکت *Atheros* در سیستم‌عامل لینوکس بنام *ath9k* از مجموعه درایورهای کارت‌های رادیویی *WiFi* می‌باشد که در ابتدا تحت پروژه *compact-wireless* توسعه پیدا کرد که بعداً به *backports* تغییر نام یافت [۲۲].

از طریق این درایور می‌توان *chipset* موجود در تجهیز *WDR3600* یعنی *Atheros 9344* را برای کار در استانداردهای *802.11/a/b/g/n* راه‌اندازی نمود. اما این درایور استاندارد *802.11p* را پشتیبانی نمی‌کند. بر این اساس برای این درایور *patch*های برای پشتیبانی از پروتکل *802.11p* توسعه پیدا کرده است که در چند پروژه ارتباطات خودرویی نیز در اروپا از آن استفاده شده است [۲۳].

Archive of SID

www.SID.ir

این *patch* در دو بخش تغییراتی را در درایور *ath9k* اعمال می‌کند. اول در بخش هسته سیستم‌عامل موجب اضافه شدن پشتیبانی از مد *OCB*[1] می‌شود که مد پیش فرض استاندارد *802.11p* می‌باشد. دوم تغییراتی را در درایور *802.11n* اعمال می‌کند که موجب اضافه شدن قابلیت کانال بندی ۱۰ مگاهرتزی و مشخصه‌های لازم فرکانسی برای پشتیبانی از استاندارد *802.11p* می‌گردد.

برای آنکه تجهیز *WDR3600* با استاندارد *802.11p* بتواند ارتباطات خود را برقرار نماید، ابتدا لازم است با کامپایل درایور *Atheros 9k* که تحت پروژه *Compat-Wireless* برای توزیع *OpenWRT* سیستم‌عامل لینوکس توسعه یافته است، کارت رادیویی آن راه‌اندازی شود. این راه‌اندازی در ابتدا با استاندارد *802.11a/n* صورت می‌گیرد. سپس با *patch* کردن این درایور، عملکرد کارت رادیویی با استاندارد *802.11p* منطبق می‌گردد.

۳,۲,۲. پیاده‌سازی *802.11p* مبتنی بر *OpenWRT*

پیاده‌سازی استاندارد *802.11p* در سیستم‌عامل *OpenWRT* مستلزم ایجاد تغییراتی در هسته آن و درایورهای مرتبط می‌باشد. در این بخش خلاصه‌ای از تغییرات و تنظیمات انجام شده بر روی هسته سیستم‌عامل و درایور *ath9k* برای پشتیبانی از این استاندارد ارائه خواهد شد. همچنین برای اطمینان از این که تنظیمات صورت گرفته با استاندارد *802.11p* منطبق می‌باشد آزمونی میان تجهیزات آماده شده (مبتنی بر کارت رادیویی *Atheros 9k*) و تجهیزاتی که سابق بر این توسط مجری، مبتنی بر کارت رادیویی *Atheros 5k* ساخته شده‌اند، به اجرا گذاشته می‌شود تا در صورت برقراری ارتباط آنها صحت عملکرد تنظیمات مورد تأیید قرار گیرد. لازم به ذکر است در تجهیزاتی که توسط مجری در پروژه ارتباطات هوشمند خودرویی ساخته شده بود بدلیل عدم پشتیبانی از مد *OCB* در ساختار درایور کارت رادیویی *Atheros 5k*، این مد شبیه‌سازی شده بود. به همین دلیل آزمون ذکر شده تنها صحه‌گذاری بر تنظیمات فرکانس و باند فرکانسی فعالیت کارت رادیویی می‌باشد. لیکن برای صحه‌گذاری بر تنظیماتی همچون بکارگیری مد *OCB* و نظایر آن در تجهیزات آماده شده، آزمونی با تجهیزاتی از شرکت *ARADA Systems* نیز انجام می‌شود تا در صورت انجام ارتباط و تبادل داده تنظیمات ذکر شده بطور کامل صحه‌گذاری گردد.

۳,۲,۳. معماری پیاده‌سازی *IEEE 802.11* در سیستم‌عامل

وظایف زیرلایه *MAC* در *chipset*های خانواده *Atheros* برخلاف بسیاری از رادیوهای مرسوم در پروتکل *WiFi* که ساختاری سخت‌افزاری دارد، برپایه ماژولی نرم‌افزاری در درایور کارت رادیویی شکل می‌گیرد. برای این نوع از *chipset*ها در گذشته، معماری‌های متفاوتی برای زیرلایه *MAC* استاندارد*802.11* در سیستم‌عامل لینوکس طراحی و پیاده‌سازی شده‌اند. لیکن با گذشت زمان معماری مبتنی بر زیرلایه *mac80211* بعنوان معماری غالب برای پیاده‌سازی بیشتر درایورها

[1] *Outside the Context of a BSS*

Archive of SID

www.SID.ir

مورد استفاده قرار گرفته است. . شکل ۱۱ شمایی از پیاده‌سازی *802.11p* در لینوکس را در کارت رادیویی مبتنی بر *chipset*های *Atheros* نشان می‌دهد و در ادامه برخی از زیر لایه‌های این معماری معرفی شده‌اند منبع این بررسی مقاله‌ای از دانشگاه فنی پراگ با عنوان پیاده‌سازی استاندارد *802.11p* در کرنل لینوکس می‌باشد [۲٤].

شکل ۱۱: پیاده‌سازی *802.11p* در لینوکس در *chipset*های *Atheros*

- زیر لایه ***mac80211***

زیرلایه *mac80211* چارچوبی است که از طریق آن توسعه درایور برای کارت‌های مختلف بی‌سیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. وظیفه این زیرلایه ایجاد تسهیلاتی برای توسعه درایورها برای مدیریت فریم‌ها و همچنین تولید و پردازش آنها می‌باشد. زیرلایه *mac80211* در بالای خود با زیرلایه‌ای بنام *cfg80211* مرتبط می‌باشد.

- زیر لایه ***cfg80211***

این زیر لایه *API*هایی برای پیکربندی کارت‌های بی‌سیم فراهم می‌کند. این زیرلایه واسطی بین فضای کاربر[1] و فضای هسته[2] سیستم‌عامل می‌باشد و بر اساس آن ابزارهایی توسعه یافته‌اند که مدیریت تجهیزات شبکه و تنظیمات آنها برای کاربردهای همچون اسکن کردن محیط، مدیریت *mesh*، مدیریت ایستگاه‌های کاری و واسط‌های مجازی را تسهیل می‌کنند. همچنین در *cfg80211* تنظیمات مربوط به رگولاتوری فرکانس مربوط به مقررات رادیویی هر کشور نیز لحاظ شده است.

[1] *User Space*
[2] *Kernel Space*

Archive of SID
www.SID.ir

- زیرلایه‌های ***nl80211*** و ***libnl***

کارکرد اصلی زیرلایه‌های *nl80211* و *libnl* فراهم کردن *API* هایی برای ارتباط بین فضای کاربر و ابزارهای استفاده شده در این فضا نظیر *iw, iwconfig* با هسته سیستم عامل می باشد. این ابزارها کاربردهای متنوعی را برای پیکربندی کارت رادیویی در خانواده استاندارد *802.11* فراهم می‌کنند که در اینجا به برخی از ویژگی‌های آنها اشاره می‌شود.

- اسکن کردن: این قابلیت با اسکن فضای فرکانسی که رادیو در آن کار می‌کند، رادیوهای فعال در کل این فضا را مورد شناسایی قرار می‌دهد.
- مشاهده آمار تبادلات ایستگاه کاری،
- تنظیم نرخ ارسال اطلاعات: در خانواده *802.11* با توجه به وضعیت اتصال نرخ‌های مختلفی از ارسال داده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که با این دستور قابل تنظیم می‌باشد.
- تنظیم توان خروجی یا به عبارتی پارامتر *TX Power*،
- تنظیم در مد مانیتور: این مد در زمان دیباگ کردن ارتباطات رادیویی و یا ثبت یک ارتباط توسط تجهیزات ثالث می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

- ***CRDA***

بخش دیگری که البته در شکل مشخص نشده است، *CRDA* می‌باشد که به عنوان تسهیل‌گر برای انجام عملیات مرتبط با مقررات رادیویی عمل می‌کند. این جز بر پایه *nl80211* می‌باشد.

۳,۲,٤. پیاده‌سازی *802.11p* در لینوکس بر اساس *mac80211* برای درایور *ath9k*

پیاده‌سازی *802.11p* توسط *Rostislav Lisovy* در *Czech Technical University* برای بر اساس درایور *ath9k* برای سیستم‌عامل لینوکس انجام شده است. در این پیاده‌سازی تغییرات زیر در سیستم‌عامل صورت گرفته است:

- اضافه کردن حالت *OCB* به *mac80211*،
- اضافه کردن تنظیمات حالت *OCB* به *cfg80211*،
- تغییر درایور *ath9k* برای پشتیبانی از حالت *OCB* و کار در باند فرکانسی *5.9GHz* و کانال‌هایی با پهنای باند *10MHz*.
- اضافه کردن حالت *OCB* به ابزار *iw*،
- اضافه کردن باند فرکانسی *5.9GHz* به پایگاه داده تنظیمات مقررات رادیویی.

این تغییرات مربوط به *mac80211* و *cfg80211* از نسخه ۳,۱۹ به بعد در هسته لینوکس قرار گرفته است.

- آینده پیاده‌سازی استاندارد *802.11p* در لینوکس

Archive of SID

www.SID.ir

پیاده‌سازی فعلی *802.11p* در لینوکس، پیاده‌سازی اولیه می‌باشد و در برخی موارد تنها بر روی درایور *ath9k* قابل اجرا می‌باشد. انتظار می‌رود در آینده بهبودهایی در حوزه‌های زیر بر روی این پیاده‌سازی شامل موارد زیر انجام شود:

- مدیریت و کنترل توان ارسال بر اساس آنچه در مکانیزم *TPC*[1] آمده است، پیاده‌سازی شود تا به وسیله آن بتوان بر اساس قوانین رادیویی موجود توان ارسال را به خصوص در زمان‌هایی که نیاز به توان بالا می‌باشد، تنظیم کرد.
- هم اکنون مکانیزم‌های قدیمی کنترل ازدحام در لایه فیزیکی و پیوند داده پیاده‌سازی شده، و مکانیزم جدید *DCC*[2] که در استاندارد های اروپا و *ITS-G5* به آن اشاره شده است، پیاده‌سازی نشده است.
- مکانیزم فعلی برای حمایت از باند فرکانسی صرفاً بر روی *ath9k* انجام شده است، و نیاز است تا به صورت کلی تغییراتی بر پایگاه داده مقررات رادیویی و قسمت‌های مربوطه انجام شود تا تمامی درایورها قادر باشند بر روی این باند کار کنند.
- در این پیاده‌سازی صرفاً بر روی *ath9k* تغییرات لازم به منظور پشتیبانی از حالت *OCB* انجام شده است. نیاز است تا این تغییر بر روی دیگر درایورها نیز انجام شود.

۳,۲,۵. تنظیمات مورد نیاز برای کار بر روی حالت *OCB*

برای فعال‌سازی حالت *OCB* در صورتی که هسته سیستم عامل از آن پشتیبانی نماید، می‌توان از دستورات زیر بهره گرفت:

ابتدا با دستور زیر لازم است تنظیمات باند فرکانسی بر اساس مقررات سازمان تنظیمات رادیویی انجام شود.

```
. . . $sudo iw reg set IR
```

سپس کارت رادیویی باید غیرفعال گردد.

```
. . . .$sudo ip link set wlan0 down
```

در مرحله بعد مد *OCB* بر روی کارت رادیویی تنظیم می‌شود.

```
. . . $sudo iw dev wlan0 set type ocb
```

پس از تنظیم کارت رادیویی، لازم است این کارت فعال شود.

```
. . . $sudo ip link set wlan0 up
```

در آخر باید کانال کار کارت رادیویی تنظیم شود.

```
. . .$sudo iw dev wlan0 ocb join 5890 10MHZ
```

[1] *Transmit Power Control*
[2] *Decentralized Congestion Control*

Archive of SID

www.SID.ir

حال با تنظیمات انجام شده امکان برقراری ارتباط میان این تجهیزات در مد *OCB* وجود دارد.

۳,۲,٦. تنظیمات مورد نیاز برای ایجاد ارتباط با تجهیزات ساخته شده با *Atheros 5k*

برای اطمینان بیشتر از ایجاد ارتباط رادیویی برمبنای استاندارد *802.11p* آزمون‌هایی میان تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* و تجهیزاتی که توسط مجری از قبل با *Atheros 5k* طراحی شده بود، پیشنهاد گردید. این آزمون‌ها عبارتند از:

۱) آزمون *ping* به منظور اطمینان از برقراری ارتباط،

۲) آزمون قابلیت اطمینان لینک به منظور بررسی میزان از دست رفتن بسته‌ها،

۳) آزمون فاصله برای بررسی امکان ارتباط در فواصل طولانی،

٤) آزمون انتقال فایل به منظور بررسی قابلیت این فناوری در پاسخگویی به نیازمندی‌های پروژه سپهتن.

برای این منظور لازم بود تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* با تنظیمات تجهیزات ساخته شده توسط مجری منطبق شود. دستوراتی که در ادامه برای تنظیم این تجهیزات خواهد آمد در واقع این تجهیزات را در مد *ad-hoc* تنظیم خواهد کرد. در پیاده‌سازی *802.11p* بر روی *Atheros 5k* به دلیل محدودیت‌های درایور امکان استفاده از حالت *OCB* ممکن نگردید از این‌رو با پیکربندی خاصی در مد *ad-hoc* این مد به نحوی شبیه‌سازی گردید. در این پیکربندی فیلد *BSSID* برابر مقدار *ff:ff:ff:ff:ff:ff* قرار گرفت تا عملکرد تجهیزات در مد *Ad-hoc* قرار گیرد که بسیار شبیه به مد *OCB* می‌باشد. برای درک بهتر عملکرد فیلد *BSSID* باید دو عبارت *BSS*[1] و *IBSS*[2] تشریح شوند. *BSS* در واقع یک معماری ارتباط شبکه‌های محلی بی‌سیم است که در آن یک ایستگاه مرکزی و یا به اصطلاح *Access Point* با اتصال ایستگاه کاری به آن، مدیریت ارتباط میان آنها را به‌عهده می‌گیرد. حال در صورتی‌که ایستگاه‌ها به صورت مستقل و بدون نیاز به *Access Point* در حالت *Ad-hoc* به یکدیگر متصل شوند به این معماری شبکه، *IBSS* گفته می‌شود. هر شبکه *BSS* و یا *IBSS* دارای یک شناسه ٤٨ بیتی است که آن را از دیگر شبکه‌ها مجزا می‌کند. در صورتی‌که بخواهیم ارتباطی را بین چند ایستگاه کاری ایجاد کنیم که این ارتباط از نوع ایستگاه مرکزی و یا *Ad-hoc* نباشد یا به عبارتی نخواهیم عضو یکی از دو معماری *BSS* و یا *IBSS* شویم و نیاز به عملیات آغاز نشست نظیر *Association* و یا *Authentication* نباشد باید مقدار فیلد *BSSID* برابر *ff:ff:ff:ff:ff:ff* قرار داده شود. به طور مثال دستور ششم در دستورات ارائه در زیر این کار را انجام می‌دهد. دستوراتی که در ادامه خواهد آمد تنظیمات لازم برای تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* را برای ایجاد این نوع از اتصال نشان می‌دهد.

[1] *Basic Service Set*
[2] *Indipendent BSS*

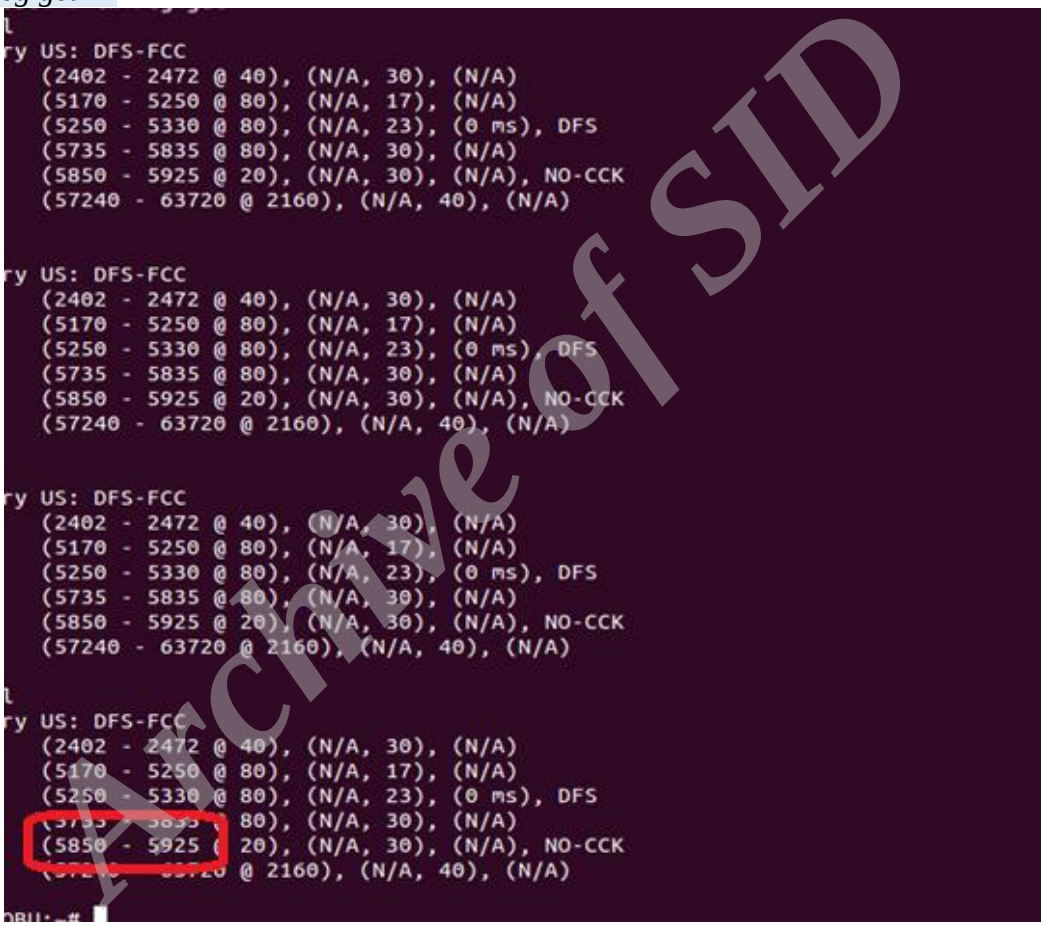
Archive of SID

www.SID.ir

- **تنظیم رگولاتوری تجهیز *TP-Link***

برای اینکه این دستگاه قادر باشد در باند فرکانسی تعیین شده برای *802.11p* که در قسمت‌های قبلی به آن اشاره شد کار کند، نیاز است تا رگولاتوری مربوط به باندهای فرکانسی مورد نیاز به تنظیمات دستگاه اضافه گردد تا امکان ایجاد ارتباط بر روی این باندها فراهم باشد. شکل ۱۲ تنظیمات رگولاتوری اعمال شده بر روی دستگاه را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که در زمان این آزمون باند فرکانسی *5850-5925GHz* در محدوده رگولاتوری دستگاه قرار گرفته است. این اطلاعات توسط دستور زیر قابل مشاهده خواهد بود.

. . . $sudo iw reg get



شکل ۱۲: تنظیمات رگولاتوری اعمال شده بر روی دستگاه *TP-Link*

دستگاه *TP-Link* دارای دو رادیوی *WiFi* می‌باشد که یکی از آنها بر روی باند *5GHz* و دیگری بر روی باند *2.4 Ghz* تنظیم شده‌اند. تنظیمات این دو کارت با دستور *iwinfo* قابل مشاهده است. کارت رادیویی *wlan1* در این دستگاه بر روی باند فرکانسی *5GHz* کار می‌کند. مشخصات این دو رادیو قبل از اعمال تنظیمات برای انطباق با استاندارد *802.11p* در شکل ۱۳ قابل مشاهده می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

```
root@OBU:~# iwinfo
wlan0     ESSID: "jdsharif"
          Access Point: E8:94:F6:68:08:73
          Mode: Master  Channel: 11 (2.462 GHz)
          Tx-Power: 18 dBm  Link Quality: unknown/70
          Signal: unknown  Noise: -92 dBm
          Bit Rate: unknown
          Encryption: WPA2 PSK (CCMP)
          Type: nl80211  HW Mode(s): 802.11bgn
          Hardware: unknown [Generic MAC80211]
          TX power offset: unknown
          Frequency offset: unknown
          Supports VAPs: yes  PHY name: phy0

wlan1     ESSID: "jdsrc"
          Access Point: E8:94:F6:68:08:74
          Mode: Master  Channel: 36 (5.180 GHz)
          Tx-Power: 14 dBm  Link Quality: unknown/70
          Signal: unknown  Noise: -95 dBm
          Bit Rate: unknown
          Encryption: none
          Type: nl80211  HW Mode(s): 802.11an
          Hardware: 168C:0033 168C:A120 [Atheros AR9580]
          TX power offset: none
          Frequency offset: none
          Supports VAPs: yes  PHY name: phy1

root@OBU:~#
```

شکل ۱۳: مشخصات دو دستگاه رادیوی *TP-Link* قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11p* قرار داده شوند.

همچنین در شکل ١٤ نیز مشخصات مربوط به کارت رادیویی *wlan1* با استفاده از دستور *iw* نشان داده شده است. همانطور که قابل مشاهده است باند فرکانسی رادیو بر روی *5180MHz* تنظیم شده است و نوع اتصال رادیو *AP* یا همان *Access Point* است.

```
ifindex 12
wdev 0x100000004
addr e8:94:f6:68:08:74
ssid jdsrc
type AP
wiphy 1
channel 36 (5180 MHz), width: 20 MHz, center1: 5180 MHz
txpower 14.00 dBm
```

شکل ١٤: مشخصات کارت رادیویی قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11p* قرار داده شود.

و در ادامه تنظیمات مربوط به تنظیم فرکانس کاری کارت *wlan1* بر روی محدوده فرکانسی استاندارد *802.11p* انجام گرفت و همانطور که در شکل ۱۵ قابل مشاهده است پس از تنظیم باند فرکانسی آن به *5890MHz* تغییر پیدا کرد. همچنین وضعیت کار آن از حالت *AP* به حالت *OCB*[1] شده است.

[1] *Outside Context of a BSS*

Archive of SID

www.SID.ir

```
ace wlan1
  ifindex 10
  wdev 0x100000003
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 178 (5890 MHz), width: unknown, center1: 5890 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ۱۵: مشخصات کارت رادیویی بعد از تغییر باند فرکانسی به *5890 MHz* و تغییر حالت کاری آن از حالت *AP* به حالت *OCB (Outside Context of a BSS)*

در ادامه همانطور که در شکل ۱۶ و شکل ۱۷ نشان داده شده است کارت رادیویی *wlan1* بر روی کانال‌های دیگر موجود در محدوده فرکانسی (کانال اول و آخر) تغییر باند فرکانسی داده تا مشخص گردد که تمامی محدوده فرکانسی را پوشش می دهد.

```
  wdev 0x100000005
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 172 (5860 MHz), width: unknown, center1: 5860 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ۱۶: تغییر باند فرکانسی به *5865-5855 MHz* به عنوان اولین کانال استاندارد *802.11p*

```
  ifindex 14
  wdev 0x100000005
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 184 (5920 MHz), width: unknown, center1: 5920 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ۱۷: تغییر باند فرکانسی به *5925-5915 MHz* به عنوان هفتمین کانال استاندارد *802.11p*

۳,۳. آزمون‌های ارتباطی تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* با تجهیزات *Atheros 5k*

با توجه به تسلط مجری بر تجهیزات مبتنی بر *Atheros5k* در ابتدا آزمونی برای ایجاد ارتباط میان این تجهیزات با تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* طراحی گردید که در ادامه جزئیات آن تشریح خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir

۳،۳،۱. آزمون *ping*

این آزمون به منظور بررسی امکان برقراری ارتباط بین دستگاه *TP-link* مبتنی بر *Atheros 9k* و دستگاه *RSU* که از کارت *Unex*(مبتنی بر *Atheros 5k*) برای برقراری ارتباط با استاندارد *802.11p* بهره می‌برد صورت گرفته است. در این آزمون آدرس *IP* دستگاه *TP-Link* برابر *10.10.128.208* و آدرس *IP* دستگاه *RSU* برابر *10.10.128.228* تنظیم شده است. تنظیمات دستگاه *TP-link* و *RSU* در شکل ۱۸ و شکل ۱۹ نشان داده شده است. همچنین نتایج مربوط به اجرای آزمون *ping* بر روی هر یک از این دو دستگاه در شکل ۲۰و شکل ۲۱ نشان داده شده است.

```
wlan1     Link encap:Ethernet  HWaddr E8:94:F6:68:08:74
          inet addr:10.10.128.208  Bcast:10.10.255.255  Mask:255.255.0.0
          inet6 addr: fe80::ea94:f6ff:fe68:874/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:5 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:15 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:378 (378.0 B)  TX bytes:1816 (1.7 KiB)

root@OBU:~#
```

شکل ۱۸: تنظیمات *IP* دستگاه *TP-link*

```
wlan0     Link encap:Ethernet  HWaddr 30:14:4a:e6:47:94
          inet addr:10.10.128.228  Bcast:10.10.255.255  Mask:255.255.0.0
          inet6 addr: fe80::3214:4aff:fee6:4794/64 Scope:Link
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST  MTU:1500  Metric:1
          RX packets:61 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:56 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0 txqueuelen:1000
          RX bytes:7184 (7.0 KiB)  TX bytes:9408 (9.1 KiB)

root@OBU-RSU-228:~#
```

شکل ۱۹: تنظیمات *IP* دستگاه *RSU*

```
root@OBU:~# ping 10.10.128.228
PING 10.10.128.228 (10.10.128.228): 56 data bytes
64 bytes from 10.10.128.228: seq=0 ttl=64 time=1.329 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=1 ttl=64 time=1.074 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=2 ttl=64 time=1.234 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=3 ttl=64 time=1.246 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=4 ttl=64 time=1.245 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=5 ttl=64 time=1.256 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=6 ttl=64 time=1.232 ms
64 bytes from 10.10.128.228: seq=7 ttl=64 time=1.241 ms
^C
--- 10.10.128.228 ping statistics ---
8 packets transmitted, 8 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.074/1.232/1.329 ms
root@OBU:~#
```

شکل ۲۰: اجرای آزمون *ping* بر روی *TP-link*

Archive of SID

www.SID.ir

```
root@OBU-RSU-228:~# ping 10.10.128.208
PING 10.10.128.208 (10.10.128.208) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=1 ttl=64 time=1.24 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=2 ttl=64 time=0.954 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=3 ttl=64 time=0.970 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=4 ttl=64 time=0.957 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=5 ttl=64 time=0.955 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=6 ttl=64 time=1.12 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=7 ttl=64 time=0.968 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=8 ttl=64 time=1.51 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=9 ttl=64 time=0.957 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=10 ttl=64 time=0.984 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=11 ttl=64 time=0.899 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=12 ttl=64 time=1.32 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=13 ttl=64 time=0.969 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=14 ttl=64 time=0.957 ms
64 bytes from 10.10.128.208: icmp_req=15 ttl=64 time=0.957 ms
^C
--- 10.10.128.208 ping statistics ---
15 packets transmitted, 15 received, 0% packet loss, time 14026ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.899/1.049/1.515/0.170 ms
root@OBU-RSU-228:~#
```

شکل ۲۱: اجرای آزمون *ping* بر روی *RSU*

همانطور که قابل مشاهده است ارتباط بدون از دست دادن بسته *ICMP* برقرار شده است و نتیجه آزمون مثبت تلقی می‌شود.

۳،۳،۲.آزمون قابلیت اطمینان لینک (*link Reliability*)

برای اجرای این آزمون، نیاز بود تا دو برنامه برای سمت ارسال کننده و برای سمت دریافت کننده نوشته شود و سپس بر روی تجهیزات به اجرا گذاشته شود. در ابتدا برنامه سمت ارسال‌کننده که در شکل ۲۲ آمده است بر روی *TP-Link* اجرا گردید و سپس برنامه سمت دریافت کننده بسته‌ها که در شکل ۲٤ مشخص شده اجرا گردید. این برنامه اقدام به ارسال متناوب بسته‌ها می‌کند که در شکل ۲۳ قابل مشاهده است. همچنین در سمت دیگر برنامه دریافت کننده تعداد بسته‌های دریافت شده را محاسبه می‌نماید که در شکل ۲۵ قابل مشاهده است. در این برنامه‌ها تعداد ۱۰۰۰ بسته مورد مبادله قرار می‌گیرد و از میزان دریافت بسته‌ها در سمت دریافت کننده مشخص می‌شود چه تعداد بسته به طور سالم دریافت شده است. این برنامه‌ها به زبان پایتون نوشته شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

```
import time
import socket  # Import socket module


bcnsock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
UDP_IP = "10.10.10.10"
bport = 11111
for i in range(0, 1000):
    data = b'hiiii'
    bcnsock.sendto(data, (UDP_IP , bport))
    print ("sending beacon")
    time.sleep(.01)

for i in range(0, 100):
    data = b'fff'
    bcnsock.sendto(data, (UDP_IP , bport))
    print ("sending finish")
    time.sleep(.01)
```

شکل ۲۲: کد سمت ارسال کننده (*RSU*)

```
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending beacon
sending finish
sending finish
sending finish
sending finish
```

شکل ۲۳: خروجی آزمون قابلیت اطمینان لینک در سمت *RSU*

Archive of SID

www.SID.ir

```
import socket


sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)  # UDP
sock.bind(('', 11111))
print ("socket was binded!!!")
count = 0
while(1):
    data, addr = sock.recvfrom(1024)  # buffer size is 1024 bytes
    print ("received message: " , data)
    if data == b'hiiii':
        count = count + 1
    else:
        break

print("number of received data is: ", count)
```

شکل ۲٤: کد سمت دریافت کننده (*TP-link*)

```
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'hiiii')
('received message: ', 'fff')
('number of received data is: ', 1000)
root@OBU:/usr/tools/linkQuality#
```

شکل ۲۵: خروجی برنامه آزمون قابلیت اطمینان لینک در سمت *TP-link*

همانطور که در شکل ۲۵ مشاهده می‌شود در محیط آزمایشگاهی تمامی بسته‌ها به طور سالم دریافت می‌شود و به عبارتی هیچگونه *packet loss* نداریم.

Archive of SID

www.SID.ir

۳,۳,۳. آزمون انتقال فایل

برای اجرای این آزمون از دستور *scp* برای انتقال فایل بهره گرفتیم. برای انجام این آزمون در ابتدا با استفاده از دستور *dd* فایلی با حجم *20MB* ایجاد گردید. سپس با استفاده از دستور *scp* این فایل از روی تجهیز *TP-Link* به *RSU* منتقل گردید. همانطور که در شکل ۲۶ مشخص شده است، سرعت انتقال فایل برابر *853KB/s* یا تقریبا با در نظر گرفتن سربار ارسال فایل بیش از ۷ مگابیت بر ثانیه می‌باشد که این پهنای باند برای کاربرد پروژه سپهتن که حجم فایل به طور معمول کمتر از ۵۰ کیلو بایت است، بسیار بیش از حد مطلوب می باشد. شکل ۲۷ حجم فایلی را که در این آزمون ارسال شده است نشان می‌دهد.

```
root@OBU:~# dd  if=/dev/zero of=/tmp/img.bin   bs=1M count=20
20+0 records in
20+0 records out
root@OBU:~# scp /tmp/img.bin root@10.10.128.228:/tmp/
root@10.10.128.228's password:
img.bin                                       100%   20MB 853.3KB/s   00:24
root@OBU:~#
```

شکل ۲۶: ایجاد فایل با استفاده از دستور *dd* و انتقال آن با استفاده از دستور *SCP* بر روی *TP-Link*

```
root@OBU-RSU-228:~# ls -l /tmp/img.bin
-rw-r--r-- 1 root root 20971520 May 23 11:16 /tmp/img.bin
root@OBU-RSU-228:~#
```

شکل ۲۷: مشخصات فایل دریافت شده بر روی *RSU*

۳,۳,٤. آزمون تعیین فاصله

از این آزمون به منظور تعیین فاصله ارتباطی بین تجهیزات استفاده می‌شود. برای اجرای این آزمون نیز از دو برنامه بر روی تجهیزات فرستنده و گیرنده استفاده شد. در این آزمون دستگاه *RSU* به طور متناوب به ارسال موقعیت خود پرداخته و هنگامی که دستگاه *TP-Link* بسته‌های *RSU* را دریافت می‌کند، داده موقعیت خود را خوانده و به محاسبه میزان فاصله خود با *RSU* می‌پردازد. میزان فاصله محاسبه شده هم بر روی صفحه نمایش نشان داده شده و هم درون فایلی ذخیره می‌گردد. در ادامه کد مربوط به این آزمون که اجرای آن در محیط آزمایشگاهی صرفاً به منظور صحت سنجی اجرای آن بوده است، در شکل ۲۸ وشکل ۲۹ مشاهده می‌شود. شکل ۳۰ وشکل ۳۱ نیز نمونه‌ای از خروجی‌های این کدها را نشان می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

```
import socket
import threading
import os
import math

#This function calculates the distance between two point
def distCal(lng,lat,obulng,obulat):
    pi_180 = 0.0174532925199433
    lat1 = lat * pi_180
    lat2 = obulat * pi_180
    lon1 = lng * pi_180
    lon2 = obulng * pi_180

    t1 = math.sin(lat1) * math.sin(lat2)
    t2 = math.cos(lat1) * math.cos(lat2)
    t3 = math.cos(lon1 - lon2)
    t4 = t2 * t3 + t1
    d = math.atan(-t4/math.sqrt(-1 * t4 * t4 + 1)) + 2 * math.atan(1)

    return d * 6371*1000

#this function connects to a unix socket to get gps from gpsapi_sample program written in C. the fucntion input values
#are the position of rsu (although their name are wrong).
def getDist(obulng, obulat):
    print("Connecting Unex socket")
    if os.path.exists("server_socket"):
        client = socket.socket( socket.AF_UNIX, socket.SOCK_STREAM )
        client.connect("server_socket")
        print("Unex Socket Ready.")
        x = "1"
        print("SEND:", x)
        client.send( x )

        lngdata = client.recv(9)  # longitude and latitude lenghts are 9 bytes
        print ("Longitude is: ")
        print (lngdata)
        lng = float(lngdata)

        latdata = client.recv(9)
        print ("Latitude is:", latdata)
        lat = float(latdata)

        client.close()
    else:
        print("Couldn't Connect!")

    return distCal(lng,lat,obulng,obulat)
```

Archive of SID

www.SID.ir

```
# this function waits to receive a beacon from RSU. the beacon contains the gps information of RSU,
# that is used to calculate the distance between the RSU and OBU.
def rcvbeacon():

    filename = input("Enter the file name for logging:  ")
    fh = open(filename, 'w')
    sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM) # UDP
    sock.bind(('', 11111))
    print ("socket was binded!!!")
    while(1):
        data, addr = sock.recvfrom(1024) # buffer size is 1024 bytes,
        print ("received message: " ,data)
        data = data.split(";")
        dist = getDist(float(data[0]),float(data[1]))
        print ("distance of received beacon is:  ", dist)
        fh.write(str(dist))
        fh.write("\n")


rcvbeacon()
```

شکل ۲۸: کد برنامه اجرا شده در سمت *TP-Link*

Archive of SID

www.SID.ir

```
import sys
import time
import threading
import socket
import os


#this function connects to a unix socket to get gps from gpsapi_sample program written in C. the position data is used
# to send in beacon packets.
def getLocation():
    print("Connecting Unex socket")
    if os.path.exists("server_socket"):
        client = socket.socket( socket.AF_UNIX, socket.SOCK_STREAM )
        client.connect("server_socket")
        print("Unex Socket Ready.")

        x = '1'

        print("SEND:", x)
        client.send( x )
        lng = float (client.recv(9))    # longitude and latitude lenghts are 9 bytes
        print "longitude: ", lng
        lat = float(client.recv(9))
        print "latitude: ", lat

        client.close()
    else:
        print("Couldn't Connect!")

    return lng, lat

# this send beacon every 1 second. the beacon contains the gps information of RSU.
def beacon():
    bcnsock= socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
    UDP_IP = "10.10.10.10"
    bport = 11111
    while 1:
        lng, lat = getLocation()
        longlat = str(lng)+ ";" + str(lat)      # the format of beacon payload is "longitude;latitude"
        print ("The sent data (long;lat) is:", longlat)

        bcnsock.sendto(longlat, (UDP_IP , bport))
        print ("sending beacon")
        time.sleep(1)


beacon()
```

شکل ۲۹: کد برنامه اجرا شده در سمت *RSU*

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۳۰: شمایی از اجرای برنامه در سمت *TP-link*

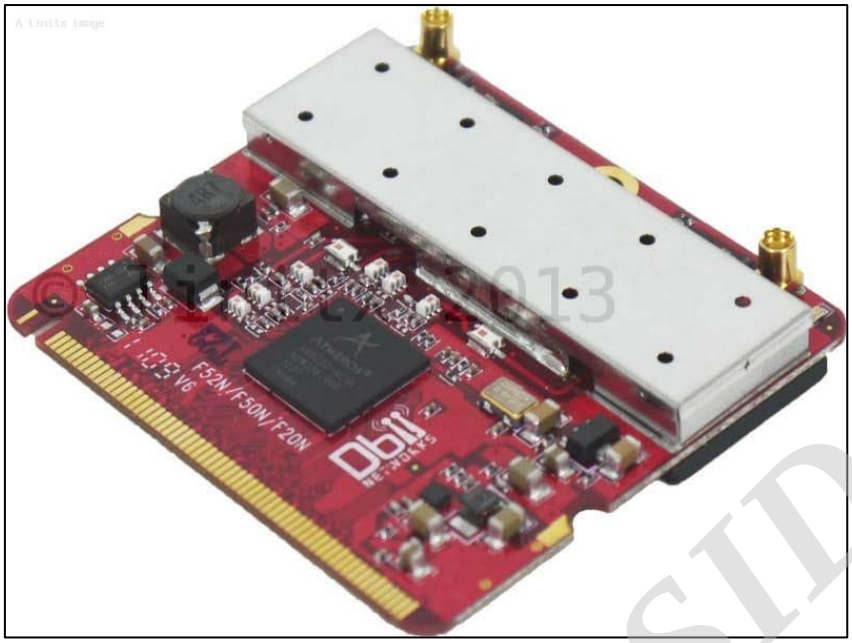
شکل ۳۱: شمایی از اجرای برنامه در سمت *RSU*

۳.٤. آزمون با کارت رادیویی مبتنی بر *Atheros 9k*

علاوه بر *Access Point*هایی با *chipset*های *Atheros 9k*، نمونه‌ای ازکارت‌های رادیویی از نوع *Mini PCI* نیز در بازار ایران در دسترس می‌باشد که در آنها از *chipset*های *Atheros 9k* استفاده شده است. نمونه‌ای از این کارت‌ها، کارت رادیویی *F50N-PRO* از شرکت *DBII Networks* می‌باشد. توان خروجی این کارت *28dbm* می‌باشد که استفاده از آن را در *RSU* نیز میسر می‌سازد. شکل ۳۲ نمونه‌ای از این کارت را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳۲: نمونه‌ای از کارت رادیویی *F50N-PRO* از شرکت *DBII Networks*

بدلیل اینکه نوع کارت *Mini PCI* می‌باشد، برای استفاده از آن لازم است از یک برد اصلی استفاده شود از این‌رو در این آزمون از برد *PC Engine* استفاده گردید. این بردها در پروژه " طراحی و پیاده‌سازی سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی" برای ساخت کارت رادیویی تجهیزات استفاده شده است. برد *PC Engine* از نوع *6f2* دارای مشخصات کلی زیر می‌باشد.

- *CPU: 500 MHz AMD Geode LX800,*
- *DRAM: 256 MB DDR DRAM,*
- *Storage: CompactFlash socket,*
- *Power: DC jack or passive POE, min. 7V to max. 20V ,*
- *Three front panel LEDs, pushbutton,*
- *Expansion: 1 miniPCI slot, 1 miniPCI Express slot (USB only), LPC bus,*
- *Connectivity: 2 Ethernet channels (Via VT6105M 10/100),*
- *I/O: DB9 serial port, dual USB port,*
- *Board size: 6 x 6" (152.4 x 152.4 mm),*
- *Firmware: tinyBIOS .*

شکل ۳۳ نمونه این بردها را در حالیکه بر روی آن از کارت رادیویی *Mini PCI* استفاده شده نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۳۳: نمونه‌ای از برد *PC Engine* به همراه کارت رادیویی *Mini PCI*

هدف این آزمون‌ها دستیابی به پاسخ سوالات زیر است:

- آیا ارتباطات مبتنی بر استاندارد *802.11p* بین دو تجهیز از این نوع بخوبی برقرار می‌شود؟
- آیا امکان ارتباط در ۷ کانال بین دو تجهیز از این نوع فراهم است؟
- آیا ارتباط در حد قابل قبولی از اطمینان قرار دارد(بطور مشخص در شرایط آزمایشگاهی ارتباط از طریق پیام‌های منتشر شده *ICMP* بدون اتلاف بسته انجام می‌شود؟)

تنظیمات: همانند *AccessPoint* ذکر شده در آزمون قبل برای راه‌اندازی این کارت از درایور *ath9k* استفاده شد. پس از تنظیمات صورت گرفته پیکربندی انجام شده بر روی کارت رادیویی مطابق شکل زیر قابل مشاهده خواهد بود.

شرایط اجرای آزمون: همانند آزمون‌های مرحله قبل از روش تبادل بسته میان دو تجهیز استفاده شد. در این آزمون تجهیزات در فواصل نزدیک قرار گرفتند تا با یکدیگر ارتباط برقرار نمایند.

نتایج:

پاسخ سوال اول: پس از انجام تنظیمات می‌توان آزمون را با دستور *ping* آغاز نمود. برای این منظور به کارت رادیویی هر یک از این تجهیزات یک *IP* داده می‌شود. سپس با دستور *ping* از روی ترمینال (از نوع *ssh*) یکی از این تجهیزات پیام *ICMP* منتشر می‌شود. در صورت پاسخ به این پیام توسط تجهیز دوم و دریافت آن بر روی ترمینال از

Archive of SID

www.SID.ir

فعال شدن کارت رادیویی مطابق با مشخصات فرکانسی و عملکردی استاندارد *802.11p* اطمینان حاصل می‌شود. نتایج میدانی حاصل از این ارتباط عملکرد صحیح دو تجهیز را در ارتباطات رادیویی مبتنی بر *802.11p* با یکدیگر نشان می‌دهد.

پاسخ سوال دوم: عملکرد دستگاه در ۷ باند ۱۰ مگاهرتزی نیز مورد آزمون قرار گرفت که صحت ارتباط در کانال‌های مختلف مورد تایید قرار گرفت.

پاسخ سوال سوم: آمار بسته‌های مبادله شده بین تجهیزات نشان دهنده عدم از دست دادن بسته و تحویل ۱۰۰ درصدی تمام بسته‌ها بود.

۳,۵. آزمون‌های تکمیلی عملیاتی ارتباط تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* با تجهیزات مبتنی بر *Atheros 5k*

علاوه بر آزمون‌های قبلی که میان تجهیزات مبتنی بر *Atheros 5k* و تجهیزات مبتنی بر *Atheros 9k* انجام شد، لازم است به دلایل متعدد آزمون‌های تکمیلی میان این دو نوع تجهیز انجام گیرد. دلیل اول مناسب بودن توان خروجی کارت‌های رادیویی مبتنی بر *Atheros 5k* برای استفاده در تجهیزات *RSU* و همچنین تنوع دادن به منابع تأمین تجهیزات در کنار تولید آن می‌باشد. دلیل دوم عملکرد بسیار مناسب این کارت‌ها در پروژه قبلی اجرا شده توسط مجری می‌باشد.
برای این منظور و با هدف تکمیل فرآیند بررسی امکان پذیری استفاده از روش جدید در جهت تولید کارت رادیویی سه آزمون میدانی مد نظر قرار گرفت که نتایج آن در ادامه ارائه خواهد شد. این سه آزمون عبارتند از:

- آزمون میدانی تاثیر فاصله در کیفیت ارتباطات،
- آزمون میدانی قابلیت اطمینان،
- آزمون میدانی کارایی انتقال فایل.

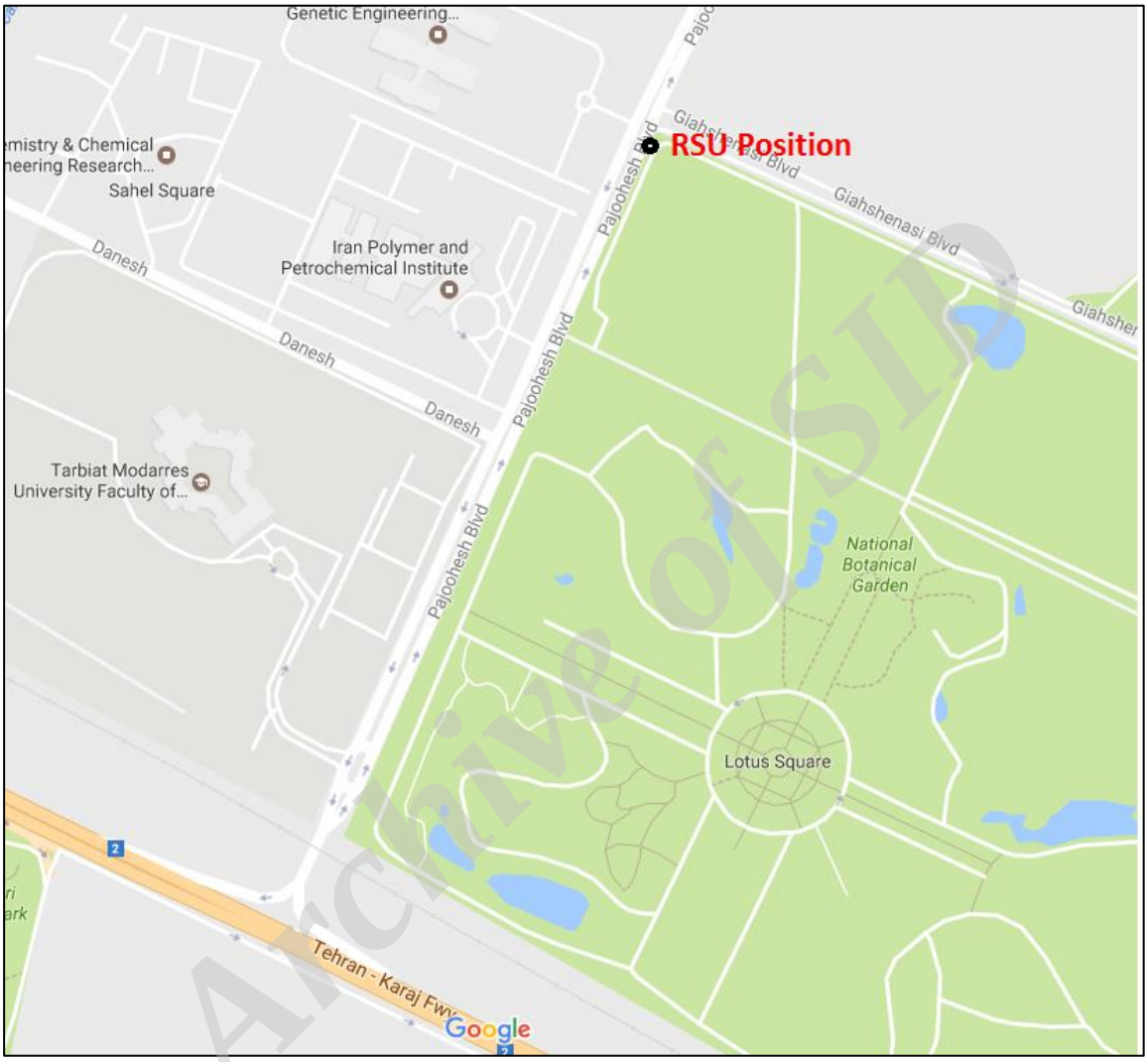
۳,۵,۱. شرایط آزمون‌های میدانی

برای انجام این آزمون‌ها نیاز است محیط مناسبی در نظر گرفته شود تا شرایط آزمون را تا حد زیادی تأمین نماید. مکان آزمون میدانی باید نسبتاً کم تردد بوده تا امکان نگهداری خودرو در کنار مسیر فراهم باشد و همچنین در یک مسیر نسبتاً طولانی(در حدود یک کیلومتر) امکان دید مستقیم فراهم باشد. با توجه به بررسی‌های انجام شده بلوار پژوهش واقع در اتوبان تهران- کرج به عنوان محل انجام آزمون میدانی انتخاب شد. این مکان نسبتاً خلوت و کم تردد بوده و در ضمن بیش از ۹۰۰ متر دید مستقیم میان تجهیزات می‌تواند وجود داشته باشد. همچنین امکان تکرار آزمون در زمان‌های کوتاه نیز برای انجام آزمون‌های متعدد در این محل فراهم است.

Archive of SID

www.SID.ir

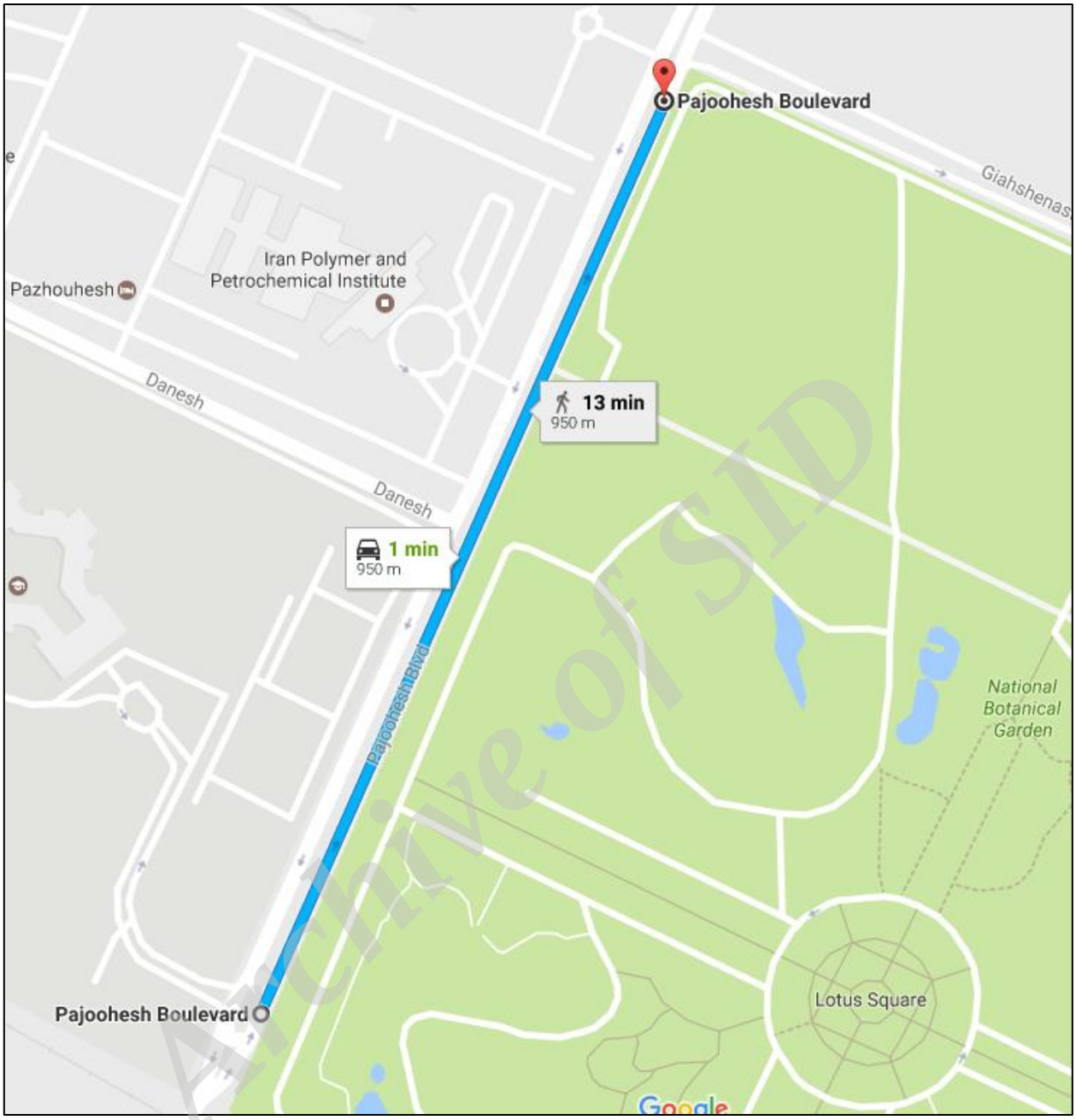
در این آزمون‌ها از دو دستگاه خودرو استفاده شد، که بر روی یکی از آنها تجهیز *TP-Link* قرار گرفت و بر روی خودرو دیگر، یک دستگاه *RSU* قرار داده شد. محل انجام آزمون به همراه محل استقرار *RSU* درشکل ۳٤ نشان داده شده است. همچنین فاصله دورترین محل دید مستقیم در این مکان نیز بر روی نقشه در شکل ۳۵ معین شده است.



شکل ۳٤: محل قرار گیری *RSU* در بلوار پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳۵: میزان دید مستقیم بین *RSU* و خودرو متحرک در بلوار پژوهش

۳,۵,۲. آزمون میدانی تأثیر فاصله در کیفیت ارتباطات

هدف از این آزمون بررسی میزان فاصله‌ای است که در آن ارتباط میان دستگاه *TP-Link* و *RSU* می‌تواند برقرار شود. در این آزمون با اجرای برنامه تهیه شده در قسمت آزمون آزمایشگاهی تعیین فاصله، میزان فاصله بین این دو دستگاه در فواصل مختلف و در زمان انتقال صحیح بسته‌های اطلاعاتی سنجیده می‌شود. شکل ۳۶ و شکل ۳۷ به ترتیب نمونه بسته‌های دریافتی تعیین فاصله بین *RSU* و *TP-Link* را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

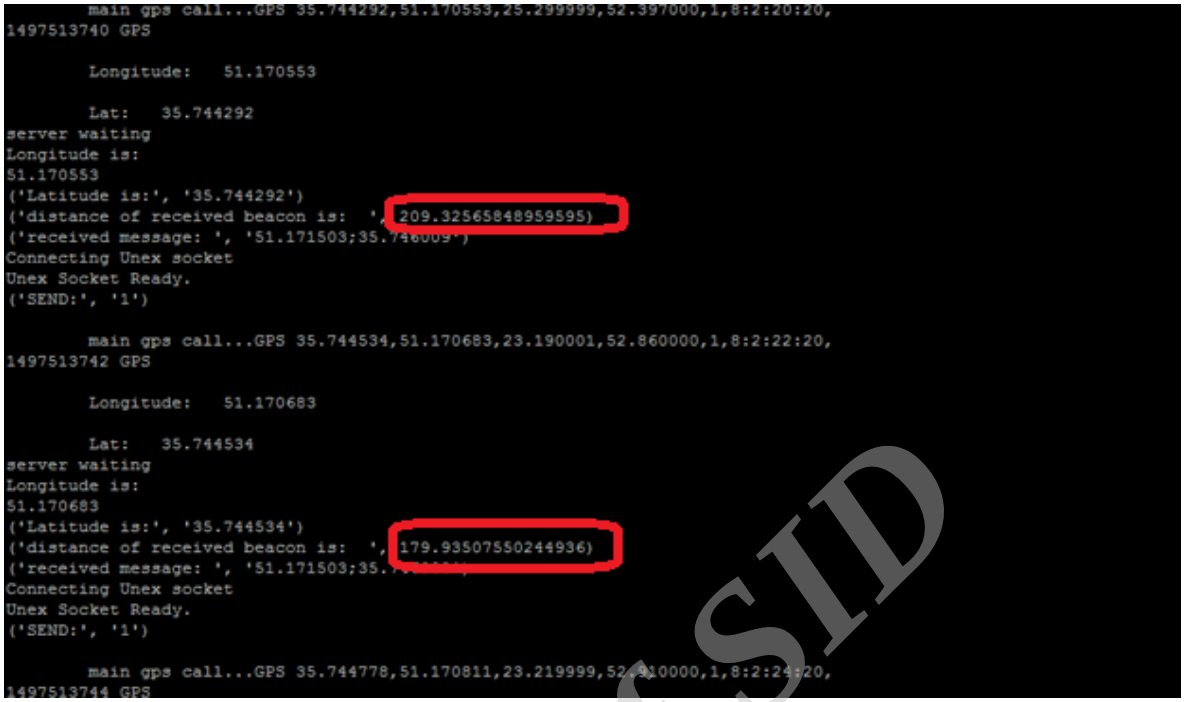
```
longitude:  51.171503
latitude:  35.746009
('The sent data (long;lat) is:', '51.171503;35.746009')
sending beacon
Connecting Unex socket
Unex Socket Ready.
('SEND:', '1')

       main gps call...GPS 35.746008,51.171503,-1.000000,0.100000,1,8:2:23:20,1
497513743 GPS

       Longitude:   51.171503

       Lat:   35.746008
server waiting
longitude:  51.171503
latitude:  35.746008
('The sent data (long;lat) is:', '51.171503;35.746008')
sending beacon
Connecting Unex socket
Unex Socket Ready.
('SEND:', '1')

       main gps call...GPS 35.746007,51.171502,-1.000000,0.022000,1,8:2:25:20,1
497513745 GPS

       Longitude:   51.171502

       Lat:   35.746007
server waiting
longitude:  51.171502
latitude:  35.746007
('The sent data (long;lat) is:', '51.171502;35.746007')
sending beacon
```

شکل ۳۶: نمونه بسته دریافتی برنامه آزمون فاصله در سمت *RSU*

```
       Lat:   35.742935
server waiting
Longitude is:
51.169593
('Latitude is:', '35.742935')
('distance of received beacon is:  ', 382.84620854091984)
('received message: ', '51.171512:35.746007')
Connecting Unex socket
Unex Socket Ready.
('SEND:', '1')

       main gps call...GPS 35.742563,51.169400,203.220001,82.704000,1,8:28:53:0
,1497515333 GPS

       Longitude:   51.169400

       Lat:   35.742563
server waiting
Longitude is:
51.169400
('Latitude is:', '35.742563')
('distance of received beacon is:  ', 427.76827668167901)
```

Archive of SID

www.SID.ir

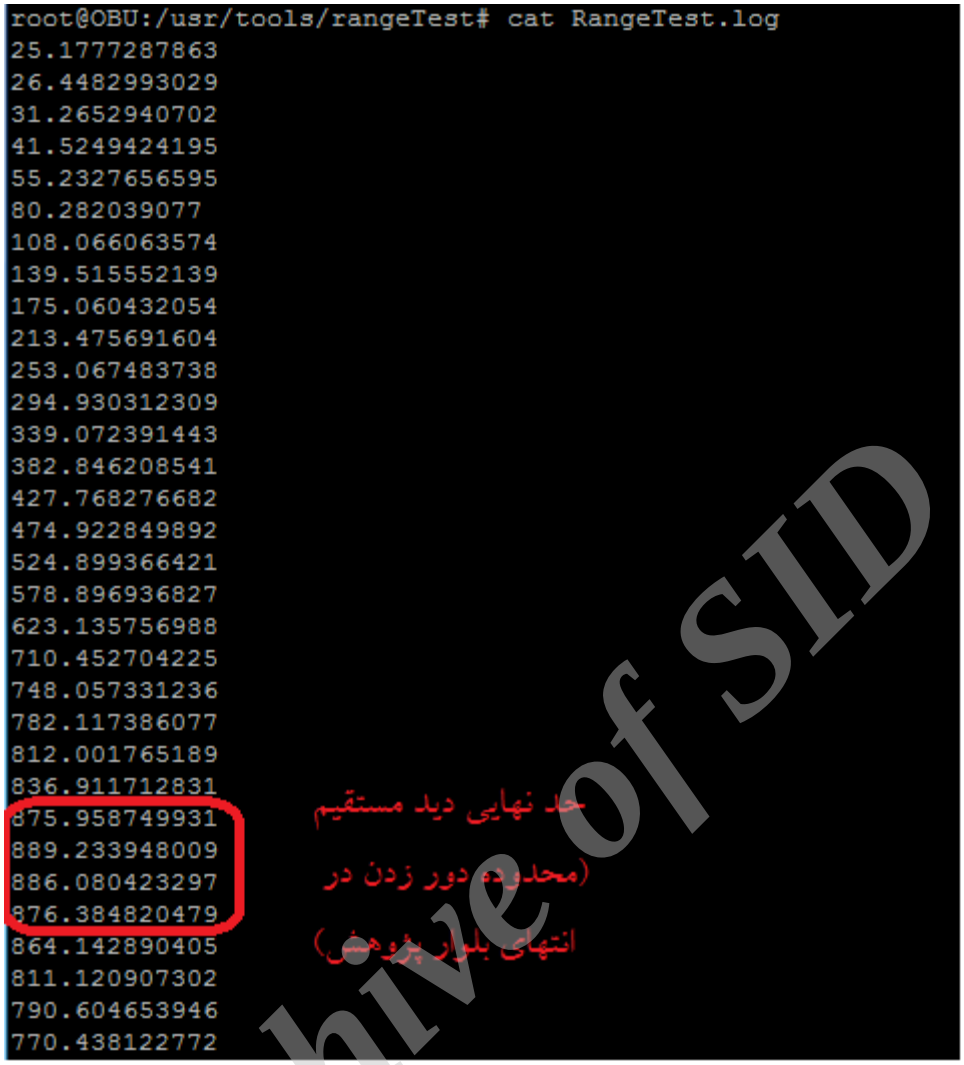


شکل ۳۷: نمونه بسته‌های دریافتی برنامه آزمون فاصله در سمت *TP-Link*

همچنین علاوه بر نمایش خروجی‌ها بر روی صفحه نمایش، نتایج آزمون فاصله هر یک ثانیه یکبار توسط *RSU* در فایلی ذخیره می‌گردد که قسمتی از نتایج آن در شکل ۳۸ قابل مشاهده است. همانطور که مشاهده می‌شود تقریباً از ابتدای محلی که در آن امکان دید مستقیم فراهم می‌باشد ارتباط میان دو دستگاه برقرار شده است. این فاصله تقریباً مقداری بیش از ۹۰۰ متر می‌باشد.

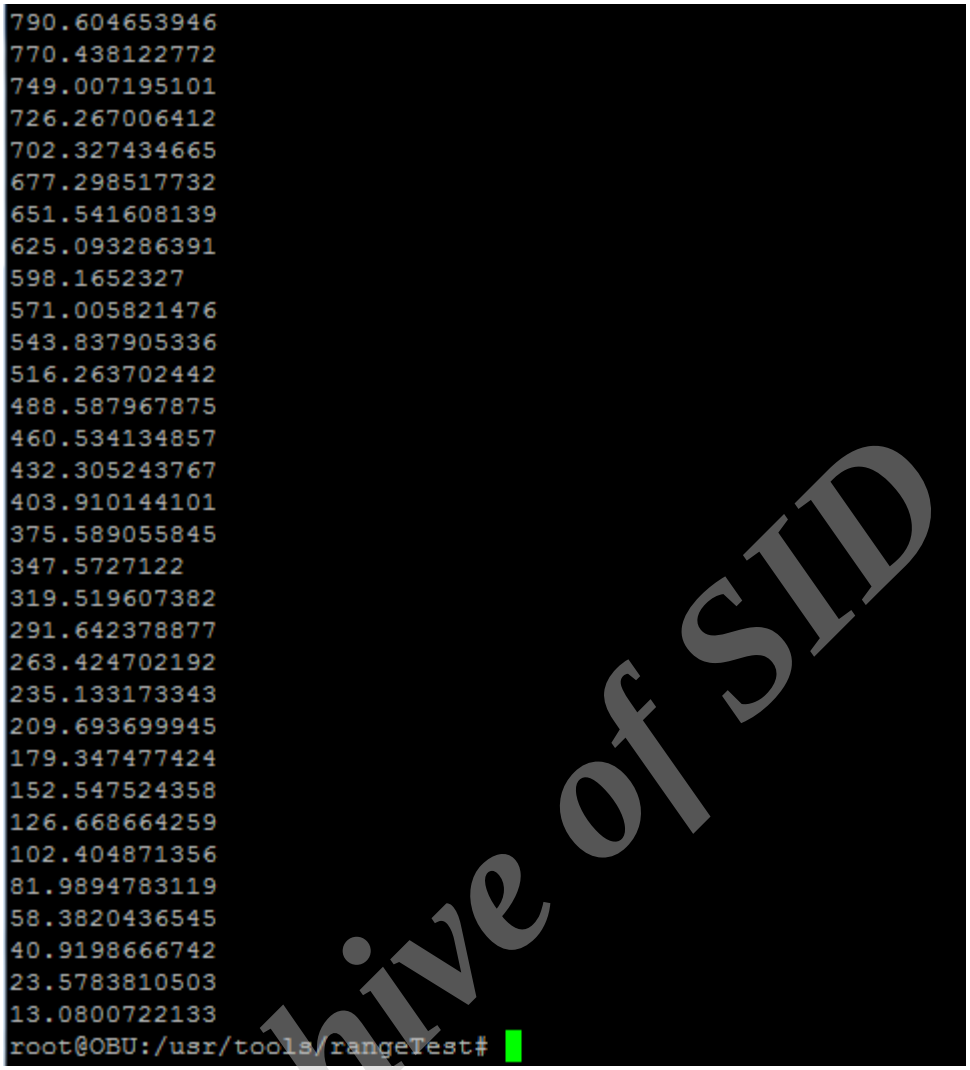
Archive of SID

www.SID.ir



Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳۸: نتایج آزمون فاصله هر یک ثانیه یکبار توسط *RSU*

۳,۵,۳. آزمون میدانی قابلیت اطمینان در ارتباط

هدف از انجام این آزمون بررسی قابلیت اطمینان ارتباط یا به تعبیر دیگر بررسی درصد دریافت صحیح بسته ها در سمت *TP-Link* در فواصل مختلف می‌باشد. این آزمون بر اساس برنامه‌ای که در قسمت آزمون آزمایشگاهی شرح داده شده اجرا گردید با این تفاوت که در اینجا در فواصل مختلف که ضریبی از ۱۰۰ متر می‌باشد این آزمون اجرا شده تا میزان قابلیت اطمینان ارتباط مشخص گردد. نتایج آزمون‌ها حاکی از قابلیت اطمینان بالای ارتباط برقرار شده، حتی در فواصل زیاد دارد. در جدول ۵ نتایج آزمون‌ها در فواصل مختلف نشان داده شده و همچنین در شکل ۳۹ تا شکل ٤٤ نتایج مربوط به فواصل مختلف نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: نتایج آزمون‌های میدانی قابلیت اطمینان در فواصل مختلف

فاصله (متر)	قابلیت اطمینان لینک (درصد)
۹۰۰	٪۹۸
۸۰۰	٪۹۹
۷۰۰	٪۹۹,۸
۶۰۰	٪۱۰۰
۵۰۰	٪۱۰۰
۴۰۰	٪۱۰۰
۳۰۰	٪۱۰۰
۲۰۰	٪۱۰۰
۱۰۰	٪۱۰۰

شکل ۳۹: تعداد بسته های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۹۰۰ متری

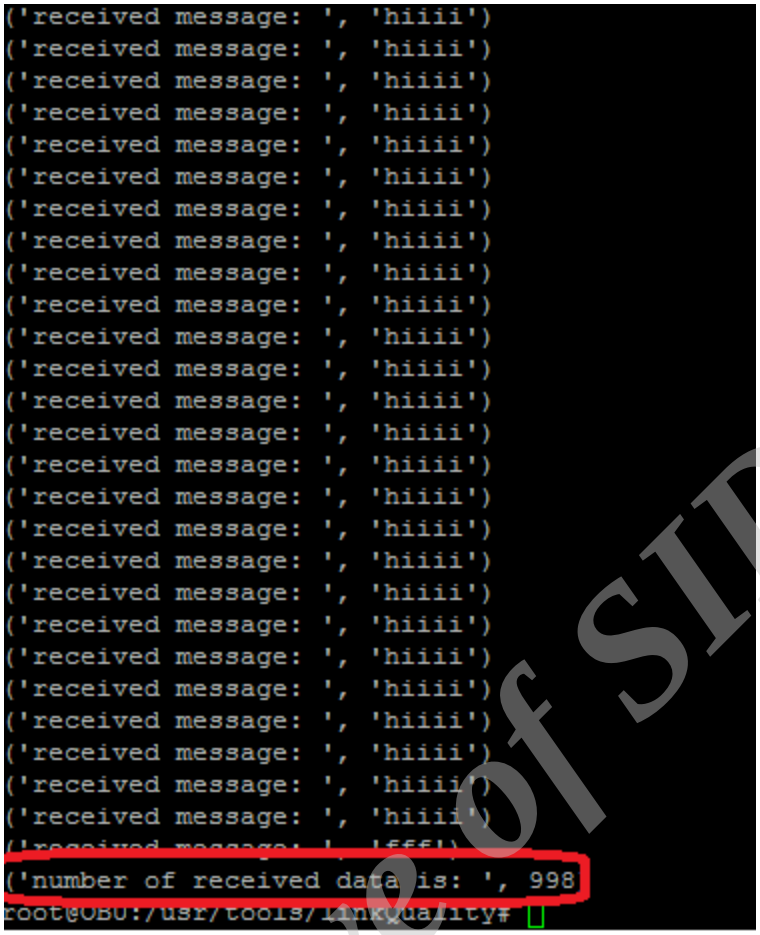
Archive of SID

www.SID.ir

شکل ٤٠: تعداد بسته های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۸۰۰ متری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤١: تعداد بسته های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۷۰۰ متری

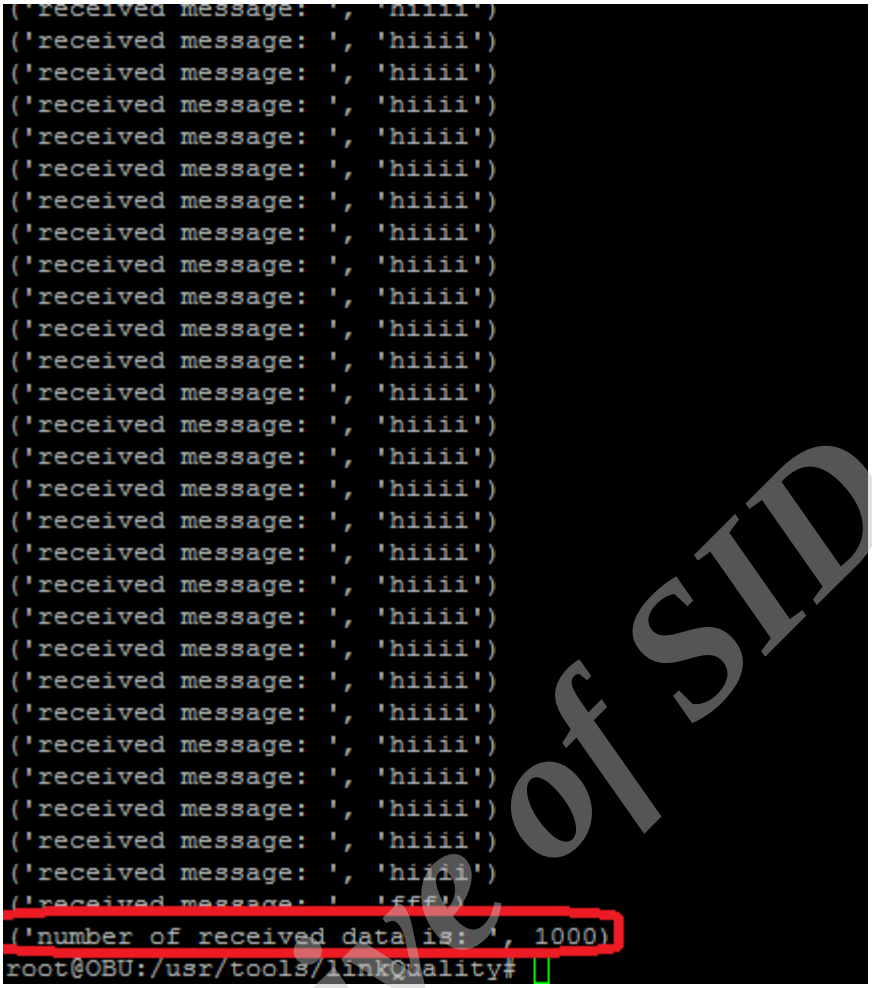
Archive of SID

www.SID.ir

شکل ٤٢ : تعداد بسته های دریافتی ازکل ١٠٠٠ بسته ارسالی در فاصله ٦٠٠ متری

Archive of SID

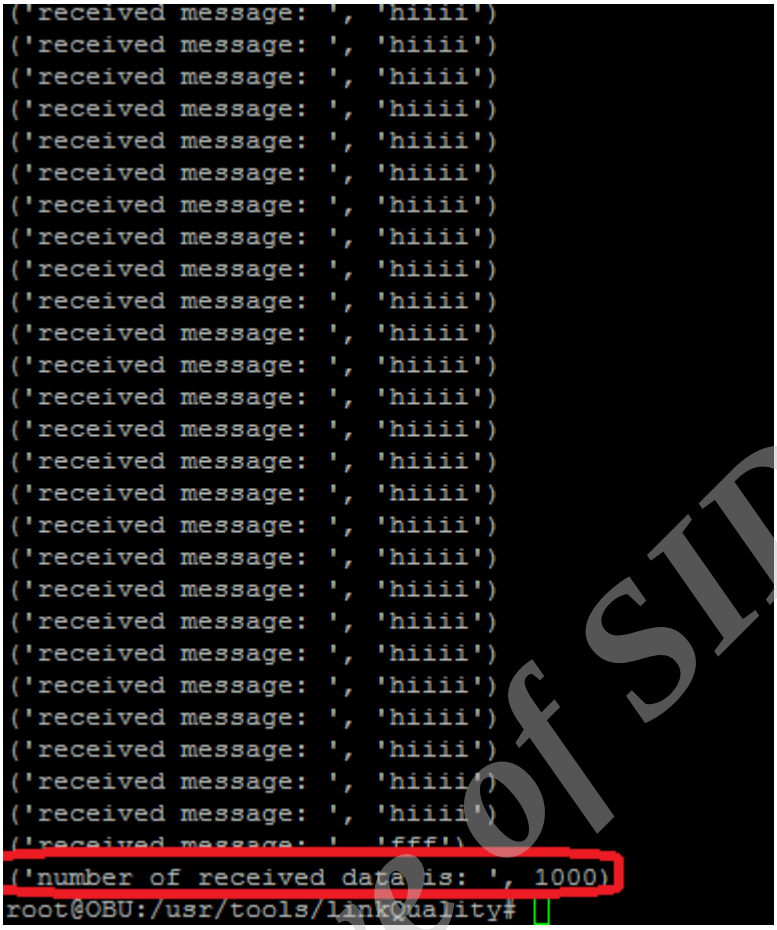
www.SID.ir



شکل ۴۳: تعداد بسته های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ۵۰۰ متری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٤٤: تعداد بسته های دریافتی ازکل ۱۰۰۰ بسته ارسالی در فاصله ٤۰۰ متری

۳,۵,٤. آزمون میدانی کارایی انتقال فایل

شرح این آزمون قبلاً در قسمت ۲-۳-۳ ارائه شده است. در آزمون میدانی در فواصل مختلف این آزمون تکرار شده است تا مشخص شود استفاده از این تجهیزات برای کاربرد خاص مد نظر پلیس به چه صورت عمل خواهد کرد. نتایج به دست آمده برای این آزمون در جدول ٦ فهرست شده است و همچنین در شکل ٤٥ تا شکل ٥١ نتایج آزمون انتقال درفواصل مختلف نشان داده شده است.

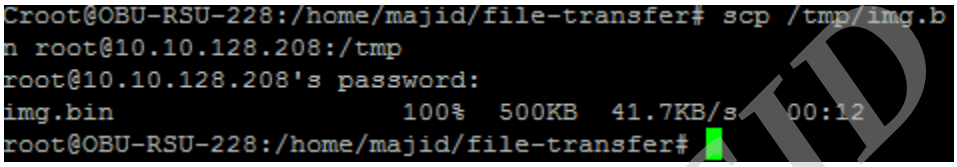
جدول ٦: نتایج به‌دست آمده برای آزمون میدانی انتقال فایل

فاصله (متر)	سرعت انتقال فایل (کیلو بایت)
۹۰۰	٤۱
۸۰۰	۱۸٤
۷۰۰	۵۰۰
٦۰۰	٦۱۰

Archive of SID

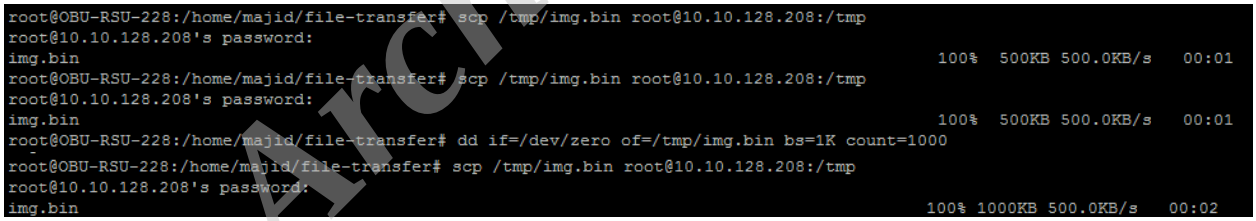
www.SID.ir

فاصله (متر)	سرعت انتقال فایل (کیلو بایت)
۵۰۰	۸۳۳
٤۰۰	۸۳۳
۳۰۰	۸۳۳
۲۰۰	۸۳۳
۱۰۰	۸۳۳

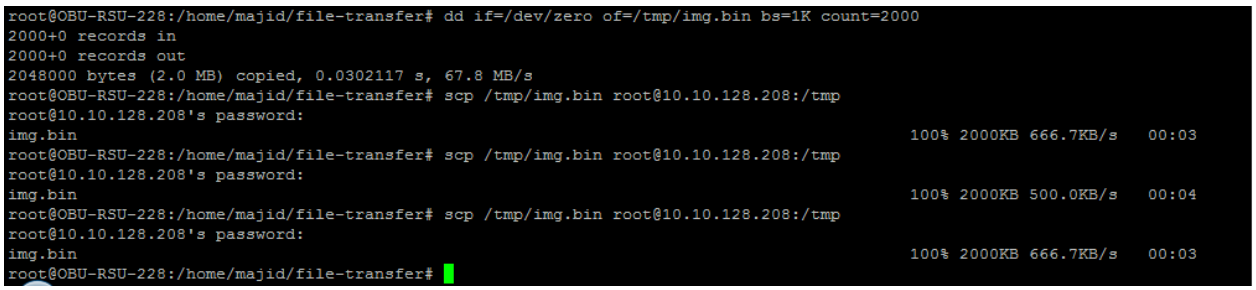


شکل ٤٥: آزمون انتقال در فاصله ۹۰۰ متری

شکل ٤٦: آزمون انتقال در فاصله ۸۰۰ متری



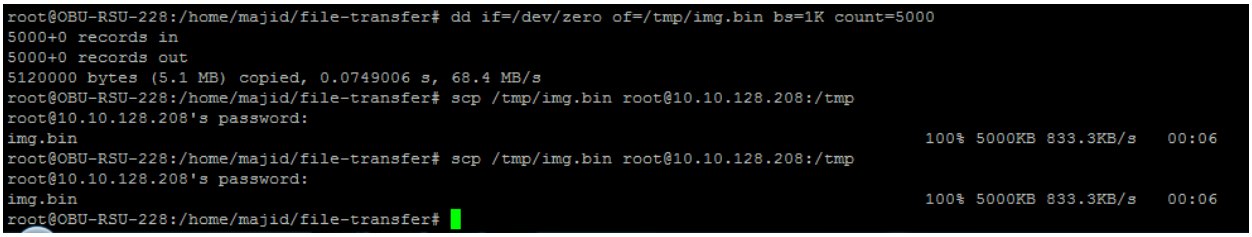
شکل ٤٧: آزمون انتقال در فاصله ۷۰۰ متری



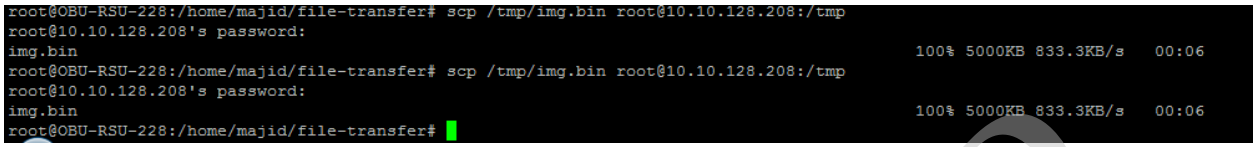
شکل ٤٨: آزمون انتقال در فاصله ٦۰۰ متری

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴۹: آزمون انتقال در فاصله ۵۰۰ متری



شکل ۵۰: آزمون انتقال در فاصله ۴۰۰ متری

شکل ۵۱: آزمون انتقال در فاصله ۳۰۰ متری

همچنین نتایج مشابهی برای فواصل ۱۰۰ و ۲۰۰ متری حاصل شد.

Archive of SID

www.SID.ir

٤. بررسی نیازمندی‌های بازار از ارتباطات مبتنی بر *802.11p*

٤,١. مقدمه

بکارگیری فناوری ارتباطات خودرویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* از ابتدای پروژه سپهتن دچار نوسانات متعددی گردید. قبل از شروع این پروژه چالش اصلی که در اینگونه از سامانه‌های پایش مطرح گردیده بود چالش دریافت اطلاعات ثبت شده از تجهیزات ثبت تخلف موسوم به *AVL*[1] در پاسگاه‌ها برای اعمال قانون رانندگان متخلف بود. در این شرایط رانندگان غیر متخلف می‌توانند بدون توقف به مسیر خود ادامه دهند.

با توجه به اینکه هزینه این تجهیزات توسط رانندگان پرداخت می‌شود چنین سازوکاری می‌توانست بعنوان یک مزیت برای رانندگان مطرح باشد و آنها را در بکارگیری از این نوع از تجهیزات ترغیب نماید. در تجهیزات *AVL* اطلاعات تخلفات و برخی از رخدادها همچون توقف در طول مسیر بصورت برخط با استفاده از فناوری *GPRS* به مرکز سامانه منتقل می‌شود. لیکن بدلیل پیچیدگی بسیار، عملاً انتقال صحیح این اطلاعات به پاسگاه میسر نبود. این پیچیدگی‌ها ناشی از عوامل زیر می‌باشد:

- عدم امکان اطلاع پاسگاه از نزدیک شدن خودرو به آن،

  برای این منظور لازم است راه‌حل پیچیده‌ای در *AVL* تعبیه شود که استفاده از نقشه دیجیتال و بررسی موقعیت خودرو نسبت به پاسگاه‌های مسیر خود است که در صورت نزدیک شدن به آن یک پیام به سامانه مرکزی ارسال شود.
- عدم پوشش قابل اطمینان شبکه *GPRS* در نواحی استقرار پاسگاه،

  برای ارسال پیام ذکر شده نیاز به پوشش قابل اطمینان دائمی *GPRS* در اطراف پاسگاه وجود دارد که عملاً در حال حاضر برای بسیاری از این موقعیت‌ها این امکان فراهم نیست.
- عدم برخورداری از ارتباطات قابل اطمینان میان پاسگاه‌های سراسر کشور با مرکز سامانه.

در صورت دریافت پیام مذکور در سامانه مرکزی پیام باید به پاسگاه باید ارسال شود. بدلیل ضعف سامانه‌های مخابراتی برای انتقال داده‌های لازم به پاسگاه این موضوع نیز با چالش مواجه می‌باشد.

از این‌رو نیاز به ساز و کار ساده‌ای که متکی به ارتباطات راه‌دور و همچنین پیچیدگی‌های نرم‌افزاری بر روی تجهیزات *AVL* نباشد، بعنوان یک نیاز مهم مطرح گردید. برای این منظور سازو کاری در دو سطح سخت‌افزاری و نرم‌افزاری باید به نحوی تعریف شوند که بتواند نیاز مورد نظر را پاسخ دهد.

در ابتدای پروژه فناوری *DSRC 5.8 GHz* کشور کره‌جنوبی توسط یکی از مجریان برای این موضوع پیشنهاد شد که بدلیل اینکه این استاندارد برای کاربرد اخذ عوارض الکترونیکی و تبادل اطلاعات با حجم بسیار پایین در برد کوتاه

[1] *Automatic Vehicle Location*

Archive of SID

www.SID.ir

(حداکثر ۵۰ متر) کاربرد داشت از سوی بسیاری از کارشناسان این حوزه مورد نقد قرار گرفت. یکی از نقدها عدم توجه به تعدد خودروهایی می‌باشد که لازم است بطور همزمان اطلاعات آنها منتقل گردد. در این شرایط استاندارد *802.11p* از سوی مجری بصورت عملیاتی و کاربردی به متولیان پروژه معرفی گردید. در تعامل با متولیان امور نیازمندی‌ها بصورت کامل تعریف و در اختیار مجریان قرار گرفت. در این فصل این نیازمندی‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

نیازمندی‌های هر سامانه‌ای به دو بخش نیازمندی‌های عملکردی و غیر عملکردی تقسیم می‌شود که در اینجا از هر دو جنبه این نیازمندی‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

٤,٢. نیازمندی‌های عملکردی

در طی اجرای پروژه سپهتن یک نیازمندی محوری و اصلی تعریف گردید. لیکن با گذر زمان و شناخت بیشتر از قابلیت‌های استاندارد *802.11p* نیازمندی‌های دیگری نیز تعریف شد که در اینجا با عنوان سایر نیازمندی‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

٤,٢,١. نیازمندی محوری در پروژه سپهتن

همانطور که در شکل ۵۲: قابل مشاهده است، نیازمندی اصلی در پروژه سپهتن انتقال داده به پاسگاه در زمان نزدیک شدن خودرو به آن می‌باشد. این نیاز دارای مشخصاتی می‌باشد که لازم است از دو بعد نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به آن پرداخته شود. مشخصات زیر برای این نیاز توسط ذینفعان مطرح شده است:

۱- امکان ارسال داده از فاصله ۱۰۰۰ متری به پاسگاه توسط خودرو،

۲- اتمام انتقال داده تا قبل از فاصله مناسبی از پاسگاه: این اندازه دقیق تعیین نشده است و تنها به این موضوع اکتفا شده است که مأمور مستقر در پاسگاه امکان واکنش به خودروی متخلف را در شرایط لازم داشته باشد و از این‌رو این فاصله در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر تخمین زده می‌شود.

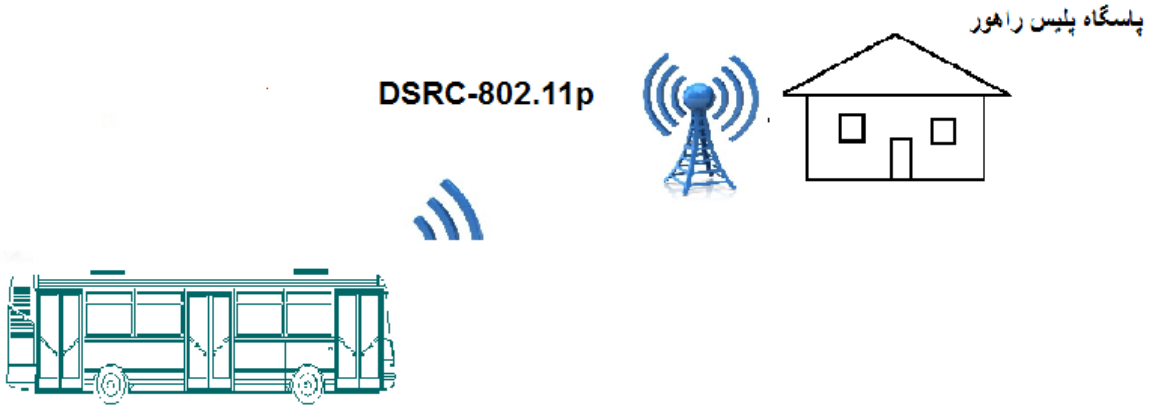
۳- امکان ارسال داده‌های ۳۰ خودرو بصورت همزمان،

٤- امکان ارسال حجم زیاد داده (تا ۱ مگابایت برای هر خودرو)،

۵- رعایت ملاحظات امنیتی در ارتباطات.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵۲: نمایی از نیازمندی پروژه سپهتن، انتقال داده به پاسگاه در زمان نزدیک شدن خودرو به آن

٤,٢,٢. تحلیل نیازمندی‌ها

شناخت این موضوع که دلایل نیازمندی‌های اعلام شده چیست، می‌تواند در نوع روش انتخابی برای پاسخ به آن مؤثر باشد. به همین دلیل در این قسمت تحلیلی بر این نیازمندی‌ها خواهیم داشت.

- **امکان ارسال داده از ۱۰۰۰ متری**

دلیل اعلام عدد ۱۰۰۰متر در نیازمندی اول به احتمال زیاد ناشی از قابلیت استاندارد *802.11p* در برقراری ارتباط در لایه اتصال[1] می‌باشد که در مستندات منتشر شده آن توسط *IEEE* و مجوزهای صادر شده توسط *FCC* در آمریکا تشریح شده است. اما نکته‌ای که در بیان این قابلیت وجود دارد آن است که امکان ارسال داده با انتقال آن در عمل و در شرایط واقعی دو مقوله کاملاً متفاوت است. منظور از امکان ارسال داده فراهم شدن شرایط فیزیکی به لحاظ دریافت سیگنال مناسب از تجهیز فرستنده و توانایی درک آن توسط تجهیز گیرنده می‌باشد که این موضوع به دو پارامتر مهم در سخت‌افزار هر تجهیز مرتبط است که عبارتند از:

۱. توان ارسالی هر تجهیز،
۲. میزان حساسیت آنتن برای دریافت سیگنال.

در استاندارد *IEEE* و قواعد منتشر شده توسط *FCC* در آمریکا و *ETSI* در اتحادیه اروپا توان ارسالی برای تجهیزات کنار مسیر بطور معمول ۲۷*dbm* تعیین شده است در حالیکه این مقدار برای تجهیزات درون خودرو حداکثر ۲۳*dbm* می‌باشد. در تجهیزات درون خودرو بطور معمول از آنتن‌های با بهره پائین در محدوده ۵ تا ٦*dbi* استفاده می‌شود و در تجهیزات کنار مسیر به دلیل توان پائین‌تر تجهیزات درون خودرو و بهره پائین آنتن آنها از آنتن‌های با بهره بالا و حساسیت زیاد

[1] *-Link Layer*

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده می‌شود که معمولاً نوع آنها همه جهته[1] و مقدار بهره آنها از حداقل ۱۲*dbi* شروع می‌شود. حساسیت این آنتن‌ها نیز معمولا باید در محدوده ۸۵*dbi*- باشد تا امکان ایجاد یک اتصال قابل اطمینان در شرایط ذکر شده برای توان مورد اشاره در بالا برای تجهیزات درون خودرو و تجهیزات کنار مسیر درفاصله ۱۰۰۰متری فراهم شود.

همچنین در ضوابط مصوب توسط رگولاتوری‌های اتحادیه امریکا و اتحادیه اروپا (*FCC* و*ETSI*) برای افزایش فاصله اتصال مجوزهای برای استفاده از رادیوها با توان بالا تا حد ۳۳*dbm* و همچنین بکارگیری آنتن‌های جهت‌دار[2] با بهره بالا تا حدود ۲۰*dbi* نیز صادر شده است که در صورت استفاده از این مجوزها اتصال تا چند کیلومتر نیز می‌تواند برقرار شود. در شکل ۵۳ و ٥٤ نمونه‌ای از این نوع آنتن و آنتن همه جهته قابل مشاهده است.

شکل ۵۳: نمونه‌ای از آنتن‌های همه‌جهته

شکل ٥٤: نمونه‌ای از آنتن‌های جهت‌دار

[1] -*Omni*
[2] - *Sector*

Archive of SID

www.SID.ir

- **انتقال داده تا قبل از یک فاصله تعیین شده از پاسگاه**

یکی از نیازهای مهمی که اعلام گردیده، اتمام انتقال داده تا قبل از یک فاصله مناسب از پاسگاه می‌باشد تا امکان انجام واکنش لازم در مقابل خودروهای مختلف فراهم باشد. تعیین فاصله از پاسگاه از چند جنبه قابل بررسی است . اولین موضوع این است که بطور معمول انتقال داده برای یک خودرو به چه مقدار زمان نیاز دارد. بر اساس برآورد اولیه مقدار داده‌های ثبت شده در تجهیزات *AVL* برای انتقال به پاسگاه بطور معمول ۱۰ کیلو بایت می‌باشد. مقدار انباشت داده در شرایط خاص و از جمله مشکلات احتمالی برای تخلیه در پاسگاه‌های قبلی در حداکثر مقدار خود کمتر از ٤٠ کیلو بایت می‌باشد. همچنین این شرایط زمانی رخ می‌دهد که علاوه بر عدم تخلیه داده در پاسگاه‌های قبلی، در طی ٤ ساعت بصورت مستمر انواع رخدادها مانند تخلفات سرعت، تعویض راننده و توقف‌های پی‌درپی در تجهیزات ثبت گردد. طول مقدار ٤ ساعت از این جهت از طرف ذی‌نفعان تعیین شده است که مقدار حداکثر حافظه لازم برای نگهداری داده‌ها در *AVL* مشخص گردد.

حال با داشتن مقدار حجم داده‌های قابل انتقال در شرایط معمول و انباشت حداکثری داده می‌توان برآوردی از زمان تخلیه بدست آورد. برای این برآورد لازم است ابتدا نحوه عملکرد استاندارد *802.11p* در انتقال داده مورد بررسی قرار گیرد.

- **بررسی امکان‌پذیری پاسخ به نیاز با استاندارد *802.11p***

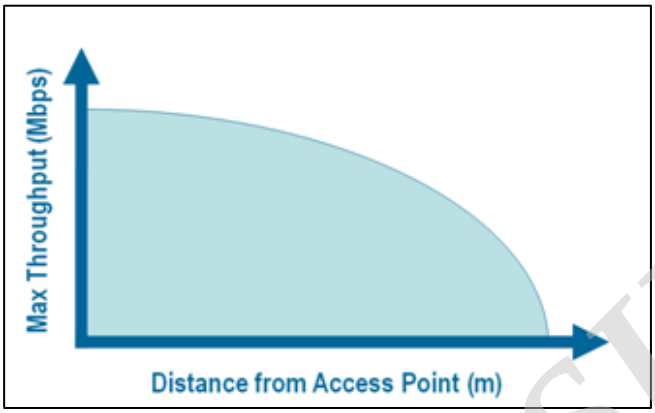
برای بررسی امکان‌پذیری اتمام انتقال داده توسط استاندارد *802.11p* با این فرض آغاز می‌کنیم که کارت رادیویی درون خودرو از فاصله ۱۰۰۰ متری اتصالی را با تجهیز درون پاسگاه آغاز می‌کند و در نظر دارد ۱۰ کیلو بایت داده را به تجهیز درون پاسگاه منتقل نماید.

استاندارد *802.11p* همانند استانداردهای خانواده *802.11* بسته به شرایط محیطی، در گام‌های مختلفی وضعیت اتصال خود را تنظیم می‌کند و از این‌رو در هر وضعیت پهنای باند مختلفی را فراهم می‌کند. مقدار این پهنای باند حداکثر ۲۷*mbps* می‌باشد و در بدترین وضعیت اتصال این مقدار ۳*mbps* خواهد بود. با فرض استفاده از آنتن ۱۲*dbi* همه طرفه برای تجهیزات درون پاسگاه و توان ۲۷*dbm* برای رادیوی آن و همچنین آنتن ۵ یا ٦*dbi* برای تجهیز درون خودرو و توان حداکثر۲۳*dbm* برای رادیوی آن، در زمانی که خودرو در فاصله ۱۰۰۰متری می‌باشد، اتصال در ضعیف‌ترین شرایط خود خواهد بود و در این شرایط انتظار می‌رود پهنای باند در محدوده ۳*mbps* باشد. در استاندارد *802.11p* تعداد گام‌های پهنای باند ۸ می‌باشد و بعد از ۳*mbps* با افزایش کیفیت اتصال مقادیر ٤/٥، ٦، ۹، ۱۲،۱۸،۲٤،۲۷ مگابیت بر ثانیه برای پهنای باند امکان‌پذیر خواهد بود. با فرض اینکه بهبود شرایط بصورت نسبتاً خطی رخ می دهد (بطور تخمینی) فاصله ۱۰۰۰متر به ۸ قسمت ۱۲۵ متری تقسیم خواهد شد که در هر قسمت یکی از ۸ حالت وضعیت پهنای باند برای اتصال می‌تواند رخ دهد. دو شکل زیر برآوردی از تغییر پهنای باند در استاندارد *802.11a* را نشان می‌دهد که استاندارد *802.11p*

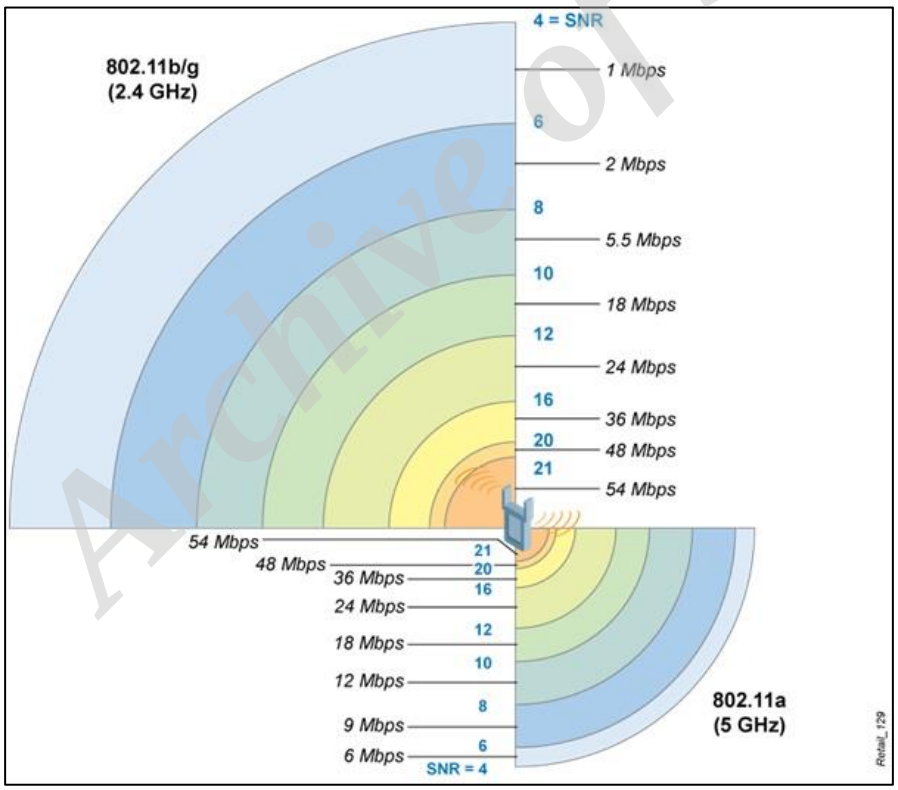
Archive of SID

www.SID.ir

از آن منتج شده است. شکل ۵۵ رابطه تغییر پهنای باند با تغییر فاصله را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۵۶ تغییرات نرخ سیگنال به نویز (*SNR*[1]) را بر اساس تغییر فاصله و تغییر پهنای باند نشان می‌دهد.



شکل ۵۵: نمودار رابطه تغییر پهنای باند با تغییر فاصله



شکل ۵۶: تغییر پهنای باند، *SNR* با تغییر فاصله [۲۵] [۲۶]

[1] *Signal Noise Ratio*

Archive of SID
www.SID.ir

با ورود خودرو به فاصله ۱۰۰۰متری با پهنای باند ۳*mbps* امکان ارسال داده وجود دارد. با صرفنظر از سربارها انتقال اطلاعات و کارایی کانال برای انتقال داده و صرف‌نظر از تداخلات احتمالی با سایر تجهیزات که در همان باند فرکانسی فعال هستند. ۱۰کیلو بایت داده در کمتراز ۰,۰۳ ثانیه منتقل خواهد شد. با فرض اینکه سرعت اتوبوس در حدود ۱۲۰ کیلومتربر ساعت باشد در ظرف این مدت حداکثر ۱ متر جابجایی خواهد داشت. حال با فرض انباشت اطلاعات تا حد ٤٠ کیلو بایت این مقدار حداکثر ۰,۱۱ ثانیه خواهد شد و طول مسیر طی شده در این حالت حداکثر ۳,۷ متر خواهد بود. از این‌رو در شرایط نسبتاً ایده‌آل می‌توان انتظار داشت که در فاصله بین ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ متری انتقال داده انجام گیرد، البته در شرایط واقعی و با در نظر گرفتن سایر نیازمندی‌ها کارایی انتقال داده بصورت محسوسی کاهش خواهد یافت که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

همچنین بدلایل مختلف از جمله وجود نویز و سایر عوامل محیطی بطور معمول پهنای باند موثر در فناوری‌های بی‌سیم بسیار کمتر از مقدار نامی آنها می‌باشد. جدول ۷ برآوردهای انجام گرفته از پهنای باند مؤثر در فناوری *WiFi* را نشان می‌دهد [۲٦].

جدول ۷ : نسخه‌های استاندارد *IEEE 802.11* براساس طیف فرکانسی، پهنای باند نامی و مؤثر

Version	Released	Frequency	Theoretical PHY Rate	Practical Rate
802.11	1997	2.4 GHz	2 Mbps	~1 Mbps
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	~4.4 Mbps
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	~24 Mbps
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	~24 Mbps
802.11n	2009	2.4 GHz, 5 GHz	600 Mbps[1]	~150 Mbps[2]

Table 1. IEEE 802.11 standards vary in frequency spectrum and throughput. ([1]MCS 31, [2]MCS 15)

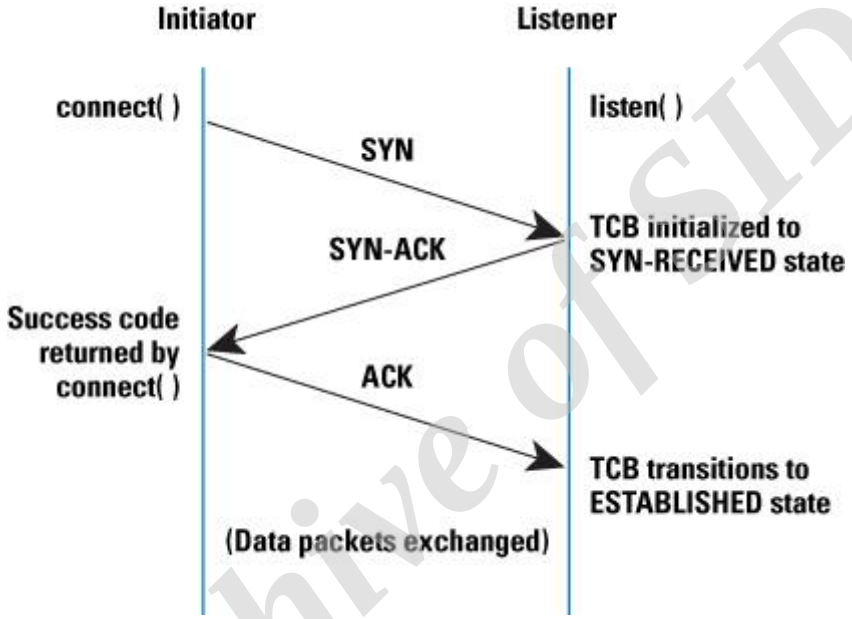
همانطور که در این جدول قابل مشاهده است، پهنای باند موثر در استاندارد *802.11a* که استاندارد *802.11p* از آن منتج شده است، تقریباً ٤٤ درصد پهنای باند نامی آن است.

علاوه بر ملاحظات ذکر شده برای استاندارد *802.11p* سازوکار پروتکل انتقال داده نیز به خودی خود دارای سرباری است که مانع از رسیدن به کارایی ۱۰۰ درصدی در انتقال می‌شود. برای انتقال اگر از یک پروتکل استاندارد همچون *TCP* و یا *UDP* استفاده نمائیم، سربارهای هر یک می‌تواند بخشی از داده‌های منتقل شده را به خود اختصاص دهد. از این‌رو لازم است در برآورد فاصله تخمینی از سربارهای این پروتکل‌ها وجود داشته باشد. همچنین علاوه بر داده‌ها سربار، سازوکار انتقال داده با این نوع از پروتکل‌ها نیز می‌تواند موجب کاهش کارایی شود.

Archive of SID

www.SID.ir

بطور مثال برای کنترل جریان و صحت انتقال داده در پروتکل *TCP* از ساز و کار انتقال تأییدیه استفاده می‌شود. برای این منظور در ابتدا و انتهای فرآیند انتقال ساز و کار دست دهی سه مرحله‌ای[1] باید انجام شود که می‌تواند فرآیند شروع و خاتمه انتقال را دچار تأخیر نماید. این موضوع خصوصاً زمانی که به‌دلایلی وقفه‌ای در انتقال رخ می‌دهد، ملموس‌تر شده و گاه ارتباط را دچار تعلیق می‌نماید. از این‌رو در این پروتکل سازو کار خروج از این تعلیق با تعیین زمان خروج[2] در نظر گرفته شده که در فضای ارتباط بی‌سیم (خصوصاً بی‌سیم متحرک) می‌تواند موجب تأخیرهای زیاد در انتقال شود. شکل ۵۷ ساز و کار آغاز تبادلات در *TCP* را نشان می‌دهد.



شکل ۵۷: ساز و کار آغاز تبادلات در *TCP*

همچنین در پروتکل *UDP* برای سادگی و سرعت انتقال ساز و کار تأیید انتقال بسته در نظر گرفته نشده و از این‌رو سرعت عمل آن بیشتر از *TCP* است. لیکن در شرایطی که لازم است داده‌ها با صحت کامل منتقل شوند، ساز و کار جایگزینی در لایه‌های بالاتر باید کنترل دریافت بسته‌ها را برعهده بگیرد. در مجموع استفاده از هریک از این پروتکل‌ها سربار عملیاتی خود را علاوه بر سربار داده به فرآیند انتقال تحمیل می‌نماید. برآوردهای انجام شده نشان می‌دهد انتقال داده با پروتکل *TCP* با کارایی بین ٤٢ تا ٥٢ درصد در استاندارد *802.11a* همراه است [۲۷].

همچنین برآورد دیگری از کارایی بالاتر *UDP* از *TCP* خبر می‌دهد. در جدول ۸ فهرستی از ارزیابی کارایی نسبی *UDP* و *TCP* در شبکه *WiFi* نشان داده شده است [۲۸]. در این بررسی نسبت کارایی *TCP* از *UDP* بین ۱۲ تا ۱۸ درصد پایین‌تر ارزیابی شده است. کارایی *TCP* زمانی که اندازه فریم‌ها بزرگتر می‌شود، به کارایی *UDP* نزدیکتر می‌شود.

[1] *3-Way Handshake*
[2] *Timeout*

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸: ارزیابی کارایی نسبی *UDP* و *TCP* در شبکه *WiFi*

Frame Size (bytes)	UDP Average Throughput (Mbps)			TCP Average Throughput (Mbps)		
	Without OpenVPN	With OpenVPN		Without OpenVPN	With OpenVPN	
		Without compression	With compression		Without compression	With compression
512	3.847	3.627	5.429	3.135	2.601	4.796
1024	5.429	4.574	11.238	4.796	4.065	10.929
1280	6.062	5.389	13.915	5.429	4.961	12.936
1518	6.906	6.062	16.09	6.062	5.62	16.09

حال با جمع‌بندی اطلاعات ذکر شده تخمین کارایی در دو حالت ایده‌آل و واقعی (در حد ۳۳ درصد)، امکان‌پذیری اتمام انتقال داده برای یک خودرو در فاصله مناسب از پاسگاه قابل محاسبه خواهد بود. فرض این است که خودرو از فاصله ۱۰۰۰ متری به پاسگاه نزدیک شده، سرعت آن ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت است و پهنای باند در این نقطه حداقل مقدار ممکن یعنی ۳ مگابیت برثانیه است. در ادامه محاسبات زمان انتقال و مسافت طی شده به‌ترتیب با ۱۰۰ و۳۳ درصد کارایی آورده شده است:

حجم کل داده	$10\ Kbyte \times 8 = 80\ Kb$
زمان انتقال با ۱۰۰ درصد کارایی	$80Kb\ /\ 3Mbps\ =\ 0.027\ Sec$
زمان انتقال با ۳۳ درصد کارایی	$0.027 \times\ 3\ =\ 0.081\ Sec$
مسافت طی شده در زمان انتقال داده با کارایی ۱۰۰ درصد	$(110 / 3.6) \times\ 0.027\ < 1\ m$
مسافت طی شده در زمان انتقال داده با کارایی ۳۳ درصد	$(110 / 3.6) \times\ 0.081\ < 3\ m$

به عبارت دیگر در شرایط واقعی عملاً انتظار می‌رود در کمتر از طی مسافت کمتر از ۱۰ متر انتقال انجام شود که عملاً هیچ نگرانی در این شرایط برای مأموران راهور وجود نخواهد داشت.

- **انتقال داده ۳۰ خودرو بصورت همزمان**

افزایش سربار انتقال داده در کنار افزایش تعداد خودروها علاوه بر طولانی‌تر کردن تخلیه اطلاعات، احتمال تصادم در بسته‌ها را نیز در زمان انتقال داده افزایش می‌دهد. دلیل این موضوع اجرای الگوریتم پرهیز از تصادم توسط کارت‌های رادیویی در زمان انتقال می‌باشد.

با توجه به این موضوع با در نظر گرفتن حجم خودروها در دو سناریو (۱۰و ۳۰ خودرو) و کارایی پروتکل*TCP* در حد ۳۳ درصد برای انتقال داده، فاصله لازم برای تخلیه اطلاعات بصورت زیر محاسبه می‌شود:

- حالت اول (۱۰ خودرو) که بطور همزمان وارد محدوده می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

$10\ Kbyte \times 10 = 100\ KB$	حجم کل داده
$100\ Kbyte \times 8 = 800\ Kb$	
$800\ Kb / 3\ Mbps \approx 0.27\ Sec$	زمان انتقال با صد در صد کارایی
$0.27 \times 3 \approx 0.81\ Sec$	زمان انتقال با ۳۳ درصد کارایی پروتکل
$(110 / 3.6)\ m/sec \times 0.81\ Sec \approx 25\ m$	مسافت طی شده با فرض سرعت ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت

- حالت دوم (۳۰ خودرو) که بطور همزمان وارد محدوده می‌شوند.

برای حالت دوم کافی است که مقدار بدست آمده را در عدد ۳ ضرب نماییم که به عدد تقریبی ۷۵ متر خواهیم رسید. البته این در شرایطی است که بدترین وضعیت ممکن در پهنای باند در طول ۷۵ متر همچنان پا برجا بماند که این فرض تا حد زیادی می‌تواند درست باشد چرا که اگر تغییر وضعیت را نسبتاً خطی فرض نماییم(در بالا توضیح داده شد) انتقال داده در گام اول یعنی زیر ۱۲۵ متر اول (بین ۸۷۵ تا ۱۰۰۰ متر) رخ خواهد که عملاً بر روی امکان‌پذیری پاسخ به نیازمندی ذکر شده صحه می‌گذارد.

- **امکان انتقال ۱ مگابایت داده به پاسگاه**

برای ارزیابی دقیق‌تر نحوه عمل مورد انتظار از انتقال داده با حجم زیاد توسط رادیوهای متعدد به سمت تجهیزات مستقر در پاسگاه لازم است ابتدا ارزیابی از حجم قابل انتقال داده در محدوده تحت پوشش از فاصله ۱۰۰۰ متری تا نزدیک پاسگاه داشته باشیم. در محاسبه حجم داده‌های که امکان ارسال آنها در گام‌های ۸ گانه پهنای باند قابل ارسال است. این محاسبات با فرض سرعت حداکثری خودروها، طول مسیر ۱۲۵ مترو سرعت ۱۱۰ کیلومتر در نظر گرفته شده است:

$110Km/h\ / 3.6 = 30.6\ m/s$ سرعت بر حسب متر بر ثانیه

$125 / 30.6 = 4.08\ s$ زمان طی نمودن ۱۲۵ متر (هر گام)

بر این اساس هر گام ۱۲۵ متری ظرف ٤ ثانیه طی خواهد شد و در این مدت بسته به پهنای باند حجمی از داده منتقل می گردد. اگر از ابتدای ۱۰۰۰ متری پاسگاه انتقال داده آغاز شود حجم داده انتقال یافته در هر گام ۱۲۵ متری و بصورت تجمعی طبق جدول ۹ خواهد بود.

جدول ۹: حجم داده انتقال یافته در هر گام ۱۲۵ متری و بصورت تجمعی

شماره گام	پهنای باند (*Mbps*)	حجم داده قابل انتقال نامی (*bit*)	حجم داده قابل انتقال نامی (*Byte*)	انتقال تجمعی نامی(*MByte*)	انتقال تجمعی با کارایی ٪۳۳ برای *TCP*
۱	۳	۱۲	۱/۵	۱/۵	۰/۵

Archive of SID

www.SID.ir

شماره گام	پهنای باند (*Mbps*)	حجم داده قابل انتقال نامی (*bit*)	حجم داده قابل انتقال نامی (*Byte*)	انتقال تجمعی نامی(*MByte*)	انتقال تجمعی با کارایی ٪۳۳ برای *TCP*
۲	٤/٥	۱۸	۲/۲٥	۳/۷٥	۱/٦۲٥
۳	٦	۲٤	۳	٦/۷٥	۳/۱۲٥
٤	۹	۳٦	٤/٥	۱۱/۲٥	٥/۳۷٥
٥	۱۲	٤۸	٦	۱۷/۲٥	۸/۳۷٥
٦	۱۸	۷۲	۹	۲٦/۲٥	۱۲/۸۷٥
۷	۲٤	۹٦	۱۲	۳۸/۲٥	۱۸/۸۷٥
۸	۲۷	۱۰۸	۱۳/٥	٥۱/۷٥	۲٥/٦۲٥

برای انتقال ۱ مگابایت داده طبق جدول فوق عملا بیش از ۸ ثانیه زمان نیاز نیست و در فاصله ۲۵۰ متری از پاسگاه این انتقال به پایان می‌رسد. زمان انتقال داده‌ها برای این ۳۰ خودرو و برای انتقال چند فایل با حجم‌های مختلف مطابق جدول ۱۰ می‌باشد.

جدول ۱۰: زمان انتقال داده‌ها برای ۳۰ خودرو و برای انتقال چند فایل با حجم مختلف

ردیف	حجم داده (کیلو بایت)	کل حجم برای ۳۰ خودرو (کیلو بایت)	موقعیت اتمام انتقال داده
۱	۱۰۰	۳۰۰۰	گام سوم
۲	۵۰۰	۱۵۰۰۰	گام هفتم
۳	۱۰۰۰	۳۰۰۰۰	بعد از گام ۸

وضعیت سوم به این معنی است که برای انتقال حجم ۱ مگابایت داده برای ۳۰ خودرو با سرعت ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت عملاً استاندار *802.11p* به ناحیه اشباع می‌رسد و عملاً تدوام این شرایط بطور مستمر با چالش جدی مواجه خواهد شد. البته در برآوردهای انجام گرفته نکات حائز اهمیتی وجود دارد، از جمله اینکه ورود ۳۰ خودرو بصورت همزمان به محدوده پوشش تجهیزات درون پاسگاه امکان‌پذیر نیست. در یک بزرگراه با فرض رعایت قوانین، حداکثر ۲ خودرو از هر سمت می‌تواند همزمان وارد شوند. این بدان معناست که در مجموع ٤ خودرو به‌طور همزمان می‌توانند وارد شوند و انتظار می‌رود این روند هر ۲ ثانیه حداکثر تکرار شود. همچنین بطور معمول خودروها با نزدیک شدن به پاسگاه‌های پلیس‌راه سرعت خود را کاهش می‌دهند و تمام این موارد موجب افزایش زمان حضور و توزیع زمانی حضور خودروها در ناحیه

Archive of SID

www.SID.ir

تحت پوشش تجهیزات درون پاسگاه می‌شود که طبیعتاً به افزایش سرعت تخلیه داده‌های خودروهای وارد شده به محدوده منجر می‌شود. از این‌رو جدول **جدول ۱۰** در واقع بدترین حالت ممکن را برای تخلیه داده نشان می‌دهد.

٤,٢,٣. امن‌سازی ارتباط

انتشار هر خدمتی در فضای تبادل اطلاعات می‌تواند مخاطراتی را برای ذی‌نفعان آن به همراه داشته باشد. بطور معمول و بر اساس متدولوژی‌های استاندارد در مواجه با مخاطرات امنیتی فضای تبادل اطلاعات ابتدا با تحلیل مخاطرات اهمیت آنها را از طریق احتمال وقوع، میزان تأثیر و اهمیت دارایی اطلاعاتی که مورد تهدید قرار گرفته است مورد سنجش قرار می‌دهند. سپس نحوه مواجه با آن مخاطرات را با در نظر گرفتن هزینه و فایده و با استفاده از یکی از روش‌های مواجه با مخاطرات یعنی رفع، کاهش انتقال و پذیرش، انتخاب می‌نمایند. در ارتباطات میان تجهیزات رادیویی درون پاسگاه و تجهیزات رادیویی درون خودرو مخاطرات زیر با بررسی، مطالعه و تعامل با ذی‌نفعان مورد شناسایی قرار گرفته است:

۱- شنود ارتباطات،

۲- جازدن یک تجهیز کنار مسیر جعلی به جای تجهیز پاسگاه برای انتقال اطلاعات با اهداف مختلف (اختلال در فرآیند، دسترسی غیر مجاز به اطلاعات و.....)،

۳- جازدن یک تجهیز درون خودرویی غیر مجاز (یا دستکاری شده) بعنوان یک تجهیز اصیل با هدف اختلال در فرآیند انتقال داده در اطراف پاسگاه).

برای رفع مخاطره اول نیاز است کانالی امن برای ارتباط ایجاد شود. این نوع کانال از طریق رمز پیام امکان پذیر است. برای رفع مخاطرات دوم و سوم لازم است سازوکاری برای شناسایی طرفین و احراز هویت آنها ایجاد شود که دو طرف از اصالت هویت یکدیگر مطمئن شوند. بر این اساس سه مخاطره ذکر شده می‌تواند توسط پروتکل امن‌سازی *TLS* بعنوان یک پروتکل معمول در حوزه تبادلات امن برطرف شود. پروتکل *TLS* قابلیت‌های زیر را برای طرفین تبادل فراهم می‌کند:

- اتصال بصورت خصوصی و امن از طریق رمزنگاری کلید متقارن انجام می‌شود.
- کلیدهای تولیده شده بصورت اختصاصی و یکتا به ازای هر اتصال تولید می‌شوند.
- سازو کار تبادل کلید از طریق یک گفتگوی دو طرفه برای تفاهم بر روی نوع الگوریتم و کلید پس از اطمینان از هویت طرفین انجام می‌شود.
- تبادل کلید بصورت رمز شده انجام می‌شود تا از دستبرد در مسیر جلوگیری شود.
- احراز هویت طرفین از طریق استفاده از رمزنگای کلید عمومی انجام می‌شود.
- یکپارچگی پیام از طریق سازوکار آزمون یکپارچگی پیام و با استفاده از کد احراز هویت پیام (*MAC*) تضمین می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جزئیات و عملکرد این پروتکل را در مراجع مختلف شبکه و امنیت میتوان ملاحظه نمود. بکارگیری *TLS* در ارتباطات مستلزم ایجاد یک زیر ساخت کلید عمومی است. با توجه به عدم دسترسی به چنین زیر ساختی لازم است یک زیرساخت محلی برای کلید عمومی راه‌اندازی شود. هر تجهیز رادیویی درون خودرو لازم است تمامی کلیدهای عمومی مربوط به تجهیزات درون پاسگاه را در اختیار داشته باشد و از طرف دیگر تمامی تجهیزات کنار مسیر مستقر در پاسگاه لازم است تمامی کلیدهای عمومی تجهیزات رادیویی درون خودرویی را در اختیار داشته باشند. این وضعیت نیازمند یک سازوکار مستمر برای به روز رسانی در دو طرف می‌باشد (تجهیزات پاسگاه و درون خودرو) که زیر ساخت ارتباطی آن می بایست توسط پلیس راهور تأمین شود. به روزرسانی تجهیزات مستقر در پاسگاه از طریق این زیر ساخت انجام خواهد گرفت و به روزرسانی تجهیزات درون خودرو نیز به تجهیزات مستقر در پاسگاه سپرده خواهد شد.

پروتکل *TLS* هر چند امنیت خوبی را برای فضای تبادل اطلاعات فراهم می‌کند لیکن بواسطه *handshake* اولیه و همچنین پردازش‌های اضافی برای رمزنگاری و رمزگشایی اطلاعات سرباری را به اطلاعات مبادله شده و همچنین حجم پردازش روی تجهیزات تحمیل می‌کند. تأثیر *TLS* بر روی سربار اطلاعات مبادله شده از دو جنبه کارایی تبادل اطلاعات را متأثر می‌کند. اول بواسطه *handshake* تأخیری در شروع انتقال اطلاعات رخ خواهد داد که می‌تواند در حد ثانیه خود را نشان دهد. دوم پهنای باند موثر را بواسطه سربار اضافی در بسته‌ها کاهش می‌دهد. برآوردهای انجام گرفته نشان می‌دهد در ارتباطات بی‌سیم کارایی تا حد ۲۷ درصد پهنای باند نامی در زمان استفاده از *LS/TCP* کاهش می‌یابد. که اعمال این میزان افت در کارایی، نتایج بررسی‌های بخش قبل را با ۱۸ درصد کاهش مواجه می‌کند که البته تنها در ارسال اطلاعات با حجم زیاد (یک مگابایت) مشهود خواهد بود.

٤,٣. نیازمندی‌های سخت‌افزاری

علاوه بر استاندارد *802.11p* که عملا مشخصه اصلی سخت‌افزار مورد استفاده را نشان می‌دهد، نیازمندی‌های سخت‌افزاری دیگری نیز برای کارت رادیویی مطرح گردید. بخشی از این نیازمندی‌ها توسط ذی‌نفعان بصورت صریح بیان گردید و بخش دیگر از طریق تحلیل نیازمندی‌های عملکردی کارت رادیویی مورد شناسایی قرار گرفت. در ابتدا نیازمندی‌هایی که ذینفعان مطرح نموده‌اند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

٤,٣,١. نیازمندی‌های سخت افزاری تصریح شده توسط ذینفعان

- **ارتباط با *AVL* از طریق *SPI***

برای ارتباط با تجهیزات *AVL* و دریافت داده‌های ثبت تخلف و رویدادها از این درگاه باید استفاده شود. بطور معمول از این درگاه برای ارتباط اجزاء درون یک سامانه یکپارچه استفاده می‌شود و بکارگیری آن برای اتصال بیرونی

Archive of SID

www.SID.ir

دو تجهیز بدلیل حساسیت آن به نویز توصیه نمی‌شود. هرچند این ملاحظه به ذی‌نفعان منتقل گردید لیکن به دلایل نامعلوم بر روی این انتخاب تاکید شد و تنها ذی‌نفعان به این موضوع اکتفا نمودند که می‌توان علاوه بر این درگاه از درگاه دیگری نیز برای ارتباط استفاده نمود.

- **ارتباط از درگاه سریال**

براساس پیشنهاد ذی‌نفعان این درگاه بعنوان درگاه دوم برای ارتباط با تجهیزات *AVL* در نظر گرفته شد. نوع این ارتباط *TTL* در نظر گرفته شد. در صورت نیاز این ارتباط با یک تبدیل قابلیت اتصال به ۳۲۳ *RS* را نیز دارد.

- **شرایط محیطی**

دمای محیط کار کارت رادیویی از ۲۰- تا ۷۰+ سانتیگراد تعیین شد.

رطوبت نیز از ۵ تا ۹۵ درصد تعیین گردید.

٤,٣,٢. نیازمندی‌های تکمیلی شناسایی شده توسط مجری

- **نیاز به توان *dbm*۲۳ برای کارت رادیویی**

چون هدف گذاری پروژه سپهتن ایجاد ارتباط از فاصله ۱۰۰۰ متری می‌باشد توان انتشار پایین‌تر از این حد قابلیت اطمینان در برقراری ارتباط را کاهش می‌دهد. بطور مثال ارتباط از فاصله ۱۰۰۰ متری هر چند با توان انتشار *dbm* ۱۸ نیز امکان‌پذیر است لیکن دارای مقادیر زیادی از هدر رفتن بسته‌ها می‌باشد.

- **استفاده از آنتن با بهره ۵ یا *dbi*٦ برای کارت رادیویی**

علاوه بر توان انتشار کارت رادیویی برای ارتباط در فاصله ۱۰۰۰ متری لازم است بهره آنتن نیز در محدوده ذکر شده باشد. مقدار ذکر شده از تجربیات پیشینی مجری طرح در پروژه‌های قبلی حاصل شده است.

- **پروتکلی برای انتقال داده بین کارت رادیویی و تجهیزات درون پاسگاه**

در پروژه سپهتن از ابتدا برنامه کاربردی برای انتقال داده‌های ثبت شده توسط تجهیزات *AVL* از کارت رادیویی به تجهیزات مستقر در پاسگاه مطرح بود. برای انتقال این داده نیاز به تعاملاتی میان دو تجهیز درون پاسگاه و درون خودرو وجود دارد که طبیعتاً نیاز است در قالب یک پروتکل تدوین شود. اگر تمامی تجهیزات توسط یک تأمین کننده تأمین شود طبیعتاً این تأمین‌کننده این پروتکل را برای خود توسعه خواهد داد و از این جهت نگرانی وجود نخواهد داشت. لیکن رویکرد ذی‌نفعان آن است که امکان حضور چند تأمین کننده برای تجهیزات رادیویی در پروژه سپهتن فراهم باشد. از این‌رو لازم است پروتکلی که مورد تأئید مراجع فنی پروژه می‌باشد برای انتقال این داده تدوین شود.

Archive of SID

www.SID.ir

از آنجا که مجری طرح پژوهشی حاضر به‌لحاظ دانش فنی با سابقه‌ترین مؤسسه فعال در این فناوری در کشور است و خود به نوعی مرجعیت علمی آن را بر عهده دارد، از سوی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران که بعنوان مرجع علمی و فنی پروژه سپهتن انتخاب شده است، بعنوان مجری تدوین این پروتکل انتخاب گردید.

- **پروتکلی برای انتقال داده از *AVL* به کارت رادیویی**

برای انتقال داده از *AVL* با استفاده از درگاه *SPI* و *TTL* نیز نیاز است از پروتکلی استفاده شود. با توجه به تنوع تأمین کننده *AVL* فقدان یک پروتکل مشابه موجب مشکلات متعدد به خصوص در فرآیندهای پشتیبانی و تعمیر تجهیزات درون خودرویی می‌گردد. بعنوان مثال اگر در یک تعمیرگاه *AVL*ای از تأمین‌کننده شماره یک موجود باشد و کارت رادیویی که در اختیار دارد سازگار با *AVL* تأمین‌کننده شماره دو باشد احتمال بسیار کمی وجود دارد که این کارت با *AVL* مورد نظر بتواند ارتباط برقرار نماید مگر آنکه قواعد مشابهی برای انتقال داده میان این دو دستگاه برقرار باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۵.شناسایی روش‌های مناسب سفارشی‌سازی سیستم عامل

۵,۱. مقدمه

همانطور که در بخش‌های عنوان شد برای ساخت کارت رادیویی از *chipset*ای از خانواده *Atheros 9k* استفاده خواهد شد. این نوع از *chipset*ها بواسطه داشتن پردازنده مرکزی باید از سیستم‌عامل استفاده نمایند. معمولاً در این نوع از *chipset*ها که در تجهیزات شبکه و اینترنت اشیاء استفاده می‌شوند از سیستم‌عامل‌های متن‌باز همچون لینوکس استفاده می‌شود. علاوه بر نداشتن هزینه لیسانس برای این نوع از سیستم‌عامل متن‌باز بودن و همچنین قابلیت سفارشی‌سازی بالای آنها نام برد. همچنین به دلیل قدمت استفاده از این سیستم‌عامل در این نوع از تجهیزات توزیع‌های اختصاصی نیز برای استفاده در تجهیزات بی‌سیم نیز منتشر گردیده است که بطور معمول امکانات مورد نیاز مدیران و کارشناسان شبکه بی‌سیم را در خود تجمیع کرده است. از آنجا که صرف استفاده از *chipset* ذکر شده به تنهایی نمی‌تواند برای راه‌اندازی استاندارد *802.11p* کافی باشد لازم است سیستم‌عامل راه‌انداز آن متناسب با ویژگی‌های استاندارد *802.11p* سفارشی‌سازی شود. در این فصل نحوه سفارشی‌سازی سیستم‌عامل برای راه‌اندازی استاندارد *802.11p* بر روی *chipset*های خانواده *Atheros 9k* مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۵,۲. مروری بر روش‌های سفارشی‌سازی سیستم عامل برای سامانه‌های تعبیه شده

برای سفارشی‌سازی سیستم‌عامل می‌توان از سه روش زیر بهره برد:

۵,۲,۱. استفاده از توزیع‌های متداول

این روش بر مبنای استفاده از توزیع‌های معمول همچون *Debian*، *Ubuntu* و یا *Fedora* می‌باشد. بدین نحو که این توزیع‌ها برای استفاده در معماری خاص و با توجه به نیازمندی که در آن معماری مورد نیاز می‌باشد سفارشی‌سازی شده تا جواب‌گوی مشخصه مورد نیاز آن سامانه تعبیه شده باشد. با توجه به اینکه این توزیع‌ها بهتر از جمله توزیع‌های رایج می‌باشند، استفاده از آنها مزیت‌هایی را به همراه دارد که از جمله آن می‌توان به مستندات قوی هر یک از این توزیع‌ها و سادگی استفاده از آنها اشاره کرد. لیکن مشکل اصلی استفاده از این روش عدم پشتیبانی این توزیع‌ها از معماری‌های سخت افزارهای تعبیه شده خاص می‌باشد. دلیل اصلی این اشکال به مورد مصرف اصلی این توزیع‌ها برمی‌گردد که به طور کلی برای کاربردهای کامپیوترهای شخصی و سرورها توسعه یافته‌اند. همچنین در این روش پروفایل‌های آماده[۱] مشخصی برای سخت‌افزارهای تعبیه شده فراهم نمی‌باشد و در صورتی که بخواهیم برای سخت‌افزار متداولی سیستم عامل را سفارشی‌سازی کنیم باید به دقت تمامی نیازمندی‌های آن سخت افزار را در نظر گرفته و سپس اقدام به سفارشی‌سازی کنیم که می‌تواند بر پیچیدگی این روش بیفزاید. همچنین در مقایسه با

۱- نمونه پایه از پیکربندی برای برخی از معماری‌های معمول سخت‌افزاری همچون معماری‌های مختلف پردازنده‌های *ARM* و *MIPS*

Archive of SID

www.SID.ir

روش‌هایی که در ادامه ذکر خواهد شد در این روش مدیریت بسته‌ها (*Package*) و نیز امکان خودکار سازی ساخت (*build*) کل سیستم‌عامل به سادگی قابل انجام نیست.

۵,۲,۲. روش دستی و عدم استفاده از توزیع مشخص

در این روش تمامی اجزا و ماژول‌های مورد نیاز سیستم عامل که در سخت‌افزار خاصی مورد نیاز است به صورت جداگانه ساخته (*build*) شده و سپس با روش‌هایی تمامی آنها در کنار یکدیگر قرار داده می‌شوند تا یک سامانه یکپارچه را تشکیل دهند. این روش با توجه به اینکه وابسته به هیچ نوع توزیع و یا ابزار خاصی نمی‌باشد بسیار قابل انعطاف بوده و قابلیت انعطاف توسعه دهنده سامانه را بسیار افزایش می‌دهد. با این حال استفاده از این روش مستلزم دانش عمیق و تجربه زیاد در استفاده از سامانه‌های تعبیه شده و لینوکس می‌باشد و با دشواری‌هایی در ساخت بسته‌های نرم افزاری که دارای وابستگی‌ها متعدد می‌باشند همراه است. علاوه بر این مشکلات مربوط به *Cross-Compile* نمودن بسته‌های نرم افزاری و نیز روال‌های توسعه و نگهداری آنها در این روش کاملاً دستی و دشوار خواهد بود.

۵,۲,۳. استفاده از ابزارهای ساخت (*Build*) خودکار مختص سامانه‌های تعبیه شده

خوشبختانه در حال حاضر ابزارهای متعددی برای *build* کردن خودکار سامانه‌های تعبیه شده توسعه یافته است. استفاده از این ابزارها سفارشی‌سازی سیستم‌عامل را به سرعت امکان‌پذیر می‌کند. از جمله ویژگی‌های اصلی استفاده از این روش‌ها می‌توان به امکان سفارشی‌سازی سریع سیستم‌عامل، قابلیت انعطاف بالا، توسعه و نگهداری آسان، حل بیشتر مشکلات ناشی از *Cross-compile* و امکان توسعه راحت بسته‌های نرم افزاری(*Packages*) اشاره کرد. در این ابزارها معمولاً پروفایل‌های مشخصی مربوط به سخت‌افزارهای متداول قرار دارد که در صورتی که بخواهیم برای سخت‌افزار مشخص سیستم‌عامل را سفارشی‌سازی کنیم کافی است پروفایل مورد نظر را انتخاب نموده تا ویژگی‌های مورد نیاز آن سخت‌افزار در نظر گرفته شود. مزیت دیگر این ابزارها امکان ایجاد یکپارچگی با ابزارهای نگهداری نسخه نظیر *Git* و *SVN* می‌باشد که می‌تواند موجب ایجاد فضای یکپارچه و فاقد پیچیدگی در توسعه نرم‌افزارهای کاربردی مورد نیاز و مدیریت و نگهداری بسته‌های نرم‌افزاری در کنار هم شود.

از جمله ابزارهای متداول که برای ساخت کارت رادیویی سیستم‌عامل مورد استفاده قرار می‌گیرند می‌توان به *Buildroot*، *Yocto*، *OpenEmbedde*، *PTXdisk* و ... اشاره کرد. با توجه به اینکه در اینجا از نسخه‌ای از *Buildroot* به منظور سفارشی‌سازی سیستم‌عامل استفاده شده است، در ادامه به شرح بیشتر این ابزار و همچنین مقایسه آن با *Yocto* به‌عنوان یکی از مهمترین ابزارهای مورد استفاده در سامانه‌های تعبیه شده خواهیم پرداخت.

Archive of SID

www.SID.ir

۱) معرفی ابزار *Buildroot*

ابزار *Buildroot* به دو منظور خودکارسازی و ساده‌سازی فرآیند سفارشی‌سازی و ساخت یک سیستم‌عامل کامل مبتنی بر لینوکس برای سامانه‌های تعبیه شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین در این ابزار قابلیت کار بر روی سامانه‌هایی با معماری سخت افزاری متفاوت با استفاده از *cross-compile* (که در ادامه به آن اشاره خواهد شد) پوشش داده شده است. ابزار *Buildroot* بر اساس ویژگی‌های شناخته شده در سیستم‌عامل لینوکس پایه‌گذاری شده است. به عنوان مثال ابزار *Kconfig* ابزاری است که به عنوان زبان و واسط ارتباطی برای پیکربندی کرنل سیستم‌عامل مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین ابزار *make* نیز به عنوان زبانی برای ساخت (*build*) ماژول‌ها و سیستم‌عامل استفاده می‌شود. استفاده از این نمونه ویژگی‌ها که برای توسعه دهندگان لینوکس بسیار آشنا می‌باشد، کار با *Buildroot* و توسعه و سفارشی‌سازی سریع سیستم‌عامل را ساده می‌کند.

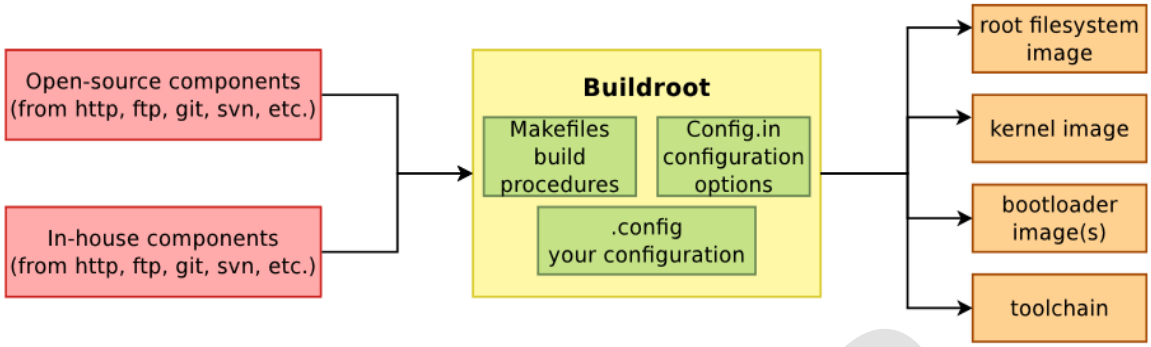
شکل ۵۸ نمایی از معماری کلی *buildroot* را نشان می‌دهد. ورودی‌های *buildroot* شامل دو قسمت اصلی است ۱) اجزا متن باز موجود بر روی بستر اینترنت که از طریق پروتکل‌هایی نظیر *http*، *ftp*، *git* و *svn* قابل دریافت می‌باشد ۲) اجزایی که توسط توسعه دهندگان داخلی بر روی سرورهای داخلی قرار گرفته و از طریق همین پروتکل‌ها قابل دریافت است. در واقع نحوه کار *buildroot* به این صورت است که با توجه به تنظیمات انجام شده در آن اجزای مورد نیاز خودرا از روی بستر اینترنت و یا سرورهای داخلی دریافت کرده و سپس بر حسب خروجی مورد نیاز که در ادامه به آن اشاره می‌شود آن خروجی را ایجاد خواهد کرد. خروجی‌های اصلی *buildroot* عبارتند از:

- *root file system*
- *kernel image*
- *bootloader image*
- *toolchain*

به طور معمول در هنگام *build* کردن سیستم‌عامل تمامی این موارد ایجاد خواهند شد و به طور یکپارچه سیستم‌عامل سفارشی‌سازی شده را تشکیل خواهند داد. اما این خروجی‌ها به طور مستقل نیز قابل استفاده خواهند بود و در صورتی‌که بخواهیم تنها یک جز آن را توسعه دهیم این کار امکان‌پذیر می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵۸: معماری *buildroot*

با استفاده از *buildroot* می‌توان برای گستره وسیعی از معماری‌های متداول سخت‌افزارهای *embedded* به راحتی سیستم عامل لینوکس را سفارشی‌سازی کرد. برخی از این معماری‌ها عبارتند از: *PowerPC*، *MIPS*، *ARM*، *x86* و ... که گستره وسیعی از سخت‌افزارهای متداول را تحت پوشش قرار می‌دهند. برای بردهای سخت‌افزارهای متداول تنظیمات آماده‌ای در *buildroot* تحت عنوان پروفایل (*profile*) وجود دارد که توسعه سیستم‌عامل برای آن برد خاص را به راحتی امکان‌پذیر می کند. همچنین برای تولید کننده سخت افزارهای جدید این امکان فراهم است که براحتی تنظیمات مربوط به خود را در این ابزار توسعه داده و در اختیار استفاده کنندگان بردهای خود قرار دهند.

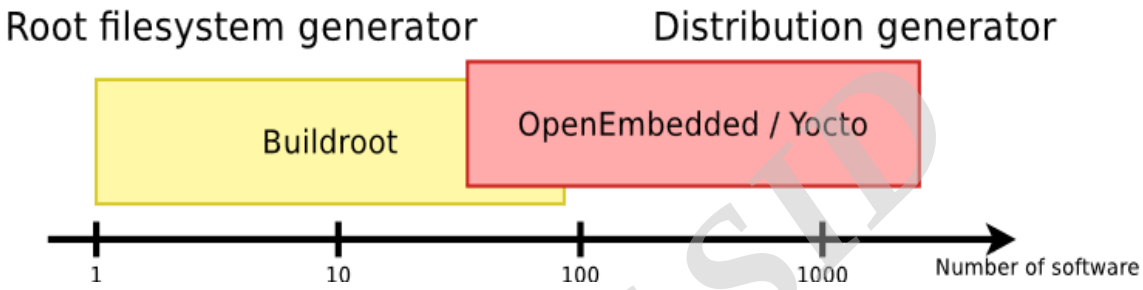
۲) دلایل استفاده از *buildroot*

- توسعه ابزار *buildroot* بر مبنای کتابخانه *uclibc* که برای توسعه سیستم‌عامل برای سامانه‌های با منابع محدود بسیار مناسب می‌باشد.
- وجود پروفایل‌های متعدد برای معماری‌های سخت‌افزاری متداول و امکان استفاده مجدد از این پروفایل‌های آماده برای سخت‌افزارهای جدید، منتج به توسعه سریع پروفایل جدید برای سخت‌افزار جدید خواهد شد.
- امکان سفارشی‌سازی آسان و سریع سیستم‌عامل با پیچیدگی کم وجود دارد.
- خروجی‌های تولید شده توسط *buildroot* بسیار کم حجم بوده و کاملاً مناسب سامانه تعبیه شده با منابع ذخیره‌سازی محدود همانند آنچه در این طرح استفاده شده است می‌باشد.
- زمان ساخت خروجی‌ها در این ابزار بسیار کوتاه می‌باشد (در قسمت‌های بعد نمونه‌هایی ذکر شده است)، بنابراین امکان نگهداری و به روزرسانی سریع آن به راحتی فراهم می‌شود.
- مدیریت بسته‌های نرم‌افزاری در آن به خوبی آنجام می‌شود و توسعه نرم‌افزارهای کاربردی را بسیار آسان می‌کند.

Archive of SID

www.SID.ir

- در مقایسه با *Yocto* (دیگر ابزار متداول برای سفارشی‌سازی سیستم‌عامل)، ابزار *buildroot* برای توسعه سامانه‌هایی با کاربردهای محدود بسیار مناسب می‌باشد، همچنین سیستم‌عامل‌های ایجاد شده توسط *buildroot* بسیار کم حجم‌تر و سبک‌تر از *Yocto* می‌باشد. شکل ۵۹ مقایسه‌ای بین ابزارهای *buildroot* و *Yocto* را بر حسب تعداد نرم‌افزارهایی به‌کار رفته نشان می‌دهد.
-



شکل ۵۹: مقایسه‌ای بین *buildroot* و *yocto*

۳) سفارشی‌سازی سیستم عامل با استفاده از *buildroot*

- **دریافت و نصب *buildroot***

نسخه‌های ابزار *buildroot* هر سه ماه یکبار در ماه‌های فوریه، می، آگوست و نوامبر ارائه می‌گردند و بر این اساس شماره نسخه ارائه شده به صورت *YYYY.MM* می‌باشد به طور مثال *2013.02*.

نصب *buildroot* بسیار ساده می‌باشد. برای استفاده از *buildroot* ابتدا باید کد آن از سایت *buildroot* دریافت و سپس در محل مناسبی در سیستم عامل لینوکس ذخیره شود. در اینجا فهرستی از دستورات مورد نیاز برای دریافت و نصب این ابزار ارائه شده است:

```
$ wget http://buildroot.org/downloads/buildroot-x.x.tar.bz2
$ tar xjf buildroot-x.x.tar.bz2
$ cd buildroot-x.x
```

ابتدا با دستور *wget* کد فشرده شده *buildroot* از سایت مورد نظر دریافت و سپس با استفاده از دستور *tar* از حالت فشرده خارج می‌شود و در انتها با دستور *cd* فهرست جاری به فهرستی که *buildroot* در آن قرار گرفته تغییر می‌کند.

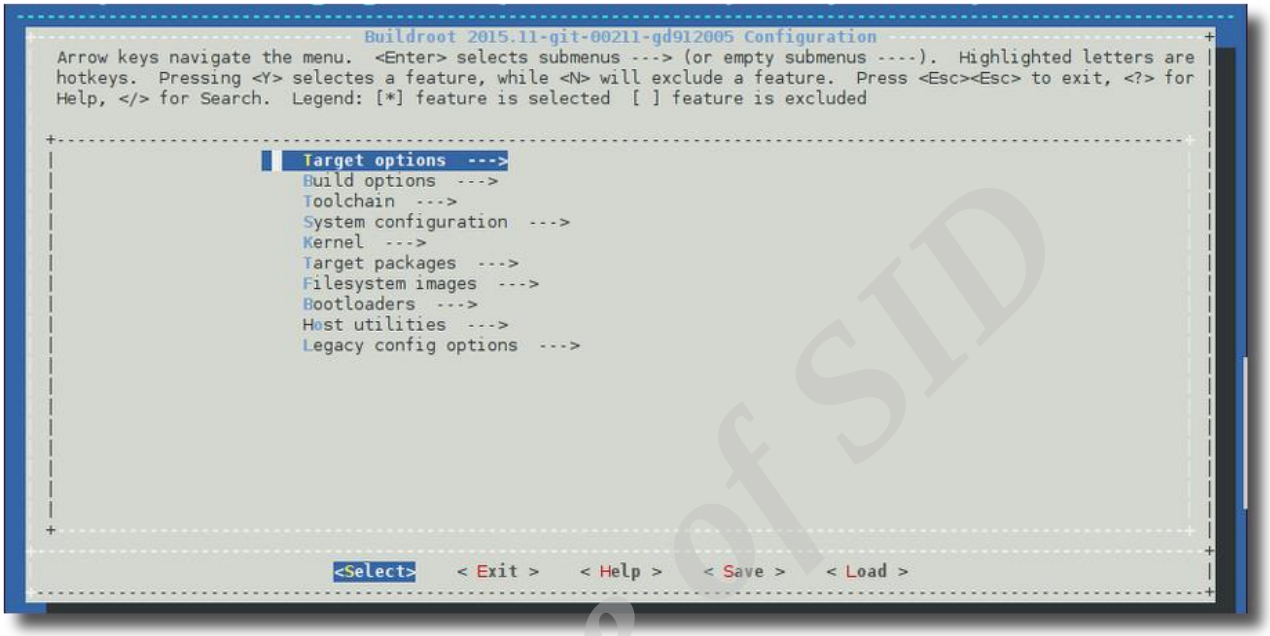
- **تنظیمات *buildroot***

Archive of SID

www.SID.ir

ابزار *buildroot* امکان تنظیم سریع با استفاده از ابزارهای متداول در سیستم‌عامل لینوکس نظیر *menuconfig* را فراهم می‌کند. بدین منظور کافی است تا به پوشه‌ای که *buildroot* در آن قرار گرفته است وارد شده و دستور *make menuconfig* اجرا گردد. با اجرای این دستور صفحه ای همانند شکل ٦٠ نمایان خواهد شد:

```
#make menuconfig
```



شکل ٦٠: قالب *menuconfig* برای اعمال تنظیمات *buildroot*

با استفاده از این صفحه می‌توان تنظیمات مختلفی را برای سفارشی‌سازی سیستم‌عامل اعمال کرد. به طور مثال در قسمت *target options* تنظیمات مربوط به پروفایل سخت‌افزارهای متداول قرار دارد و یا در قسمت *kernel* تنظیمات مربوط به ماژول های کرنل قرار گرفته که می‌توان آنها را سفارشی‌سازی نمود.

- **ساختن (*build*) سیستم‌عامل**

پس از اعمال تنظیمات مورد نظر، به منظور ساخت سیستم‌عامل تنها کافی است دستور *make* را اجرا کنیم. با اجرای این دستور تنظیمات مربوطه اعمال شده و بسته‌های نرم‌افزاری و ماژول‌های کرنل ساخته شده و در کنار همدیگر قرار می‌گیرند تا سیستم‌عامل مورد نظر شکل گیرد. در واقع با اجرای دستور *make* مراحل زیر به انجام خواهد رسید

- دانلود کدهای منبع مورد نیاز،
- تنظیم، ساخت و نصب *toolchain* مورد نظر،
- تنظیم، ساخت و نصب بسته های نرم افزاری انتخاب شده،
- ساخت *kernel image*،
- ساخت *bootlaoder image*،

Archive of SID

www.SID.ir

- ساخت *root filesystem* با فرمتی که در تنظیمات مشخص شده است.

این خروجی‌ها در پوشه *output* ایجاد می‌شود. این پوشه شامل چند زیر پوشه نیز می‌باشد که در ادامه مختصراً به آنها اشاره می‌شود:

زیر پوشه *images*: در این پوشه تمامی *image*های ساخته شده که شامل کرنل، *bootloader* و *root filesystem* می‌باشد قرار می‌گیرد.

زیرپوشه *build*: در این زیر پوشه تمامی اجزایی که برای تشکیل دادن *image* ها مورد نیاز است تا *build* شوند (شامل ابزارهایی که توسط خود *buildroot* استفاده می‌شود و همچنین بسته‌های نرم‌افزاری که در *image* ها گنجانده می شود) قرار می‌گیرد.

زیرپوشه *staging*: در این پوشه سلسله مراتبی از فایل‌ها همانند *root filesystem* که قرار است در سامانه هدف بارگزاری شود وجود دارد. در این پوشه کتابخانه‌ها و *header*های مورد نیاز برای کامپایل کردن و همچنین تمام بسته‌های نرم‌افزاری که برای سامانه هدف انتخاب شده است قرار می‌گیرد. البته با توجه به اینکه در این پوشه تعداد زیادی از فایل‌های اضافه برای توسعه سامانه قرار دارد این پوشه نمی‌تواند به طور مستقیم به عنوان *root filesystem* در سامانه هدف بارگزاری شود.

زیر پوشه *target*: تقریباً شامل تمامی فایل‌ها برای سامانه هدف به جز پوشه */dev* می باشد. البته به این نکته توجه داشت که این زیر پوشه نیز نمی‌تواند به صورت مستقیم در سامانه هدف مورد استفاده قرار گیرد.

زیر پوشه *host*: شامل ابزارهایی است که در سامانه لینوکسی که *buildroot* در آن نصب شده اضافه می‌گردد تا ابزار *buildroot* بتواند به نحو مناسب کار خود را به انجام برساند.

٤) بسته‌های نرم افزاری

یکی از مهمترین قابلیت‌های ابزار *buildroot* امکان انتخاب و استفاده از طیف وسیعی از بسته‌های نرم‌افزاری متداول برای سامانه‌های تعبیه شده می‌باشد. به طور مثال برخی از این بسته‌ها عبارتند از:

- چند رسانه‌ای: *gstramer*، *mplayer*، *pulseaudio*، *codec libraries*، *alsa* و ...،
- گرافیک: پشته کامل *X.org*، *Gtk*، *QT*، *EFL*، *DirectFB*، *SDL* و ...،
- ابزارهای سیستمی: ابزارهای مرتبط با فایل سیستم، ابزارهای مرتبط با سخت افزارها، کتابخانه‌های سیستمی،
- کاربردهای شبکه: *dropbear*، *avahi*، *bluez*، *samba*، *pppd*، *connman* و ...،
- ابزارهای توسعه: *oprofile*، *lttng*، *gdb*، *gdb server*،
- زبان‌های برنامه نویسی تفسیری: *Python*، *PHP*، *Perl*، *Rubi*.

Archive of SID

www.SID.ir

۵) سرعت ساخت تمامی اجزای سیستم عامل توسط *buildroot*

برای اینکه تصویری از میزان سرعت *buildroot* در ساخت یک سیستم‌عامل سفارشی مشخص بدست آید در ادامه به نمونه‌هایی اشاره خواهد شد. ساخت این سیستم‌عامل‌ها توسط کامپیوتری با *CPU core i7* و *RAM 12GB* صورت گرفته است.

۱) نمونه پایه با حداقل ابزارهای مورد نیاز:

- برای ساخت *root filesystem* به فرمت *tar* برای سخت افزار مبتنی بر *ARM* ساده شامل ابزار اولیه *busybox* و *toolchain* آماده زمان اجرا در حدود ۳۹ ثانیه به طول می‌انجامد، همچنین حجم سیستم عامل ایجاد شده برای سامانه هدف تنها *٤,٢MB* می‌باشد.
- ساختی مشابه بالا با *root filesystem* به فرمت *UBIFS* و با استفاده از *toolchain* داخلی که از قبل آماده نشده باشد در حدود *10* دقیقه به طول می انجامد. همچنین حجم سیستم عامل ایجاد شده برای سامانه هدف در این مورد برابر *٢,٢MB* می باشد.

٦) یک مثال عملیاتی واقعی

این آزمون به منظور توسعه سیستم عامل برای برد *ARM AT91* که شامل *GPS*، *RFID*، *GSM modem*، *Ethernet* و *USB* می باشد صورت گرفته است. برای ساخت *image* ها از یک *toolchain* خارجی استفاده شده است.

مشخصه‌هایی که برای سیستم‌عامل این برد در نظر گرفته شده است به قرار زیر می‌باشد:

- کرنل لینوکس، فایل سیسم با فرمت *JFFS2*،
- *Busybox* شامل ابزارهای پایه ای یک سیستم عامل لینوکس،
- *Dropbear* برای برقراری ارتباط از طریق *SSH*،
- ابزار *QT* که تنها شامل *QT Core*، *QT Network* و *QT XML* می‌باشد،
- دیگر ابزارهای شامل *QExtSerialPort*، *Zlib*، *libxml2*، *logrotate*، *pppd*، *strace*، کتابخانه *popt*، کاربرد مبتنی بر *QT*.

زمان اجرا برای ساخت سیستم‌عامل برای *10* دقیقه و همچنین فایل سامانه ایجاد شده به حجم *١١MB* می‌باشد.

۷) استفاده از *cross-compile toolchain* به منظور کامپایل برای سامانه هدف با معماری متفاوت

تا اینجا در خصوص استفاده از *toolchain* به منظور کامپایل کدها بر روی تجهیزات هدف مطالبی بیان شد در ادامه مختصری به *toolchain* و نحوه استفاده از آن در *buildroot* پرداخته خواهد شد. در واقع یک *toolchain* مجموعه‌ای از ابزارها است که اجازه می‌دهد از روی سامانه میزبان با معماری مشخصی (به طور مثال *x86*) کد مربوط به سامانه هدف با

Archive of SID

www.SID.ir

معماری متفاوت (به طور مثال معماری *MIPS*) کامپایل گردد. این ابزارها شامل یک کامپایلر (به طور مثال *gcc*)، ابزارهایی برای اسمبل کردن و لینک کردن (مانند *binutils*) و کتابخانه استاندارد زبان *C* (مانند *uclibc* و یا *GNULibc*) می‌باشد.
سامانه‌های *PC* که اغلب توسط کاربران و توسعه‌دهندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد به طور قطع دارای یک *toolchain* می‌باشد که قادر است کدهای نوشته شده را کامپایل کرده و سپس کاربرد منتج شده از آن کدها بر روی همان سامانه اجرا کند. عموماً سامانه‌های *PC* دارای معماری *x86* می‌باشند. بنابراین شما دارای یک *toolchain* هستید که بر روی یک پردازنده *x86* است و کدهای موجود را برای اجرا بر روی یک سامانه *x86* کامپایل خواهد کرد. بر روی بیشتر سامانه‌های مبتنی بر لینوکس کتابخانه استاندارد زبان *C* که *GNU Libc* (یا همان *glibc*) استفاده می‌شود. در واقع در این حالت که معماری سامانه هدف مشابه سامانه فعلی مورد استفاده است از همان *toolchain* موجود برای کامپایل برنامه‌ها استفاده خواهد شد. به سامانه‌ای هم که کدها بر روی آن کامپایل می‌شوند سامانه میزبان و به سامانه‌ای که قرار است برنامه بر روی آن قرار گیرد سامانه هدف گفته می‌شود.
همانطور که اشاره شد برنامه ایجاد شده توسط *toolchain* سامانه میزبان تنها بر روی همان سامانه یا سامانه‌هایی با معماری مشابه قابل اجرا خواهد بود. بنابراین با توجه به اینکه غالباً معماری سامانه‌های تعبیه شده هدف، متفاوت از سامانه میزبان می‌باشد، نمی‌توان از طریق همان *toolchain* موجود در سامانه میزبان آن را کامپایل و اجرا نمود. به طور مثال نمی‌توان برنامه‌ای بر روی سامانه میزبان با معماری *x86* برای سامانه هدف با معماری *MIPS* کامپایل کرد. از طرفی با توجه به اینکه سامانه‌های تعبیه شده دارای منابع حافظه‌ای و پردازشی محدودی می‌باشند نمی‌توان *toolchain* مربوطه به سامانه هدف را بر روی خود سامانه قرار داد و عمل کامپایل را روی خود آن سامانه به انجام رسانید. در اینجا راهکاری که وجود دارد استفاده از *cross-compile toolchain* می‌باشد. با استفاده از این راهکار می‌توان بر روی سامانه میزبان (به طور مثال *x86*) کد مربوط به سامانه هدف (به طور مثال *mips*) را برای آن سامانه هدف کامپایل کرد. این برنامه کامپایل شده با استفاده از *cross-compile toolchain* در سامانه میزبان، تنها قابل اجرا بر روی همین سامانه هدف (در اینجا *mips*) بوده و نمی‌توان آن را بر روی سامانه میزبان اجرا کرد.
در این راستا ابزار *buildroot* از دو نوع *cross-compile toolchain* پشتیبانی می‌کند که عبارتند از:

- استفاده از *toolchain* داخلی: در این حالت *toolchain* مربوطه با توجه به معماری سامانه میزبان و سامانه هدف توسط خود *buildroot* در هنگام کامپایل سیستم‌عامل ایجاد خواهد شد.
- استفاده از *toolchain* خارجی: با توجه به اینکه *toolchain cross-compile*های آماده برای یک معماری مشخص به معماری مشخص دیگر در دسترس می‌باشد، این قابلیت در *buildroot* وجود دارد که بتوان به جای *toolchain* داخلی از نمونه‌های آماده استفاده شود. شکل ٦١ تا شکل ٦٦ تنظیمات انجام شده بر روی *tplink* را نشان می‌دهند.

Archive of SID

www.SID.ir

```
root@OBU:~# iwinfo
wlan0     ESSID: "jdsharif"
          Access Point: E8:94:F6:68:08:73
          Mode: Master  Channel: 11 (2.462 GHz)
          Tx-Power: 18 dBm  Link Quality: unknown/70
          Signal: unknown  Noise: -92 dBm
          Bit Rate: unknown
          Encryption: WPA2 PSK (CCMP)
          Type: nl80211  HW Mode(s): 802.11bgn
          Hardware: unknown [Generic MAC80211]
          TX power offset: unknown
          Frequency offset: unknown
          Supports VAPs: yes  PHY name: phy0

wlan1     ESSID: "jdsrc"
          Access Point: E8:94:F6:68:08:74
          Mode: Master  Channel: 36 (5.180 GHz)
          Tx-Power: 14 dBm  Link Quality: unknown/70
          Signal: unknown  Noise: -95 dBm
          Bit Rate: unknown
          Encryption: none
          Type: nl80211  HW Mode(s): 802.11an
          Hardware: 168C:0033 168C:A120 [Atheros AR9580]
          TX power offset: none
          Frequency offset: none
          Supports VAPs: yes  PHY name: phy1

root@OBU:~#
```

شکل ٦١: دستگاه *tplink* دو کارت رادیویی دارد که کارت رادیویی *wlan1* در *tplink* بر روی *5GHz* کار می کند. مشخصات این کارت ها قبل از اعمال تنظیمات مربوط به *802.11p* مشاهده می شود.

```
l
ry US: DFS-FCC
   (2402 - 2472 @ 40), (N/A, 30), (N/A)
   (5170 - 5250 @ 80), (N/A, 17), (N/A)
   (5250 - 5330 @ 80), (N/A, 23), (0 ms), DFS
   (5735 - 5835 @ 80), (N/A, 30), (N/A)
   (5850 - 5925 @ 20), (N/A, 30), (N/A), NO-CCK
   (57240 - 63720 @ 2160), (N/A, 40), (N/A)


ry US: DFS-FCC
   (2402 - 2472 @ 40), (N/A, 30), (N/A)
   (5170 - 5250 @ 80), (N/A, 17), (N/A)
   (5250 - 5330 @ 80), (N/A, 23), (0 ms), DFS
   (5735 - 5835 @ 80), (N/A, 30), (N/A)
   (5850 - 5925 @ 20), (N/A, 30), (N/A), NO-CCK
   (57240 - 63720 @ 2160), (N/A, 40), (N/A)


ry US: DFS-FCC
   (2402 - 2472 @ 40), (N/A, 30), (N/A)
   (5170 - 5250 @ 80), (N/A, 17), (N/A)
   (5250 - 5330 @ 80), (N/A, 23), (0 ms), DFS
   (5735 - 5835 @ 80), (N/A, 30), (N/A)
   (5850 - 5925 @ 20), (N/A, 30), (N/A), NO-CCK
   (57240 - 63720 @ 2160), (N/A, 40), (N/A)

l
ry US: DFS-FCC
   (2402 - 2472 @ 40), (N/A, 30), (N/A)
   (5170 - 5250 @ 80), (N/A, 17), (N/A)
   (5250 - 5330 @ 80), (N/A, 23), (0 ms), DFS
   (5735 - 5835 @ 80), (N/A, 30), (N/A)
   (5850 - 5925 @ 20), (N/A, 30), (N/A), NO-CCK
   (57240 - 63720 @ 2160), (N/A, 40), (N/A)

OBU:~#
```

شکل ٦٢: شکل مربوط به تغییر رگولاتوری و پشتیبانی *tplink* از باندهای فرکانسی مجاز به نحوی که باند فرکانسی *802.11p* در آن مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

```
  ifindex 12
  wdev 0x100000004
  addr e8:94:f6:68:08:74
  ssid jdsrc
  type AP
  wiphy 1
  channel 36 (5180 MHz), width: 20 MHz, center1: 5180 MHz
  txpower 14.00 dBm
```

شکل ٦٣: مشخصات کارت رادیویی قبل از اینکه در باند فرکانسی *802.11p* قرار داده شود

```
ace wlan1
  ifindex 10
  wdev 0x100000003
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 178 (5890 MHz), width: unknown, center1: 5890 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ٦٤: مشخصات کارت رادیویی بعد از آنکه باند فرکانسی آن به *5890* تغییر داده شد و حالت کاری آن از حالت *AP* به حالت *OCB (Outside Context of a BSS)* تبدیل شد.

```
  wdev 0x100000005
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 172 (5860 MHz), width: unknown, center1: 5860 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ٦٥: تغییر باند فرکانسی به *5855–5865 MHz* به عنوان اولین کانال استاندارد *802.11p*

```
  ifindex 14
  wdev 0x100000005
  addr e8:94:f6:68:08:74
  type outside context of a BSS
  wiphy 1
  channel 184 (5920 MHz), width: unknown, center1: 5920 MHz
  txpower 19.00 dBm
```

شکل ٦٦: تغییر باند فرکانسی به *5915–5925 MHz* به عنوان هفتمین کانال استاندارد *802.11p*

Archive of SID

www.SID.ir

٦.طراحی و ساخت کارت رادیویی

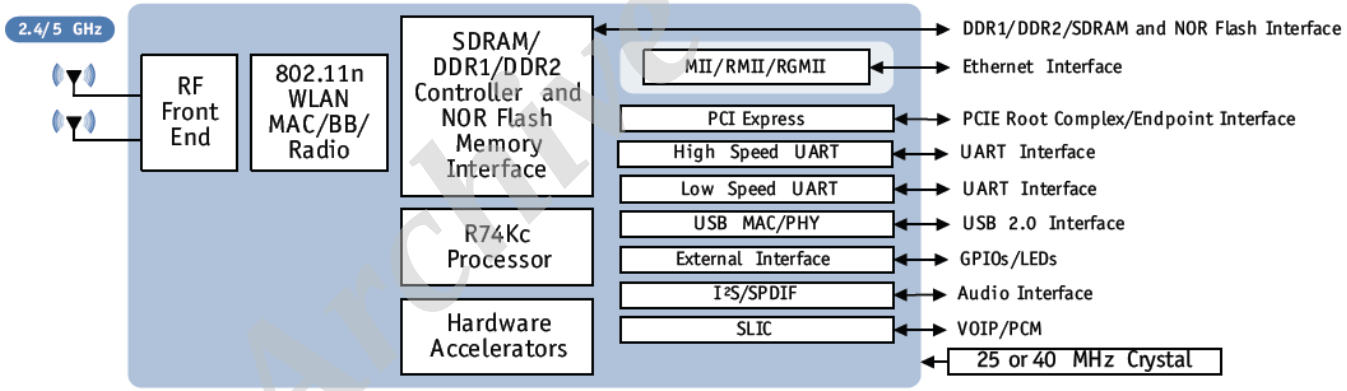
٦,١. مقدمه

برای طراحی و ساخت کارت رادیویی ابتدا لازم است اجزاء مورد استفاده بصورت دقیق‌تر مورد شناسایی قرار گیرد. بـرای این منظور در بخش اول این فصل ویژگی‌های اجزاء اصلی کارت رادیویی و از جمله چیپ پردازنده آن مورد بررسی قرار خواهد گرفت و مدارهای شماتیک اتصال هر یک ارائه می‌شود. سپس در بخش دوم ملاحظـات سـاخت کـارت رادیـویی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

٦,٢. ویژگی‌های اجزای اصلی کارت رادیویی

٦,٢,١. مشخصات چیپ پردازنده

برای ساخت کارت رادیویی از چیپ پردازنده ای بنام *Atheros 93xx* استفاده گردید. این چیپ پردازنده از نوع *SoC* با معماری *MIPS* و از نوع۳۲ بیتی می‌باشد. در چیپ‌های *SoC* تمام اجزاء لازم در یک رایانه کوچک بصورت مجتمع در یک چیپ پردازنده قرار می‌گیرد. از این‌رو اجزاء معمول یک رایانه که شامل پردازنده، حافظه اصلی، حافظه جانبی و واسط‌های ارتباطی می‌باشند را می‌توان در آن مشاهده کرد. شکل ٦٧ بلوک دیاگرام این چیپ پردازنده را نشان می‌دهد.



شکل ٦٧: بلوک دیاگرام چیپ پردازنده *Atheros 93xx*

با توجه به اینکه از این چیپ پردازنده در تجهیزات شبکه و خصوصاً شبکه‌های بی‌سیم استفاده می‌شود، بیشتر واسط‌های آن از نوعی می‌باشد که معمولا در *Access Point*ها، دروازه‌های شبکه و مسیریاب‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. پردازنده از این چیپ پردازنده دارای مشخصات زیر می‌باشد:

- سرعت: *533MHz*،
- *64KB I-cache*،
- *32 KB D-cache*،

Archive of SID

www.SID.ir

- استفاده از پالس ساعت درونی با سرعت‌های ۲۵ و ٤٠ مگاهرتز،
- دارای واسط برای برقراری ارتباط با حافظه اصلی خارج از پردازنده از نوع *16bit-SDRAM DDR1* یا *DDR2*،
- پشتیبانی از واسط سریال *SPI NOR* برای ارتباط با حافظه فلش،
- امکان بوت از انواع ادوات پردازنده خارجی از طریق واسط *PCI Express*، فلش خارجی و *USB*،
- واسط *PCI Express 1.1*،

واسط *PCI Express* در این چیپ پردازنده علاوه بر پیکربندی معمول آن برای ارتباط تجهیزات جانبی به پردازنده همچون مودم‌های *GSM* و کارت‌های *WiFi*، به دو صورت دیگر نیز قابل پیکربندی می‌باشد. اول بصورت *Endpoint* که در این حالت *chip* بعنوان یک تجهیز جانبی بر روی واسط *PCI Express* یک پردازنده میزبان دیگر می‌نشیند. دوم پیکربندی بصورت *Root Complex* که در این حالت این واسط برای ارتباط با یک *chip* دیگر از نوع *Atheros* قابل استفاده است. کاربرد این نوع اتصال در ساخت کارت رادیویی *Access Point* ها با قابلیت *MIMO*[1] می‌باشد.

- واسط *USB 2.0 controller* با امکان پیکربندی در حالت میزبان و یا تجهیز جانبی،
- واسط صوتی *I2S/SPDIF-out*،
- پشتیبانی از واسط‌های چندگانه *GPIO*، یک واسط *high-speed UART*، *One low-speed UART (115 kbps)*
- مدل آدرس‌دهی *BigEndian*.

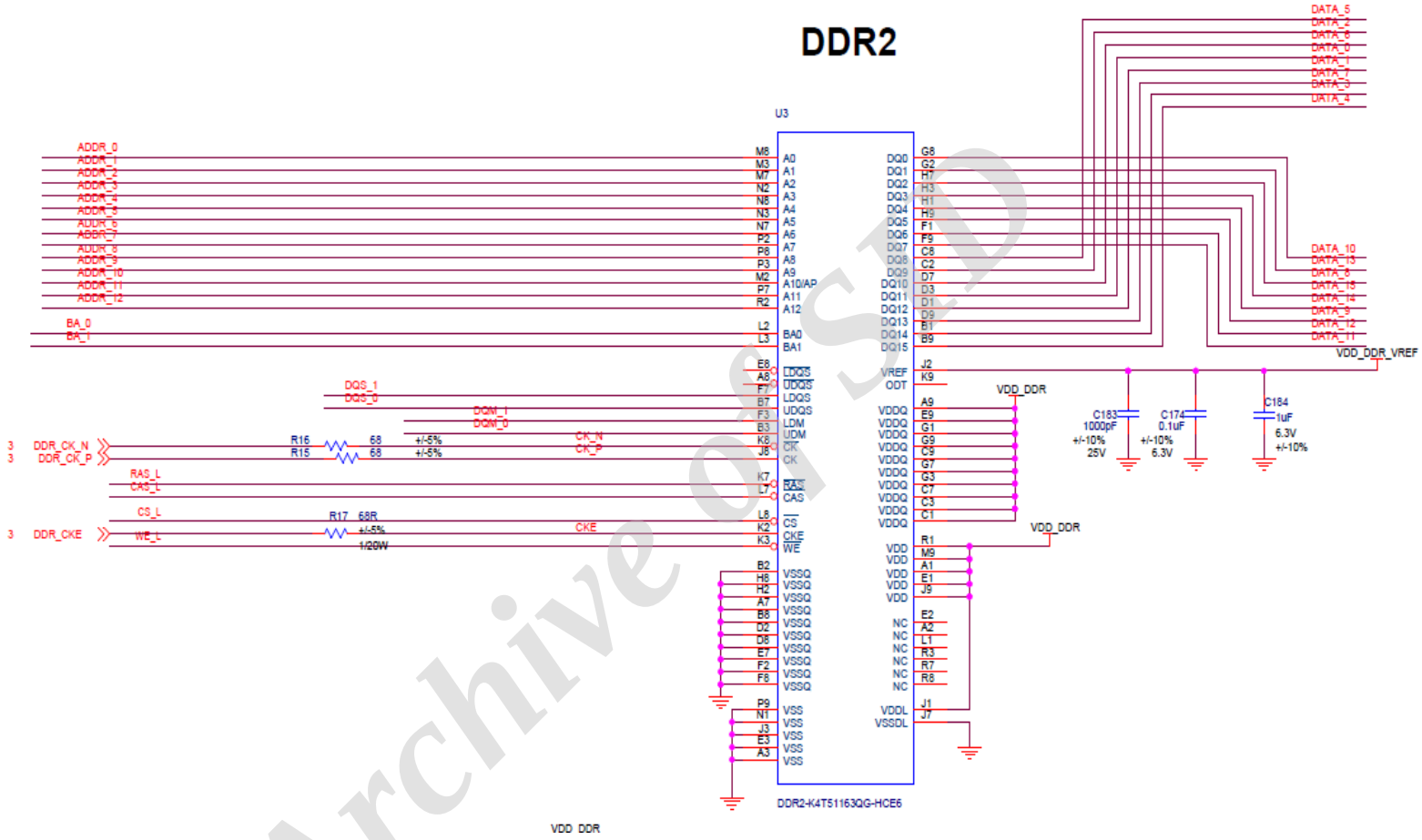
٦,٢,٢. حافظه اصلی

برای راه‌اندازی *Atheros 93xx* نیاز به حافظه اصلی می‌باشد. برای این منظور از حافظه از نوع *DDR2* با نام *K4T51163QG-HCE6* استفاده شده است. حجم این حافظه ٦٤ مگابایت می‌باشد. در شکل ٦٧ شماتیک ارتباط حافظه *DDR2* با پردازنده مشاهده می‌شود.

[1] *Multiple Input Multiple Output*

Archive of SID

www.SID.ir



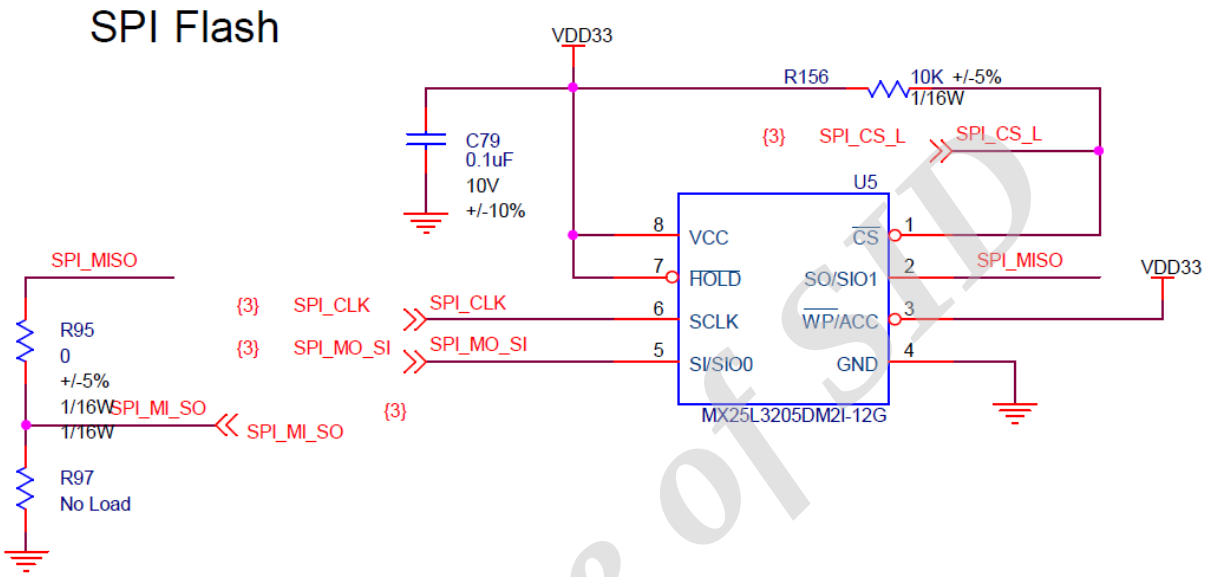
شکل ٦٨: شماتیک ارتباط حافظه *DDR2* با پردازنده

Archive of SID

www.SID.ir

٦,٢,٣. حافظه فلش(*onboard*)

برای نگهداری سیستم‌عامل و برنامه‌ها کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نوع فلش *onboard* می‌باشد. مدار اتصال آن به چیپ پردازنده مطابق شماتیک زیر می‌باشد. برای اتصال این حافظه از واسط *SPI* استفاده شده است. حجم این حافظه ١٦ مگابایت می‌باشد. شکل **٦٩** شماتیک *SPI* را نشان می‌دهد.



شکل ٦٩: شماتیک *SPI*

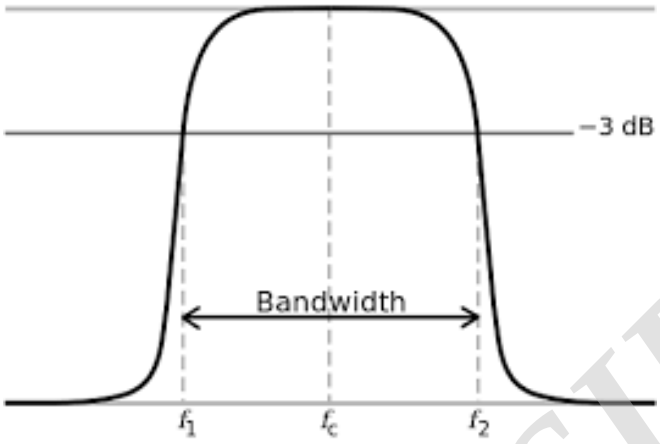
٦,٢,٤. تقویت کننده توان خروجی رادیو

توان خروجی *RF* چیپ *Atheros 93xx* در محدوده‌ای نیست که بتوان کاربردهای مورد نظر در پروژه سپهتن را به اجرا گذاشت. از طرفی براساس مقررات وضع شده در امریکا و اروپا لازم است ارتباط تجهیزات درون خودرو و تجهیزات کنار مسیر با استاندارد *802.11p* از فاصله ١٠٠٠ متری برقرار شود و این موضوع مستلزم آن است که تجهیزات درون خودرویی دارای توانی در حدود ٢٠ تا ٢٣*dbm* باشند. از این‌رو برای دستیابی به چنین توانی از یک چیپ تقویت کننده *RF* بنام *SE5003L* استفاده شده است. این چیپ برای افزایش توان رادیوهایی با استانداردهای *802.11a* و *802.11n* طراحی شده است. از این‌رو بواسطه مشابهت استاندارد *802.11a* و استاندارد *802.11p* طبیعتاً این استاندارد را نیز پشتیبانی می‌نماید.

باند فرکانسی این چیپ ٥,١٥ تا ٥,٨٥ گیگاهرتز می‌باشد. حد بالای این پهنای باند در مرز عملکرد استاندارد *802.11p* قرار دارد، البته در تجهیزات مخابراتی بطور معمول باند فرکانس کار تجهیزات برمبنای فرکانس قطع ٣*db*- پایین و بالا تعریف می‌شود که معمولاً به صورت شکل ٧٠ است.

Archive of SID

www.SID.ir



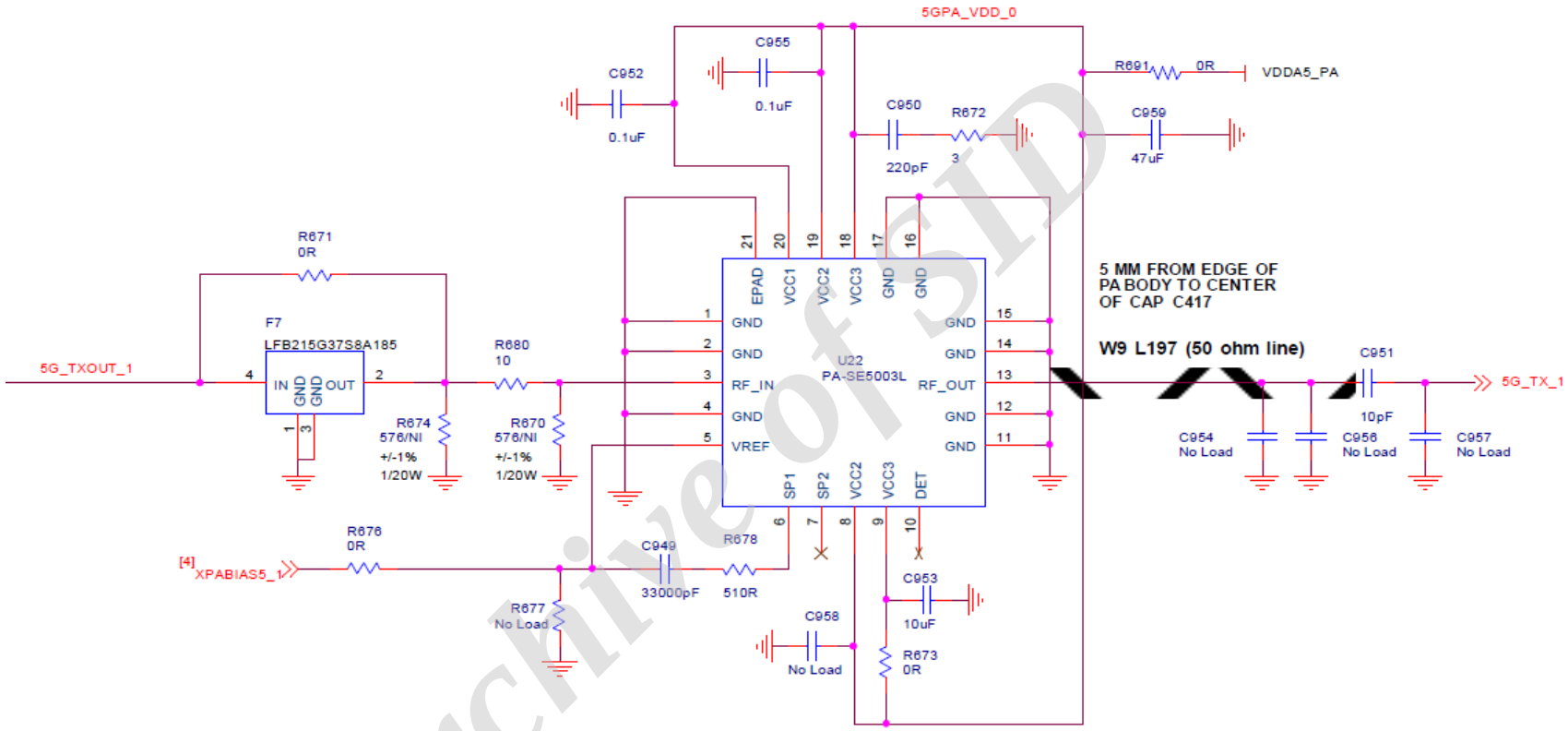
شکل ۷۰: باند فرکانس کار تجهیزات برمبنای فرکانس قطع ۳db-

همانطور که قابل مشاهده است فرکانس قطع بالا لزوماً به معنی عدم وجود پاسخ فرکانسی برای تجهیز یا سامانه از آن فرکانس به بعد نیست بلکه به این معنی است که پس از آن با پاسخ‌های ضعیف‌تری برای تجهیز یا سامانه مواجه خواهیم شد. این بدان معنی است که در چیپ ذکر شده در مجاورت فرکانس ۵٫۸۵۰GHz (بطور مثال ۵٫۸۶۰GHz) همچنان خروجی و پاسخ وجود خواهد داشت.

بررسی عملی نیز این موضوع را تأیید می‌کند. در بررسی نمونه ساخته شده از این چیپ توان خروجی در فرکانس‌های مورد استفاده در استاندارد 802.11p تا ۲۳dbm مشاهده گردید. شکل ۷۱ شماتیک اتصال این چیپ را برای تقویت توان خروجی چیپ رادیویی نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

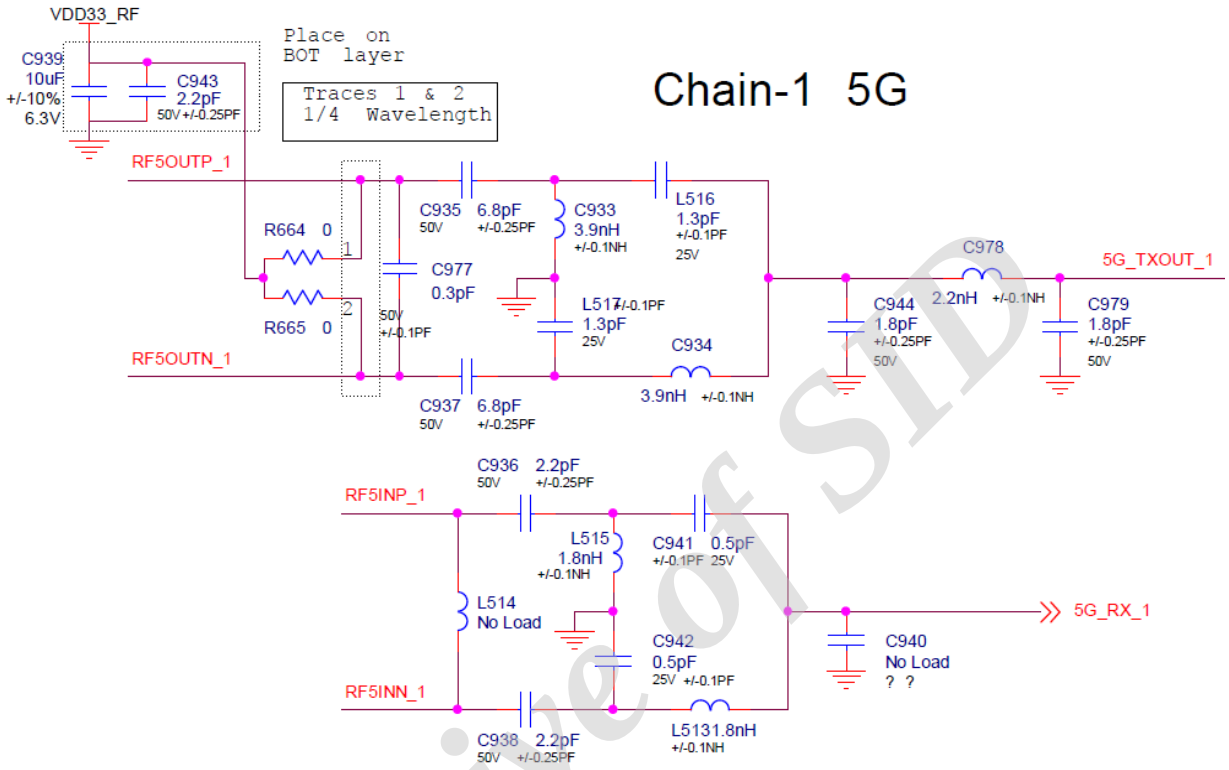


شکل ۷۱: شماتیک اتصال چیپ *SE5003L* برای تقویت توان خروجی

Archive of SID

www.SID.ir

چیپ پردازنده *Atheros 93xx* دارای دو رادیو فیزیکی جداگانه و به تبع آن دو خروجی برای اتصال به آنتن می‌باشد که اصطلاحاً به آن *chain* گفته می‌شود. شکل ۷۲ شماتیک مدار اتصال هر *chain* مطابق را نشان می‌دهد.



شکل ۷۲: شماتیک مدار اتصال یک *chain*

۶,۲,۵. ملاحظات ساخت کارت رادیویی

با توجه به اینکه ساخت کارت رادیویی توسط شرکت‌های ساخت مدار چاپی و مونتاژ قطعات الکترونیکی باید انجام شود، برای ساخت کارت رادیویی ملاحظاتی وجود دارد که لازم است براساس آن سازنده مورد نظر انتخاب گردد. بطور معمول شرکت‌های سازنده مدار چاپی بسته به فناوری مورد استفاده در ساخت مدار چاپی دارای محدوده عمل مشخصی می‌باشند که لازم است در انتخاب این شرکت‌ها مبنای عمل قرار گیرد. این محدودیت ناشی از ابعاد و اندازه‌های قطعات، پین‌های اتصال قطعات، تراکم خطوط اتصال[1] و ابعاد مدار چاپی است. همچنین با افزایش اتصالات بین پین‌ها گراف اتصالات به سمتی پیش می‌رود که امکان قرار گرفتن تمامی خطوط اتصال در یک لایه وجود نخواهد داشت و از این‌رو لازم است ساخت مدار چاپی در چند لایه انجام گیرد.

از این‌رو بطور معمول دو پارامتر در تعیین توانایی سازندگان مدار چاپی مطرح است که عبارتند از:

[1] *Track*

Archive of SID

www.SID.ir

- حداقل ابعاد قطعات مقاومت و یا خازن (طول * عرض):

برای بیان حداقل ابعاد قطعات بکار گرفته شده در مدار چاپی از کد متریک استفاده می‌شود که با ابعاد قطعه برحسب میلی متر تطابق دارد. بطور مثال ۰۶۰۳ بیان کننده طول ۰,۶ میلی متر و عرض ۰,۳ میلی متر می‌باشد. همچنین معادل کد متریک کد دیگری بنام *imperial* نیز تعریف می‌شود. جدول ۱۱ نمونه‌هایی از تطابق این دو کد را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱: تطابق دو کد متریک و *Imperial*

Metric	***Imperial***
0402	*01005*
0603	*0201*
1005	*0402*
1608	*0603*
2012	*0805*
2520	*1008*

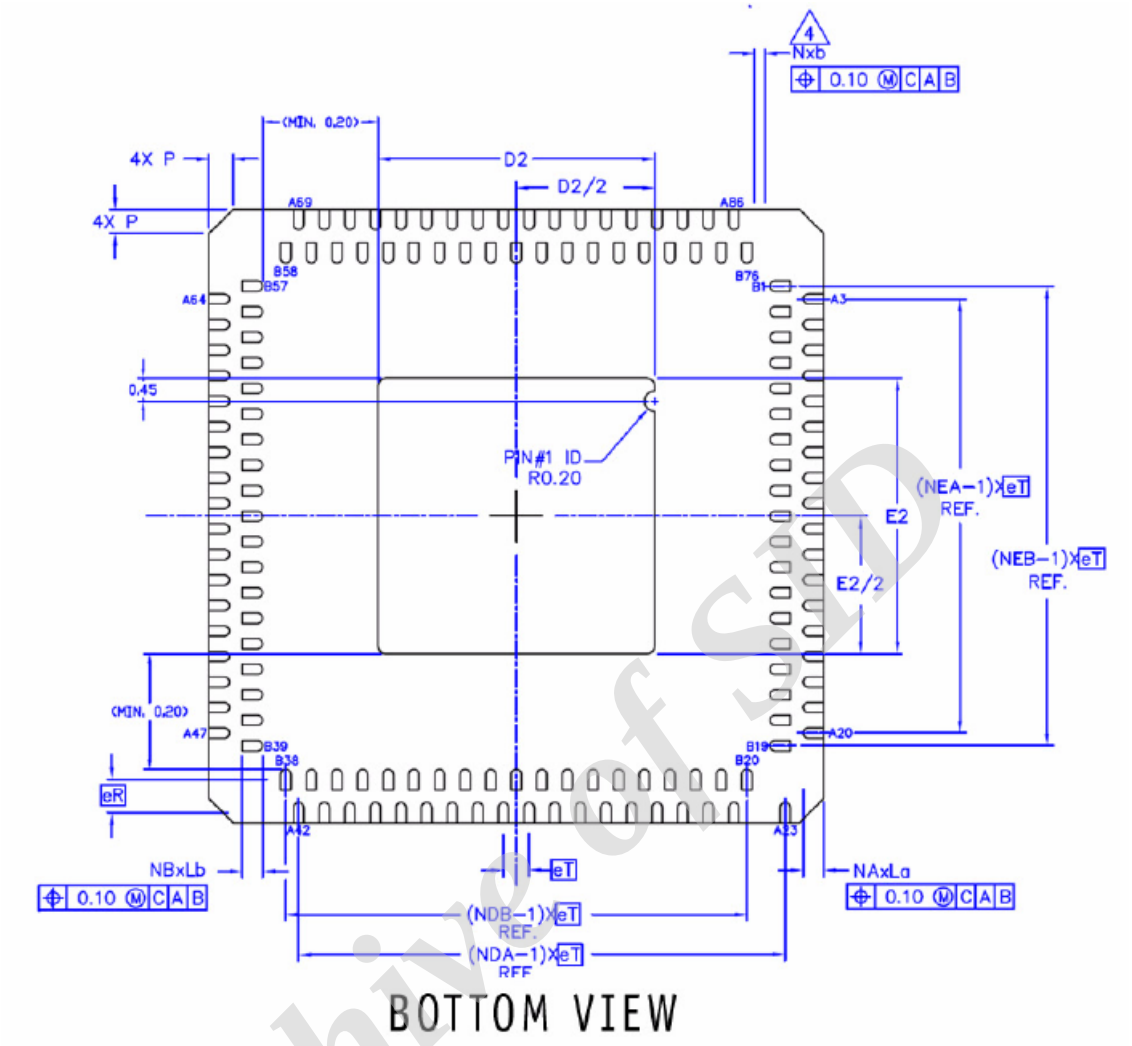
- تعداد لایه‌های قابل ساخت برای مدار چاپی

پکیج چیپ پردازنده از نوع *LPCC* با ابعاد *mm*۱۲ * *mm*۱۲ می‌باشد که پین‌ها بصورت دو ردیف پشت‌هم[1] می‌باشد. شکل ۷۳ پکیچ چیپ پردازنده را نشان می‌دهد.

[1] *Dual Row*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷۳: پکیج چیپ پردازنده *LPCC*

با توجه به ابعاد و چینش پین‌ها ابعاد خطوط اتصال برای این چیپ از ۰,۱۵*mm* تا ۰,۳۵*mm* می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه لازم است ابعاد کارت رادیویی تا حد ممکن کوچک باشد در ساخت کارت رادیویی برد استفاده از قطعات *SMD* با کد *imperial* ۰۴۰۲ مدنظر قرار گرفت. در این استاندارد ابعاد قطعات در محدوده ۱,۰*mm*در ۰,۵*mm* قرار دارد.

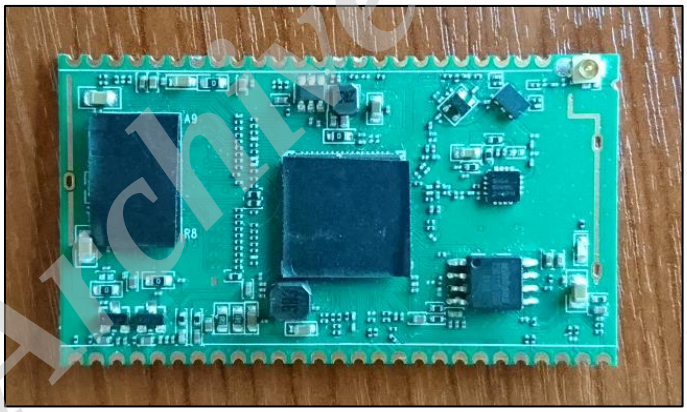
همچنین با توجه به تعداد و تراکم خطوط اتصال لازم است ساخت کارت رادیویی در ٤ لایه انجام گیرد. با توجه به محدودیت‌های ذکر شده فناوری مورد استفاده شرکت سازنده باید قابلیت‌ها و محدوده‌های ذکر شده را تحت پوشش قرار دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جمع بندی

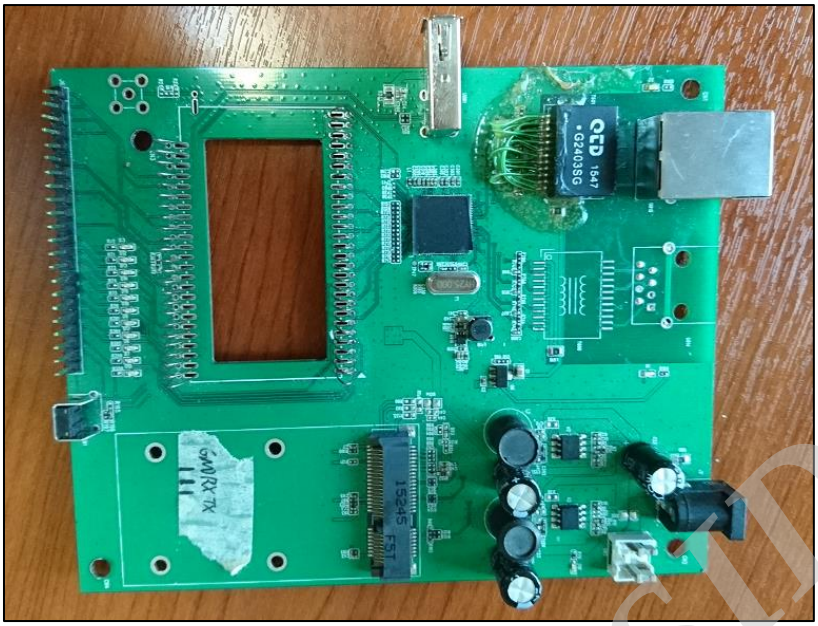
در مراحل ٦ گانه مقطع اول روش‌هایی که امکان ساخت کارت رادیویی برد رادیویی مطابق با نیاز مطرح شده در پروژه سپهتن مورد بررسی قرار گرفت. در این بررسی ساخت کارت رادیویی بصورت ماژولار و یا ساخت کلی کارت مورد مطالعه قرار گرفت و از میان روش‌های موجود با توجه به محصولات موجود در بازار روش ساخت کارت رادیویی کلی کارت با استفاده از چیپ‌های متداول *WiFi* با قابلیت پیکربندی مشخصه‌های رادیویی و از نوع *SOC* انتخاب گردید. پس از آن چیپ مورد نظر از میان مجموع چیپ‌های شرکت *Atheros* به‌لحاظ ملاحظات فنی انتخاب و روش ساخت مورد بررسی قرار گرفت. همچنین شناسایی روش سفارشی‌سازی سیستم‌عامل و درایور کارت رادیویی قبل از ساخت آن بر روی پلتفرم‌های مشابه موجود در بازار تجهیزات رادیویی مورد آزمون قرار گرفت. علاوه بر این، برای اطمینان از قابلیت‌های مورد انتظار از این چیپ آزمون‌های متعدد آزمایشگاهی و میدانی با استفاده از پلتفرم‌های ذکر شده انجام گردید که نتایج بدست آمده صحت انتخاب انجام شده را مورد تأیید قرار می‌داد. در نهایت فرآیند طراحی مدارات با توجه به نیازمندی‌های سخت‌افزاری انجام و نمونه اولیه محصول ساخته شد. شکل ٧٤: **نمونه‌کارت *JDSRC*** نمونه اولیه این کارت رادیویی، شکل ٧٥ کیت آزمون آن و در نهایت شکل ٧٦ کارت رادیویی بر روی کیت آزمون آن را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است این کارت به مناسبت ساخت کارت رادیویی آن در جهاد دانشگاهی و فناوری *DSRC* کارت رادیویی *JDSRC* نامگذاری شد.



شکل ٧٤: نمونه‌کارت *JDSRC*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۷۵: کیت آزمون

شکل ۷۶: نمونه کارت *JDSRC* که بر روی کیت آزمون سوار شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

مقطع دوم

۷.پیشگفتار گزارش مقطع دوم

همانطور که در انتهای گزارش مقطع اول به آن اشاره شد، نمونه اولیه کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* ساخته و به همراه کیت آزمون آن قابل بهره‌برداری گردید. شکل ۷۷ نمونه کارت رادیویی به همراه کیت آزمون آن را نشان می‌دهد.

شکل ۷۷: نمونه کارت رادیویی به همراه کیت آزمون

برای آزمون عملکرد مناسب این کارت ابتدا باید این کارت راه‌اندازی شود. برای راه‌اندازی این کارت نیز ابتدا باید سیستم‌عامل آن آماده‌سازی گردد. منظور از آماده‌سازی، پیکربندی و سفارشی‌سازی سیستم‌عامل به نحوی است که عملکردهای مورد نیاز از آن قابل اجرا گذاشته باشد. این عملکردها علاوه بر وظیفه اصلی این کارت رادیویی برای ایجاد ارتباط با استاندارد *802.11p* می‌باشد. از جمله این نیازمندی‌ها ارتباط با تجهیزات دیگر از جمله تجهیزات *AVL*[1]

[1] *Automatic Vehicle Location*

Archive of SID

www.SID.ir

پروژه سپهتن، پخش صوت و همچنین برخی از ابزارهایی است که برای کنترل عملکرد کارت رادیویی و اجرای کاربردهای مختلف ضروری می‌باشد. در گزارش این مقطع ابتدا فرآیند سفارشی‌سازی تشریح خواهد شد. سپس آزمون‌های آزمایشگاهی ماژول رادیویی و مراحل ساخت محصول نهایی بیان خواهد شد.در ادامه گزارش نیز تجهیزات جانبی، نرم‌افزارهای مورد نیاز و مراحل انتقال فایل به تجهیزات مستقر در پاسگاه و آزمون‌ها و تأییدیه‌های انجام‌شده تشریح خواهند شد.

Archive of SID

www.SID.ir

۸. سفارشی‌سازی سیستم‌عامل

۸,۱ مقدمه

یکی از مراحل اصلی در سفارشی‌سازی سیستم‌عامل لینوکس پیکربندی کرنل و ماژول‌های آن می‌باشد. در سیستم‌عامل لینوکس ساختار کرنل به دو صورت می‌تواند قابلیت مورد نیاز را از یک درایور به کار بگیرد. اول بصورت یکپارچه در فایل کرنل و دوم بصورت ماژول‌های مستقل که در این صورت و در زمانی که نیاز به آنها باشد امکان بارگذاری آنها در حالی که سیستم‌عامل فعال است وجود خواهد داشت. روش اول در زمانی پرکاربرد می‌باشد که عملاً تمامی قابلیت‌های مورد نیاز در تمامی زمان‌ها مورد نیاز باشد و عملاً نیازی به فعال و غیرفعال کردن آنها نباشد. روش دوم در شرایطی کاربرد دارد که این احتمال وجود داشته باشد که در شرایطی برای حفظ منابع پردازشی از بارگذاری بی‌مورد این ماژول‌ها، بتوان بخشی از ماژول‌ها را غیرفعال نمود و از اشغال بی‌مورد منابع پردازشی جلوگیری کرد. همچنین برای آماده‌سازی سیستم‌عامل علاوه بر سفارشی‌سازی کرنل لازم است اجزاء نرم‌افزاری مورد نیاز برای کاربردهای مختلف نیز به آن اضافه شود. در این بخش مراحل سفارشی‌سازی سیستم‌عامل براساس این دو جنبه تشریح خواهند شد. به همین منظور در بخش بعد ابتدا نحوه پیکربندی یک کرنل ماژول برای ارتباطات با پروتکل *SPI* تشریح خواهد شد و سپس پیکربندی لازم برای برخی قابلیت‌های نرم‌افزاری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۸,۲ مراحل سفارشی‌سازی سیستم عامل

۸,۲,۱ راه‌اندازی واسط ارتباطی *SPI* بر روی واسط *GPIO*

یکی از ویژگی‌های مورد نیاز برای کارت رادیویی در پروژه سپهتن، ارتباط از طریق واسط *SPI* بین کارت رادیویی و تجهیزات *AVL* می‌باشد که باید توسط سیستم‌عامل پشتیبانی شود. درگاه *SPI* درگاهی است که بطور پیش‌فرض در بسیاری از پردازنده‌ها تعریف نشده است و لیکن می‌توان برحسب نیاز با پیکربندی درگاه‌های *GPIO*، از آنها برای ورود یا خروج داده طبق برخی از پروتکل‌ها از جمله *SPI* استفاده نمود. از این درگاه بطور معمول برای پیکربندی انتقال سریال استفاده می‌شود. از اینرو لازم است ماژول *spi-gpio-custom* برای راه اندازی ارتباط *SPI* بر روی واسط‌های ارتباطی *GPIO* اضافه شود. برای راه اندازی *SPI* از طریق پورت های *GPIO* نیاز به ماژول *kmod-spi-gpio-custom* وجود دارد. نحوه استفاده از این ماژول در داخل سیستم‌عامل به صورت زیر می باشد:

```
#insmod spi-gpio-custom BUS=ID,SCK,MOSI,MISO,MODE,FREQ,CS
```

توضیحات مربوط به پارامترهای دستور فوق به شرح زیر می‌باشد:

BUS — SPI bus number, can be bus0, bus1, bus2, bus3
ID — SPI device ID (integer number)

Archive of SID

www.SID.ir

SCK, MOSI, MISO — GPIO numbers for the corresponding SPI signals
MODE — SPI mode (0, 1, 2 or 3)
FREQ — max SPI frequency (Hz)
CS — GPIO number for the CS signal (optional)

در صورت بارگزاری موفق ماژول آدرس جدیدی تحت عنوان */dev/spidev<bus>.<id>* ایجاد خواهد شد که به عنوان واسط ارتباطی *SPI* می‌توان از آن استفاده نمود.

به طور مثال برای راه اندازی *SPI* با مشخصاتی نظیر *bus = 1, ID = 0, SCK = GPIO18, MOSI = GPIO19, MISO = GPIO 20, SPI mode 0, max frequency 100 kHz, CS = GPIO23:* از دستور زیر استفاده می کنیم.

```
#insmod spi-gpio-custom bus0=1,13,14,15,0,100000,16
```

۸,۲,۲ پیکربندی اجزاء نرم‌افزاری مورد نیاز

در این بخش تغییرات اجزاء و یا پیکربندی آنها در سیستم‌عامل تشریح می‌شود. برخی از اجزاء مورد نیاز بر روی سیستم‌عامل اضافه و برخی موارد که نیازی به آنها وجود نداشت حذف گردیدند. همچنین برخی پیکربندی‌ها برای کنترل بهتر کارت نیز به انجام رسید.

- اضافه کردن اجزاء مورد نیاز برای امن‌سازی ارتباطات:

پروتکل *TLS* برای امن‌سازی ارتباطات بر روی این کارت رادیویی مورد انتخاب قرار گرفت. از اینرو کتابخانه *Libopenssl* به منظور بر قراری ارتباط ایمن بر بستر *TCP* به سیستم‌عامل اضافه گردید. این کتابخانه از متداول‌ترین کتابخانه‌های مورد استفاده برای ارتباط برمبنای پروتکل *TLS* می‌باشد.

- اضافه کردن ابزار *ldconfig*:

از این ابزار به منظور معرفی کتابخانه‌ها و مسیرهای قرار گیری آنها به سیستم عامل استفاده می‌شود.

- پیکربندی *bootloader*:

ابزار *uboot* به عنوان *bootloader* بسیاری از سیستم‌عامل‌های تعبیه شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. در اینجا نسخه سفارشی سازی شده‌ای از این ابزار جایگزین نسخه پیش فرض شده گردید. این ابزار می‌تواند توسط *ROM* و یا *BIOS* از طریق حافظه *SD* و یا درایو *SATA* و یا *NOR Flash* بارگذاری شود. این ابزار دارای انعطاف خوبی در زمان بارگذاری برای شرایطی است که فضای مناسبی برای بارگذاری کامل آن فراهم نباشد. به اینصورت که می‌تواند در دو مرحله بارگذاری شود. ابتدا بخش ساده شده اولیه آن که پیکربندی ادوات مهم سیستم همچون

Archive of SID

www.SID.ir

حافظه اصلی را انجام می‌دهند به اجرا در می‌آیند و دست آخر بخش دوم *bootloader* را برای قابلیت‌های کامل‌تر بارگذاری و اجرا می‌کند.

- ابزار ثبت *log:*

برای ثبت رخدادهای سیستم‌عامل ابزاری برای این منظور مورد نیاز می‌باشد. برای این منظور ابزار *logrotate* به دلیل خصوصیات خوب آن در کنترل فضای ثبت رخداد در سامانه‌های تعبیه شده، انتخاب گردید. این ابزار با تعیین حداکثر مقدار حجم فایل ثبت رخداد، مانع از پر شدن فضای حافظه می‌شود و در صورت پر شدن فضای تعیین شده، رخدادهای جدید را جایگزین رخدادهای قدیمی‌تر می‌نماید.

- اضافه کردن ابزار های مدیریت شبکه نظیر:

همانطور که در گزارش مقطع اول اشاره شد، لازم است برخی از ابزارهای مدیریت شبکه‌های بی‌سیم که قابلیت استفاده در شبکه‌های خودرویی نیز دارند، بر روی سیستم‌عامل قرار گیرد. از جمله این ابزارها می‌توان به *iw*، *iwinfo* و *iwlist* اشاره کرد. این ابزارها از کتابخانه *libnl* استفاده می‌کنند که به همین دلیل این کتابخانه نیز به سیستم‌عامل اضافه گردید.

- ابزاری برای دیباگ از راه‌دور:

برای تسهیل در دیباگ در برخی مواقع لازم است امکان دیباگ از راه دور در سیستم‌عامل وجود داشته باشد. برای این منظور ابزاری بنام *gdbserver* مورد استفاده قرار می‌گیرد که به سیستم‌عامل اضافه شد.

- حذف اجزاء اضافی:

یکی از اجزایی که نیازی به استفاده از آن نمی‌باشد و از جمله ابزارهای مدیریت شبکه می‌باشد، ابزار *dnsmasq* است که وظیفه آن تخصیص پویای آدرس های شبکه می‌باشد که با توجه به اینکه کارت رادیویی به صورت مستقل عمل می‌کند و نیازی به این سرویس ندارد این ابزار حذف گردید.

-پیکربندی خدمات *SSH*:

خدمات *SSH*، به منظور دسترسی از راه‌دور مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کارت رادیویی این ابزار امکان دسترسی از یک دستگاه دیگر را با استفاده از واسط شبکه(*Ethernet* و یا *WLAN*) فراهم می‌کند. برا پیکربندی آن در این بخش اطلاعات مربوط کاربر، نظیر اسم دستگاه راه‌دور و شکل ظاهری پس زمینه در هنگام ورود از طریق *SSH* پیکربندی گردید.

-از کار انداختن خدمات *NTP*

چون امکان تنظیم ساعت کارت رادیویی از طریق هیچ تأمین‌کننده خدمات *NTP* وجود ندارد، این خدمات متوقف گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

- محدودسازی ارتباطات شبکه ای و ایمن سازی دسترسی به کارت رادیویی

از آنجا که این امکان وجود دارد که کارت رادیویی در اختیار افراد مختلف با انگیزه‌های نامعلوم و بعضا تجاری قرار گیرد، محدودسازی دسترسی به پیکربندی درون آن می‌تواند مخاطره افشاء روش را به حداقل کاهش دهد. برای این منظور یکی از نقاط دسترسی از طریق درگاه سریال مسدود گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

۹.آزمون‌های آزمایشگاهی ماژول رادیویی و ساخت محصول نهایی

۹,۱. مقدمه

قبل از ساخت نهایی محصول لازم بود از عملکرد صحیح ماژول ساخته شده اطمینان حاصل شود. از اینرو پس از سفارشی‌سازی سیستم‌عامل آزمون‌هایی در محیط آزمایشگاه برای حصول اطمینان از عملکرد مناسب ماژول طراحی شده به اجرا گذاشته شد. که در این بخش به آن پرداخته می‌شود.

۹,۲. آزمون عملکرد ماژول رادیویی

در این آزمون‌ها دستگاه *WDR3600* شرکت *TP-Link* که در مرحله اول این طرح راه‌اندازی گردید، بعنوان تجهیز مرجع برای آزمون‌های مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت. تصویر این تجهیز در شکل ۷۸ قابل مشاهده است. این آزمون‌ها مشابه آزمون‌هایی بود که در مرحله اول برای صحت عملکرد همین تجهیز بکار گرفته شد که در اینجا تنها اجمالاً به آن اشاره خواهد شد.

شکل ۷۸: تجهیز *WDR3600*

قبل از شروع آزمون‌ها ماژول رادیویی و تجهیز ذکر شده، پیکربندی‌های زیر بر روی این تجهیزات توسط دستور *iw* انجام گرفت (این پیکربندی مشابه پیکربندی تشریح شده در صفحه ۲۶ و ۲۷ گزارش مرحله اول می‌باشد):

- پیکربندی مربوط به رگولاتوری کشور ایران
- پیکربندی مد *OCB* بر روی کارت رادیویی
- فعال سازی کارت رادیویی تنظیم فعالیت بر روی یک کانال واحد در یکی از ۷ کانال مورد استفاده در استاندارد *802.11p*

Archive of SID

www.SID.ir

۹,۲,۱. آزمون *ping*

این آزمون به منظور بررسی امکان برقراری ارتباط بین دستگاه *TP-link* با ماژول رادیویی ساخته شده به اجرا گذاشته شد. با اجرای صحیح این آزمون صحت عملکرد موارد زیر در ماژول طراحی شده مورد تأیید واقع شد:

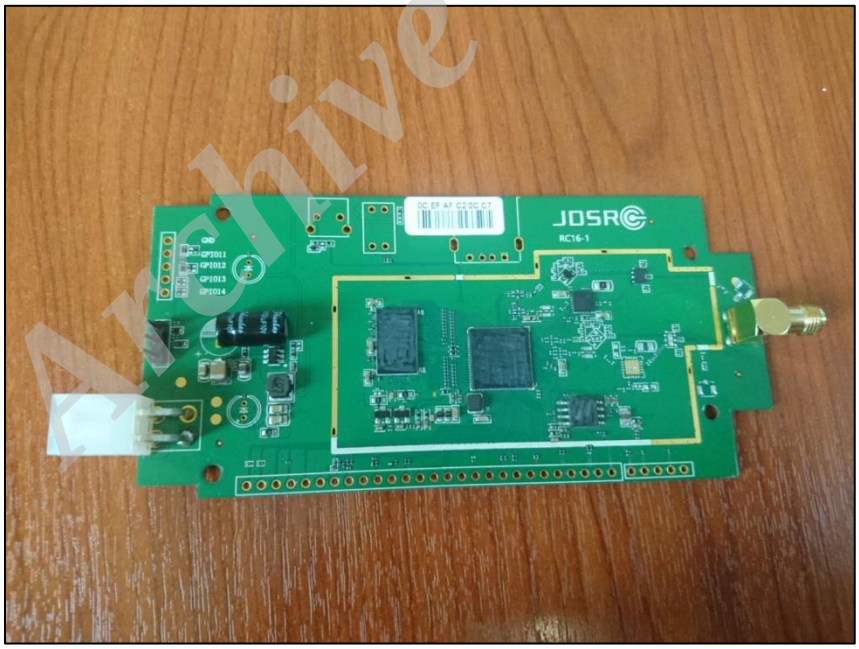
- پیکربندی صحیح رگولاتوری و کانال بر روی ماژول رادیویی
- پیکربندی و ارتباط صحیح در لایه ۲ (*MAC*)
- پیکربندی صحیح و ارتباط در لایه ۳ (شبکه)

۹,۲,۲. آزمون قابلیت اطمینان لینک (*link Reliability*)

اجرای صحیح این آزمون اطمینان از عملکرد صحیح ماژول رادیویی را در یک ارتباط مستمر نشان می‌دهد. این آزمون نیز مشابه آزمون عملکرد تجهیز *WDR3600* در مرحله اول (تشریح شده در بند ۲-۳-۲) می‌باشد.

۹,۳. ساخت کارت رادیویی

پس از اطمینان از عملکرد صحیح ماژول رادیویی ساخت برد رادیویی با اتصالات لازم در دستور کار قرار گرفت که در نهایت به ساخت برد رادیویی *JDSRC* منجر گردید. شکل زیر نمونه‌ای از این برد را نشان می‌دهد.



شکل ۷۹: نمونه‌ای از برد رادیویی *JDSRC*

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰. تجهیزات جانبی مورد نیاز

۱۰,۱. مقدمه

برای راه‌اندازی کارت رادیویی در شرایط عملیاتی نیاز به تجهیزات جانبی می‌باشد که عبارتند از: مبدل واسط *TTL* به *RS-232* ، جعبه و آنتن که در این بخش به آنها پرداخته خواهد شد.

۱۰,۲. جعبه

انتخاب و یا ساخت جعبه برای یک تجهیز الکترونیکی تابع ملاحظاتی است که می‌بایست مدنظر قرار گیرد که در اینجا بدان اشاره خواهد شد.

- ابعاد جعبه

هر چند ابعاد کارت رادیویی تا حد ممکن کوچک است لیکن با توجه به اینکه از الزامات تعیین شده برای کارت رادیویی در پروژه سپهتن استفاده از اتصالات(*Connector*) خودرویی است و همچنین نیاز به استفاده از ماژول مبدل *TTL* به *RS-232* وجود دارد، ابعاد جعبه تقریبا دو برابر اندازه کارت رادیویی خواهد شد.

- ساخت یا خرید جعبه

هم‌اکنون امکان خرید جعبه‌های آماده با قیمت‌های نسبتاً مناسب وجود دارد. لیکن بدلیل اینکه ابعاد کاملا مشخصی برای آنها وجود دارد، امکان بهینه‌سازی اندازه کلی محصول فراهم نمی‌باشد. بررسی نمونه محصول‌های موجود در بازار منجر به شناسایی جعبه مناسب و بهینه به‌لحاظ ابعاد نگردید. از اینرو روش‌های ساخت مورد بررسی قرار گرفت.

- ملاحظات اقتصادی ساخت جعبه

قیمت تمام شده در روش‌های مختلف ساخت تابع حجم تولید می‌باشد. در ساخت جعبه از فلزاتی همچون ورق آهن و آلومینیوم و همچنین از پلاستیک استفاده می‌شود. در صورت استفاده از پلاستیک لازم است از قالب‌های تزریقی استفاده شود که در بدو امر هزینه زیادی را در بر دارد. لیکن در صورتی که تولید در حجم بالا (بطور مثال بیش از ۱۰۰۰۰ عدد) مد نظر باشد، بدلیل کاهش هزینه سربار ساخت قالب بر روی تعداد زیاد جعبه تولید شده قیمت تمام شده محصول به شدت کاهش می‌یابد و از اینرو روش دلخواه برای تولید کنندگان با حجم انبوه تجهیزات الکترونیکی می‌باشد. از طرفی این روش ساخت موجب کاهش وزن و زیبایی بسیار بیشتری برای محصول می‌شود.

با توجه به ساخت نمونه‌های اولیه کارت رادیویی در تیراژ محدود (در حدود ۱۰۰ عدد) برای اجرای فرآیندهای آزمون‌ها و دریافت تأییدیه‌ها، استفاده از روش ساخت قالب‌های تزریقی پلاستیک نمی‌تواند صرفه اقتصادی داشته باشد. همچنین با توجه به قیمت بالای جعبه‌های آلومینیومی، ساخت با ورق آهن مد نظر قرار

Archive of SID

www.SID.ir

گرفت. شکل‌های ۸۰ و ۸۱ نمونه ساخته شده این جعبه و همچنین جعبه پس از قرارگیری کارت رادیویی در آن را نشان می‌دهد.

شکل ۸۰: جعبه کارت رادیویی در حالت باز

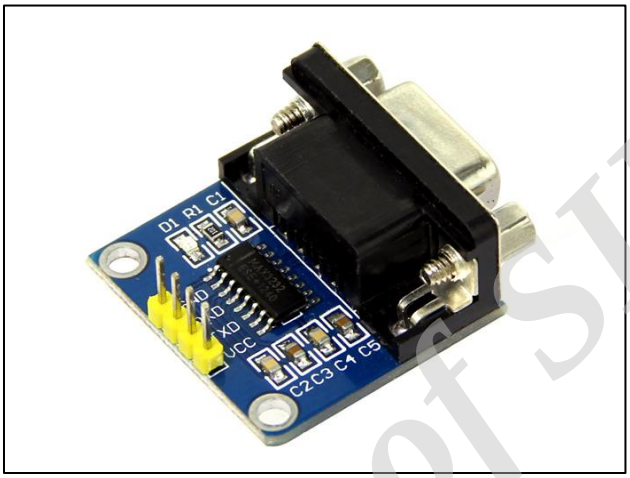
شکل ۸۱ :جعبه محتوی کارت رادیویی

Archive of SID

www.SID.ir

۱۰،۳. مبدل *TTL* به *RS 232*

برای اتصال میان کارت رادیویی و تجهیزات *AVL* علاوه بر واسط *SPI*، واسط *RS-232* نیز توسط سازمان راهداری مطرح گردیده است که به واسطه عمومیت آن در ارتباط میان تجهیزات از سوی شرکت‌های فعال در زمینه ساخت کارت رادیویی تجهیزات *AVL* مورد استقبال بیشتری قرار گرفته است. با توجه به وجود واسط *TTL* در برد رادیویی از ماژولی برای تبدیل این واسط به واسط *RS-232* استفاده گردید. شکل ۸۲ این ماژول را نشان می‌دهد.

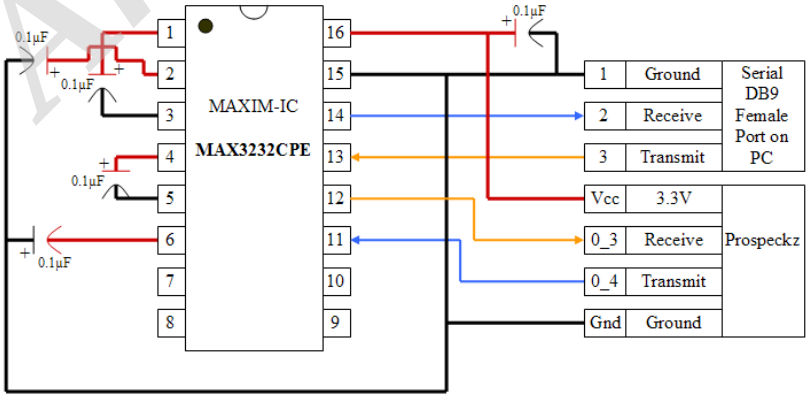


شکل ۸۲: ماژول تبدیل واسط *TTL* به *RS-232*

مشخصات کلی این ماژول به قرار زیر است:

Chip Model: MAX3232CSE
Voltage Range: 3~5V
Max. Baud Rate: No more than 120 kbps
Dimension: 15.875mm x 9.398mm x 2.54mm

همچنین شکل ۸۳ شماتیک این برد را نشان می‌دهد:



شکل ۸۳: شماتیک برد مبدل *TTL* به *RS-232*

Archive of SID
www.SID.ir

۱۰,٤. آنتن

الزامات خاصی برای آنتن عملاً در پروژه در نظر گرفته نشده است. بررسی‌های انجام گرفته امکان استفاده از آنتن‌های معمول *WiFi* در باند ۲,٤ و ۵ تا ٦ گیگاهرتز مورد استفاده قرار می گیرند را که سابق بر این در پروژه ارتباطات هوشمند خودرویی مورد استفاده قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهد.

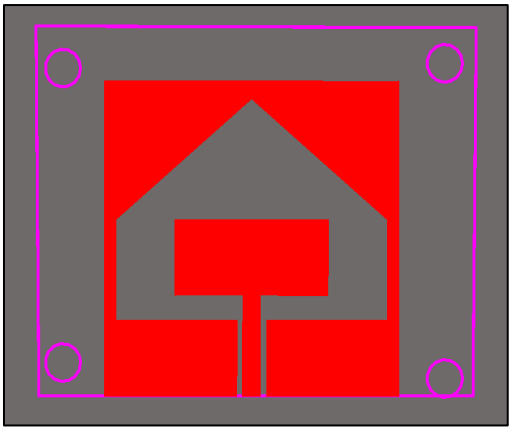
شکل ۸٤ نمونه‌ای از این نوع آنتن را نشان می‌دهد.

شکل ۸٤: آنتن تمام جهته

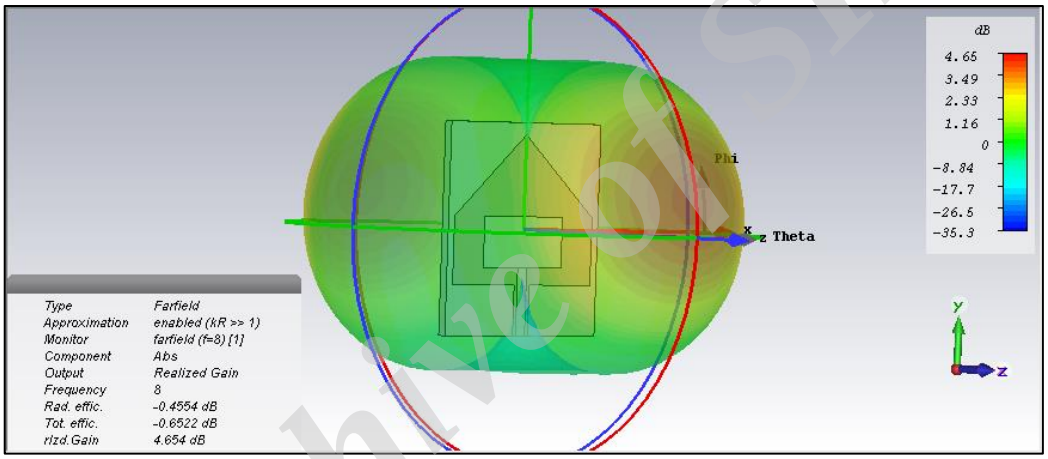
همچنین بررسی بیشتر به‌لحاظ فنی نشان می‌دهد با توجه به نوع کاربرد که نیازمند ارتباطی میان فضای جلوی خودرو (محل قرارگیری کارت رادیویی) و تجهیزات مستقر در پاسگاه در زمانی است که خودرو به پاسگاه نزدیک می‌شود، الزامی به استفاده از آنتن‌های تمام جهته مشابه آنتن ذکر شده وجود ندارد، چون ارتباطی در جهت عقب یا عمود بر مسیر حرکت وجود ندارد. از این‌رو ساخت کارت رادیویی آنتن جهت‌دار در دستور کار قرار گرفت. دلیل این ام آن است که می‌توان الگوی انتشار را به سمت مورد نظر متمرکز نمود تا برد بیشتری در انتشار امکان‌پذیر باشد. همچنین می‌توان حساسیت آنرا در دریافت امواج از جهت خاص افزایش داد که خود به افزایش برد از ناحیه افزایش توانایی دریافت امواج تجهیزات مستقر در پاسگاه می‌انجامد. شکل ۸۵ و۸٦ نمونه‌ای از *PCB* آنتن‌های طراحی شده با گین بالا از این نوع را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸۵: طرح آنتن جهت دار با گین بالا



شکل ۸۶: پترن تشعشعی آنتن جهت‌دار با گین

Archive of SID

www.SID.ir

۱۱. طراحی و توسعه نرم‌افزارهای مورد نیاز

۱۱,۱. مقدمه

کارت رادیویی برای انجام وظایف خود مطابق با اهداف پروژه، نیازمند مجموعه‌ای از نرم‌افزارها می‌باشد که در کنار یکدیگر امکان اجرای کاربردهای مورد نظر پلیس راهور را فراهم نماید. کاربرد اول که کاربرد محوری و اصلی می‌باشد انتقال فایل رخدادهای ثبت شده توسط تجهیزات *AVL* به سامانه نرم‌افزاری مورد استفاده پلیس راهور برای نظارت بر تخلفات خودروهای عبوری می‌باشد. کاربرد دوم ارسال دستورات مورد نظر پلیس راهور به خودروهای می‌باشد. در کاربرد اول چند نرم‌افزار مختلف مورد نیاز است که عبارتند از:

- نرم افزار انتقال داده‌های ثبت شده در تجهیزات *AVL* به کارت رادیویی
- نرم‌افزار انتقال فایل از کارت رادیویی به تجهیزات کنارمسیر(*RSU*)
- نرم‌افزار انتقال فایل از تجهیزات کنار مسیر به سامانه‌نرم‌افزاری

هر چند به نظر می‌رسد نرم‌افزار سوم عملاً با کارت رادیویی ارتباطی ندارد لیکن بدلیل آنکه هر گونه امکان آزمون عملیاتی کارت رادیویی منوط به راه‌اندازی این بخش می‌باشد لازم بود در خصوص توسعه آن در کنار بقیه موارد ذکر شده اقدام صورت گیرد. همچنین در کاربرد دوم نیاز است امکانی فراهم شود تا در صورت نیاز در آینده امکان ارسال دستور از سامانه‌نرم‌افزاری مستقر در پاسگاه به کارت رادیویی فراهم شود. این کاربرد نیز دارای دو بخش نرم‌افزاری در کارت رادیویی و تجهیزات کنار مسیر می‌باشد. در این بخش مروری بر ویژگی‌های نرم‌افزارهای مورد نیاز برای دو کاربرد اشاره شده، خواهیم داشت.

۱۱,۲. ارتباطات سریال میان تجهیزات *AVL* و کارت رادیویی

برای انتقال فایل میان تجهیزات خودرویی مورد استفاده در پروژه سامانه پایش هوشمند تردد ناوگان (که در این متن تجهیزات *AVL* خوانده می‌شود) و کارت رادیویی مستقل *DSRC* مبتنی بر استاندارد *IEEE 802.11p* (که آن را *JDSRC* می‌نامیم) روش‌های مختلفی را می‌توان بیان کرد. در این بخش به شرح فرآیند انتقال سریال بین *AVL* و *DSRC* می‌پردازد. این فرآیند یک فرآیند دوطرفه است که هر کدام از طرفین می‌تواند به دیگری داده ارسال کند.

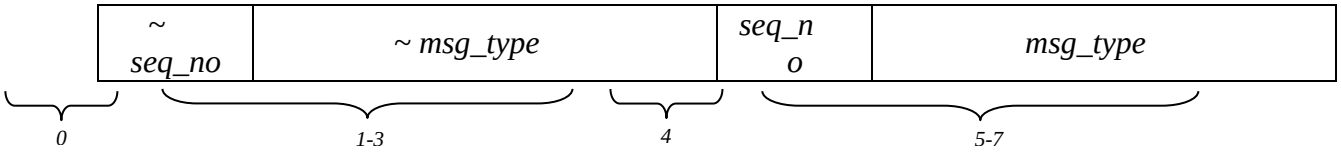
قبل از پرداختن به فرآیند انتقال اطلاعات لازم به ذکر است که هر بسته‌ای که از طریق این پروتکل منتقل خواهد شد شامل بایتی با مقدار *0x4a* است که نشان‌دهنده‌ی شروع سرآمد[1] بسته است و در این سند با نماد *ST_SOH* نشان داده می‌شود. بعد از این بایت فیلدی به عنوان سرآمد بسته قرار می‌گیرد که اندازه آن یک بایت است و هر بیت آن مفهوم متفاوتی می‌تواند داشته باشد. ساختار سرآمد بسته‌ها در جدول ۱۲ نشان داده شده است:

[1] *header*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۲: ساختار سرآمد بسته



در جدول بالا بیتی که با عنوان *seq_no* نشان داده شده است، شماره‌ی بسته را مشخص می‌کند و با یکی از مقادیر صفر یا یک مقداردهی می‌شود. سه بیت بعدی مشخص کننده‌ی نوع بسته است. نوع بسته یکی از مقادیر *0x20*، *0x40*، *0x60*، *0x80*، *0xa0*، *0xc0* و *0xe0* می‌تواند باشد که به ترتیب نشان‌دهنده‌ی نوع بسته‌ی مقدمه[۱]، داده[۲]، نسخه[۳]، تأیید[٤]، عدم تأیید[٥]، اعلام آمادگی برای دریافت[٦] و شروع به کار[۷] هستند که در جدول ۲ نمایش داده شده‌اند. در چهار بیت اول سرآمد، نقیض چهار بیت دوم قرار خواهد گرفت که هنگام دریافت بسته در مقصد، با بررسی این چهار بیت معتبر بودن یا نبودن آن مشخص خواهد شد. از این سیاست برای تشخیص خطاهای احتمالی که در حین انتقال رخ خواهد داد استفاده می‌شود. این مقداردهی‌ها چه در سمت *AVL* و چه در سمت *DSRC* انجام می‌شود. خاطر نشان می‌شود که در تمام مراحل فرآیند انتقال، فیلدهای با اندازه بیشتر از یک بایت به صورت *BigEndian* منتقل می‌شوند. از بین انواع گفته شده بسته‌های تأیید، عدم تأیید، شروع به کار و آمادگی برای دریافت تنها شامل فیلدهای *SOH* و سرآمد هستند که در ***Error! Reference source not found.***نشان داده شده است. این بسته‌ها با مقداردهی متفاوت فیلد سرآمد از هم متمایز می‌شوند. بسته‌های مقدمه، داده و ورژن علاوه بر این دو فیلد دارای قسمت بار مفید و *crc* نیز هستند که ساختار این بسته‌ها در جداول ١٤ تا ١٧ نشان داده شده است. ساختار کلی این بسته‌ها نیز در جدول ۱۳ نمایش داده شده است. محتویات این جدول با فرض شماره ترتیب صفر است.

جدول ۱۳: انواع بسته و مقادیر معادل آنها

Name	*Value*
Preamble	*0x20*
Data	*0x40*
Version	*0x60*
ACK	*0x80*
NACK	*0xa0*
RTR	*0xc0*
STW	*0xe0*

[1] *preamble*
[2] *data*
[3] *version*
[4] *Acknowledge (ACK)*
[5] *Not Acknowledge (NACK)*
[6] *Ready To Receive (RTR)*
[7] *Start To Work (STW)*

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ١٤: ساختار بسته‌ی تأیید، عدم تأیید، شروع به کار و آمادگی برای دریافت

	SOH	*Header*
Size (in byte)	*1*	*1*

جدول ١٥: ساختار بسته مقدمه

	SOH	*header*	*id*	*Data type*	*Len*	*crc*
Size (in byte)	*1*	*1*	*2*	*1*	*4*	*2*

جدول ١٦: ساختار بسته داده

	SOH	*header*	*Data*	*crc*
Size (in byte)	*1*	*1*	*Len*	*2*

جدول ١٧: ساختار بسته ورژن

	SOH	*header*	*Version*	*crc*
Size (in byte)	*1*	*1*	*1*	*2*

جدول ١٨: ساختار کلی انواع مختلف بسته و مقادیر آنها

Message type	***Message fields (size)***					
	SOH	*Header (contain sequence number and message type)*	***Payload***			***CRC***
Preamble	*0x4a*	*0x2d*	*Application ID (0x30)*	*Data type*	*Length*	*CRC*
Data	*0x4a*	*0x4b*	*DATA*			*CRC*
Version	*0x4a*	*0x69*	*Version (0x01)*			*CRC*
ACK	*0x4a*	*0x87*				
NACK	*0x4a*	*0xa5*				
RTR	*0x4a*	*0xc3*				
STW	*0x4a*	*0xe1*				

(از بسته مقدمه) دریافت شده است.*Len* برابر با مقداری است که در فیلد *Data*اندازه

Archive of SID

www.SID.ir

فرآیند پردازش داده‌های دریافتی و ارسال داده به صورت جداگانه برای قسمت‌های *AVL* و *DSRC* در بخش‌های ۲ و ۳ شرح داده شده است. در بخش ٤ نیز ساختار داده مفید ارسالی[1] توضیح داده شده است.

نکته: مقدار فیلد *id* از برای کاربرد انتقال داده، *0x0030* و برای کاربرد انتقال دستور[2]، *0x0031* است.

نکته: اگر بسته‌ای نیاز به پاسخ داشته باشد، باید *id* موجود در پاسخ با *id* همان بسته مطابقت داشته باشد.

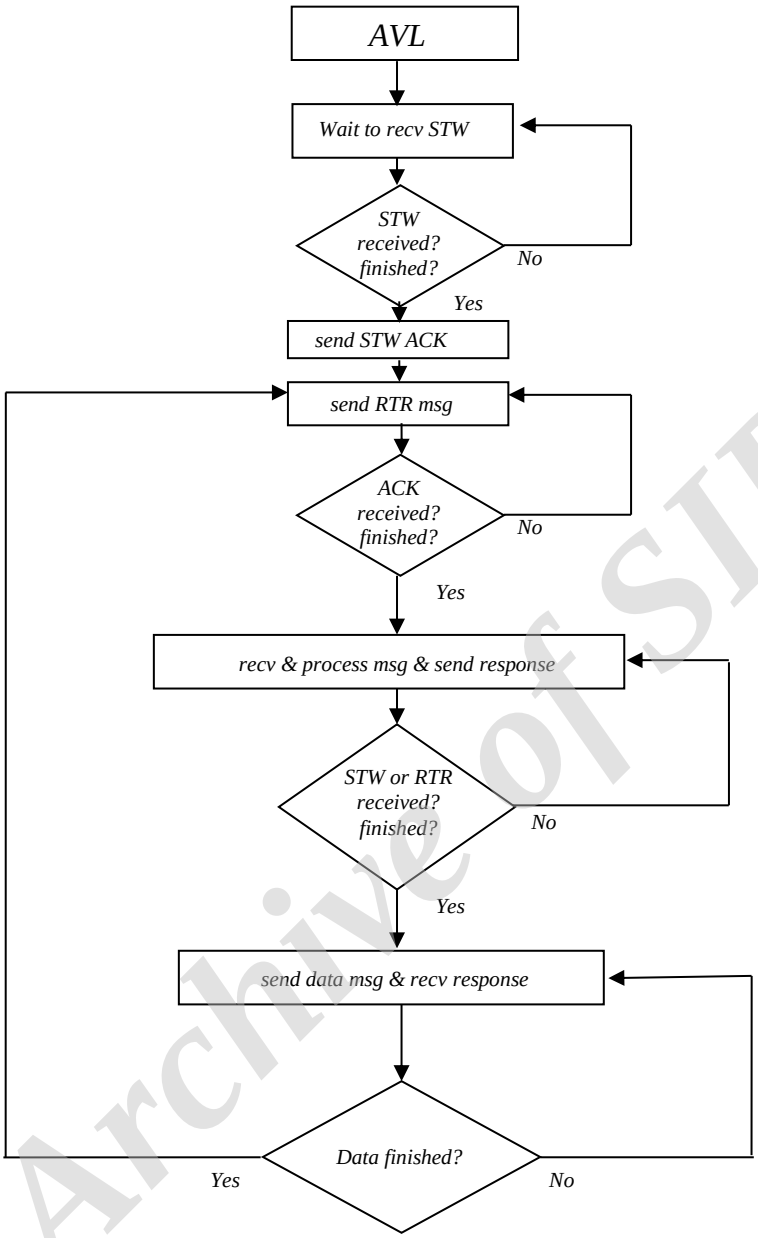
۱۱,۳. انتقال اطلاعات در سمت *AVL*

این نرم‌افزار هنگامی که روی دستگاه *AVL* اجرا می‌شود در ابتدا منتظر دریافت یک بسته‌ی *STW* (شروع به کار) خواهد بود. تا زمانی که *AVL* از طرف مقابل (*JDSRC*) این بسته را دریافت کند در این مرحله منتظر می‌ماند. بعد از دریافت این بسته، بسته‌ی تأییدیه‌ی *STW* را ارسال می‌کند. بعد از این مرحله یک بسته از نوع *RTR* (آمادگی برای دریافت) به صورت مکرر ارسال می‌شود و هنگامی که از طرف مقابل *ACK* دریافت شود ارسال این بسته متوقف خواهد شد. *AVL* بعد از دریافت *ACK* از *DSRC* ، درحالیکه منتظر دریافت بسته *RTR* است، تمامی بسته‌های دریافتی که نوع آنها غیر از بسته‌ی مورد انتظار باشد را نیز پردازش می‌کند. این روند تا زمان رسیدن اولین بسته *RTR* از سمت *DSRC* ادامه خواهد داشت. بعد از این مرحله *AVL* وارد مرحله ارسال بسته‌ها می‌شود و این مرحله تا زمانی که بسته‌ای برای ارسال وجود داشته باشد تکرار می‌شود. بعد از ارسال تمامی بسته‌ها، ارسال مکرر بسته‌ی *RTR* دوباره شروع و فرآیند انتقالِ گفته شده تکرار می‌شود. روند انتقال در شکل ۸۷ نشان داده شده است. در صورت خاموش شدن دستگاه *DSRC*، قبل از روشن شدن مجدد دستگاه، *AVL* باید از ابتدای انتظار دریافت *STW* کارش را ادامه دهد.

[1] *payload*
[2] *Command*

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۸۷: روند انتقال داده از سمت *AVL*

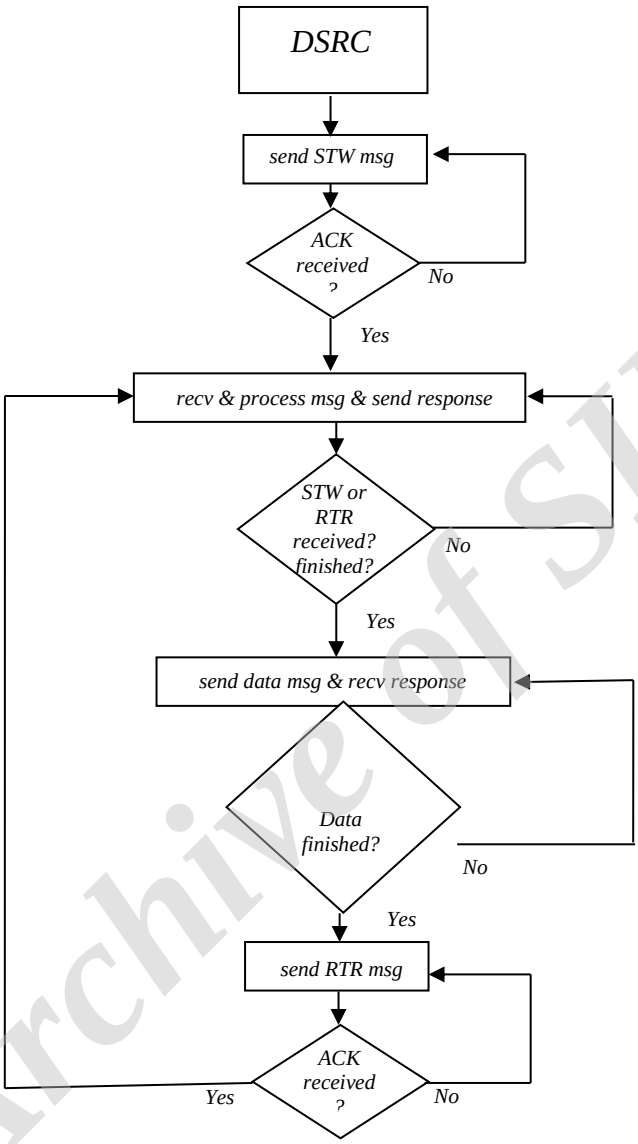
۱۱،٤. انتقال اطلاعات در سمت *DSRC*

مکانیزم ارسال داده‌ها در سمت *DSRC* شباهت بسیار زیادی به بخش قبلی دارد با این تفاوت که در این سمت در ابتدای فرآیند اصلی انتقال بسته‌ی *STW* ارسال می‌شود و تا دریافت بسته‌ی *ACK* مربوط به آن، ارسال بسته‌ی *STW* تکرار خواهد شد. بعد از انتقال بسته‌ی *STW* و دریافت *ACK* برای آن، بسته‌ی *RTR* ارسال نمی‌شود. از طرفی بعد از

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال همه‌ی داده‌های آماده برای ارسال (در انتهای فرآیند انتقال)، بسته‌ی *RTR* ارسال می‌شود. این بسته تا زمان دریافت تأییدیه از *AVL* به صورت مکرر ارسال می‌شود. شکل ۸۸ فرآیند انتقال در سمت *DSRC* را نشان می‌دهد.



شکل ۸۸: روند انتقال داده از سمت *DSRC*

۱۱,۵. ساختار داده ارسالی

داده ارسالی (فیلد *Data*) از دو بخش نوع داده و محتوای داده تشکیل شده است که در جدول ۱۹ نمایش داده شده است.

جدول ۱۹: ساختار بخش مفید داده ارسالی ذکر شده درجدول ۵

	Data type	*Data payload*
Size (in byte)	*1*	*Sizeof(data)*

Archive of SID

www.SID.ir

این بسته هم ممکن است از سمت *AVL* به *DSRC* و هم برعکس ارسال شود. محتوای این بسته بر اساس جهت انتقال در دو زیر بخش بعدی توضیح داده شده است. اندازه فیلد *Data payload* از جدول بالا نیز با توجه به جهت و نوع بسته متفاوت است که در زیربخش‌های بعدی در هر حالت اندازه داده نیز بیان خواهد شد.

a. ساختار داده ارسالی از سمت *AVL*

نوع داده ارسالی از سمت *AVL* می‌تواند یکی از انواع شماره سریال دستگاه[1]، داده پلیس[2]، داده درایور[3]، گزارش[4]، رخداد[5] و *GPS* باشد که مقادیر *0x00*، *0x01*، *0x02*، *0x03*، *0x04* و *0x05* به ترتیب نمایانگر این انواع هستند. محتوای داده مربوط به هر کدام از این انواع با هم متفاوت است. در صورتیکه نوع داده شماره سریال دستگاه باشد، فیلد *Data payload* از یک عدد چهار بایتی خواهد بود که مقدار آن شماره سریال دستگاه را بیان می‌کند. محتوای مربوط به نوع داده پلیس یک آرایه کاراکتری است که طول آن حداکثر ۳۰۰ کاراکتر می‌تواند باشد. ساختار داده مربوط به انواع درایور، گزارش، رخداد و *GPS* نیز در جداول ۲۰ تا ۲۳ نمایش داده شده است.

جدول ۲۰: ساختار داده مربوط به نوع درایور

	Driver ID	*Last system ID*	*Last card timestamp*	*Driver history buffer*	*permission*
Size (in byte)	*5*	*4*	*4*	*144*	*1*

جدول ۲۱: ساختار داده مربوط به نوع گزارش

	Report version	*Report code*	*Start point time*	*Start point latitude*	*Start point longitude*	*End point time*	*End point latitude*	*End point longitude*	*Total travel distance by GPS*	*Total travel distance by sensor*
Size (in byte)	*1*	*1*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*	*4*

[1] *Device serial number*
[2] *Police data*
[3] *Driver data*
[4] *Report*
[5] *Event*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول **۲۲: ساختار داده مربوط به نوع رخداد**

	event version	*event code*	*Driver ID*	*Total driving time*	*Date (and time)*	*GPS speed*	*Sensor speed*	*MAX speed (GPS)*	*MAX speed (sensor)*	*Engine RPM*	*Total travel distance (GPS)*	*Total travel distance (sensor)*	*IO status*	*GPS status*	*Latitude*	*Longitude*	*Altitude*	*Bearing*	*Number of satellites*	*Pdop*	*Extra data length*
Size (in byte)	*1*	*1*	*5*	*2*	*4*	*1*	*1*	*1*	*1*	*2*	*4*	*4*	*1*	*1*	*4*	*4*	*2*	*2*	*1*	*1*	*1*

جدول ۲۳: ساختار داده مربوط به نوع *GPS*

	Latitude	*Longitude*	*Heading*	*Velocity*	*Time*	*Validation*	*Date*
Size (in byte)	*8*	*8*	*4*	*8*	*4*	*1*	*4*

b. ساختار داده ارسالی از سمت *DSRC*

داده‌هایی که از سمت *DSRC* به *AVL* ارسال می‌شوند یا نوعی درخواست داده هستند و یا دستوری هستند که به *AVL* منتقل می‌شود. از سمت *DSRC* سه درخواست عدد سریال دستگاه، داده پلیس و داده *GPS* می‌تواند به *AVL* ارسال شوند که *AVL* نیز با دریافت این درخواست‌ها، داده مورد نیاز *DSRC* را در قالب‌های گفته شده در قسمت‌های قبل به او ارسال می‌کند. این درخواست‌ها با مقداری که به ازای هر کدام در سرآمد بسته قرار می‌گیرد، در جدول ۲٤: ذکر شده‌اند. بسته‌های درخواست داده‌ی *DSRC* تنها شامل نوع درخواست هستند که اندازه آن طبق یک بایت است و برخلاف بسته‌های داده‌ی ارسالی از *AVL* محتوایی نخواهند داشت. نوع دوم بسته‌هایی که ممکن است *DSRC* به *AVL* ارسال کند، بسته‌های دستور هستند. این بسته‌ها نیز از دو فیلد نوع و محتوا تشکیل می‌شوند. فیلد نوع می‌تواند نمایانگر عملی مانند پخش صوت، نمایش عبارتی روی نمایشگر و ... باشد و فیلد محتوا نیز اطلاعات موردنیاز این عمل را فراهم می‌کند.

جدول ۲٤: انواع درخواست‌های ارسالی از سمت *DSRC* و مقدار معادل آنها

Name (Request)	*Value*
Device Serial Number	*0x06*
Police Data	*0x07*
GPS	*0x08*

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲. کاربرد انتقال فایل به تجهیزات مستقر در پاسگاه

۱۲,۱. مقدمه

اصلی‌ترین نیازمندی در این پروژه، انتقال داده‌های جمع‌آوری شده در تجهیزات درون خودرویی به پاسگاه‌های پلیس‌راه، قبل از رسیدن به پاسگاه می‌باشد. این داده‌ها شامل سابقه کارکرد خودروها و رویدادهای رخ داده در حین حرکت آنها به همراه اطلاعات گواهینامه و در صورت لزوم تصویر چهره رانندگان می‌باشد. ضروری است این داده‌ها در فاصله‌ای مناسبی به سرور سامانه سپهتن در محل پاسگاه انتقال یابد تا در صورت تخطی رانندگان از قوانین راهنمایی و رانندگی، امکان برخورد مناسب با رانندگان خاطی و جلوگیری از پیشامدهای ناگوار بعدی توسط مأمورین مستقر در پاسگاه‌ها فراهم آید. موضوع انتقال فایل بین کارت رادیویی و تجهیزات کنار مسیر در دو جنبه حائز اهمیت است اول پروتکلی برای اجرای خدمات انتقال فایل می‌باشد و سپس شناسایی روش بهینه و مناسبی برای انتقال فایل بین کارت رادیویی و تجهیزات کنار مسیر می‌باشد. از اینرو در این بخش پروتکل انتقال فایل و سازو کار مناسب برای انتقال فایل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۲,۲. پروتکل انتقال فایل از کارت رادیویی به تجهیزات کنار مسیر(*RSU*)

در این قسمت پروتکلی پیشنهاد می‌شود که بر پایه پروتکل *TCP/IP* می‌باشد. همچنین برای تامین امنیت در لایه انتقال از پروتکل امنیتی لایه انتقال (*TLS*) استفاده شده است. هر چند این پروتکل بطور فراگیر برای انتقال اطلاعات امن در محیط اینترنت مطرح شده است، لیکن بدلیل قابلیت‌های بسیار خوب آن در ساز و کارهای امن‌سازی تبادل اطلاعات همچون:

- امن‌سازی اطلاعات منتقل‌شده از طریق بکارگیری رمزنگاری نامتقارن
- امن‌سازی سازو کار تبادل کلیدهای رمز نگاری نامتقارن
- حفظ یکپارچگی (صحت) داده در زمان انتقال
- احراز هویت طرفین

در بسیاری از خدمات انتقال داده نیز بکار گرفته می‌شود. استفاده از سازوکار تولید کلیدها با روش‌های مقاوم و تجربه شده و همچنین سازوکارهای امن و مناسب تبادل کلید از جمله ویژگی‌های خوب این پروتکل می‌باشد. اما پروتکل انتقال فایل به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش اول مربوط به اعلان خدمات و بخش دوم مربوط به انتقال فایل می‌باشد. کارت رادیویی هنگام رسیدن به پاسگاه، بسته‌های اعلان خدمات را از *RSU* مستقر در پاسگاه پلیس راهور دریافت کرده و سپس از طریق پروتکلی که بیان خواهد شد، فایلی را که از *AVL* دریافت کرده برای *RSU* ارسال می‌کند. دو بخش اعلان خدمات و انتقال فایل در بخش‌های بعدی با جزییات بیشتر تشریح خواهند شد.

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است تمامی داده‌های عددی با اندازه بیشتر از یک بایت به صورت *Big-endian* ارسال می‌شوند. دلیل این امر بکارگیری این روش در تجهیزات *AVL* ای می‌باشد که در پروژه سپهتن مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

۱۲,۳. بخش اعلان خدمات پاسگاه

برای شروع انتقال فایل از کارت رادیویی به *RSU*، نیاز است که کارت رادیویی از حضور در محدوده‌ی تحت پوشش *RSU* مطلع شود. این امر با ارسال بسته‌های *UDP* اعلان خدمات توسط *RSU* و دریافت این بسته‌ها توسط کارت رادیویی انجام می‌شود. *RSU* با تواتر مشخصی بسته‌های اعلان خدمات را به صورت همه‌پخشی[1] ارسال می‌کند. ساختار این بسته‌ها در جدول ۲۵ نمایش داده شده است.

جدول ۲۵: ساختار بسته‌ی اعلان خدمات*RSU*

	Version info	*Sender information*					*Address info*	
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*	*4*	*2*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*	*uint32_t*	*uint16_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*	*IPv.4*	*Port*

در این بسته فیلد *Version* مربوط به عدد نسخه پروتکل می‌باشد. یک بایت از بسته به این فیلد تخصیص داده شده است که می‌تواند ۲۵۵ نسخه را پشتیبانی کند. در حال حاضر این بایت با مقدار *0x01* مقداردهی می‌شود. فیلد بعدی نوع خدمات را نشان می‌دهد. این فیلد یک بایت می‌باشد و می‌تواند با مقادیر *0x01* برای خدمات ایمنی و *0x02* برای خدمات غیرایمنی مقداردهی شود. با توجه به ماهیت غیر ایمنی کاربرد انتقال فایل این فیلد برای پروژه سپهتن با مقدار *0x02* مقداردهی می‌شود. *Service id* دو بایت است و نشان‌دهنده‌ی شماره خدمات می‌باشد. شماره خدمات انتقال فایل در پروژه سپهتن *0x0030* در نظر گرفته شده است.

فیلد *Sender type* مشخص‌کننده نوع دستگاه (*OBU, RSU, ...*) می‌باشد و اندازه آن یک بایت است. برای دستگاه‌های *RSU* مقدار این فیلد *0x01* و برای دستگاه‌های *OBU*، *0x02* می‌باشد. فیلد بعدی *Vendor ID* است. برای هر تولیدکننده شناسه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در این فیلد مقدار آن قرار خواهد گرفت. تولید کنندگان تجهیزات از این فیلد می‌توانند برای شناسایی تولیدات خود استفاده نمایند. این شناسه توسط سازمان‌راهداری و یا سازمان‌های مسئول تنظیمات سراسری (رگولاتوری) پروژه همچون سازمان پژوهش‌ها تعیین و در اختیار تولیدکنندگان برای استفاده قرار

[1] *Broadcast*

Archive of SID

www.SID.ir

می‌گیرد. طول این فیلد دو بایت است. چهار بایت بعدی که با عنوان *Device ID* مشخص شده است برای استفاده تولیدکنندگان برای تعیین شماره سریال کارت‌های رادیویی تولیدی خود مورد استفاده قرار می‌گیرد. تولیدکنندگان می‌توانند به اختیار این فیلد را مقداردهی نمایند. فیلد بعدی آدرس *IPv.4* است که اندازه آن چهار بایت است و با این فیلد، *IP* کارت رادیویی*RSU* معرفی می‌شود. آخرین فیلد از بسته همه‌پخشی شماره پورت *RSU* است که دو بایت از بسته را اشغال می‌کند و مقدار آن برابر با شماره پورتی خواهد بود که *RSU* بر روی آن منتظر اتصال جدید و دریافت فایل خودروها می‌باشد. درجدول ۲۶ یک مثال عددی از بسته اعلان خدمات *RSU* نشان داده شده است:

جدول ۲۶: مثال عددی از بسته‌ی اعلان خدمات*RSU*

	Version info	*Sender information*					*Address info*	
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*	*4*	*2*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*	*uint32_t*	*uint16_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*	*IPv.4*	*Port*
Hex value	*0x01*	*0x02*	*0x0030*	*0x01*	*0x01*	*0x01*	*0x0A0A0A0B*	*0x0BD6*
Decimal value	*1*	*1*	*48*	*1*	*1*	*1*	-	*3030*
String representation	-	-	-	-	-	-	*10.10.10.11*	-

در این مثال فیلد *Vendor ID* برای سازمان جهاد دانشگاهی با مقدار *0x01* مقداردهی شده است.

۱۲,٤. پروتکل انتقال فایل

کارت رادیویی پس از دریافت بسته‌های همه‌پخشی *RSU* که شامل آدرس*IP* و پورت *RSU* است، با برقراری اتصال *TCP* و استفاده از پروتکل امنیتی *TLS* محتویات فایل را به *RSU* ارسال خواهد کرد. بعد از برقرار شدن این ارتباط (موفق بودن اتصال و راه‌اندازی شدن کانال امن *TLS*)، کارت رادیویی متصل به *AVL* یک بسته حاوی اطلاعات پروتکل، فرستنده و فایل موردنظر را به *RSU* ارسال می‌کند. فرمت کلی این بسته مطابق جدول ۲۷ می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲۷: ساختار کلی بسته درخواست انتقال فایل

General title	*Version information*	*Sender information*	*File information*
Number of fields	*1*	*5*	*3*

شش فیلد اولیه همانند فیلدهای متناظر در بسته اعلان خدمات (تحت عنوان *sender information* و *version information*) می‌باشد. علاوه بر این، در این بسته بخش اطلاعات مربوط به فایل ارسالی نیز وجود دارد که اطلاعات فیلدهای مختلف این بخش در جدول ۲۸ نشان داده شده است. این بخش از بسته حاوی فیلدهای اسم فایل به طول ۱۰۸ بایت و اندازه فایل به طول چهار بایت می‌باشد. تعداد ٦٤ بایت انتهای این بسته برای نیازمندی‌های آینده رزرو شده است.

جدول ۲۸: ساختار قسمت اطلاعات فایل بسته تقاضای انتقال فایل

	File information		
Size	*108*	*4*	*64*
Type	*char[108]*	*uint32_t*	*Unspecified*
Name	*filename*	*file size*	*Reserved*

جدول ۲۹و جدول ۳۰ نشان‌دهنده‌ی بخش‌های اطلاعات نسخه، اطلاعات فرستنده و اطلاعات فایل مربوط به بسته‌ی تقاضا برای ارسال فایلی با نام *event-report-file* و اندازه ۳۰۷۲۰۰ بایت توسط *RSU* می‌باشند. در این مثال فیلد *Vendor_ID* برای سازمان جهاد دانشگاهی با مقدار *0x01* مقداردهی شده است.

جدول ۲۹: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فرستنده بسته‌ی تقاضای انتقال فایل

	Version information	*Sender information*				
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*
Hex value	*0x01*	*0x01*	*0x0030*	*0x02*	*0x01*	*0x02*
Decimal value	*1*	*1*	*48*	*2*	*1*	*2*
String representation	-	-	-	-	-	-

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳۰: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فایل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل

	File information		
Size	*108*	*4*	*64*
Type	*char[108]*	*uint32_t*	*unspecified*
Name	*Filename*	*File size*	*reserved*
Hex value	-	*0x0004B000*	-
String representation	*e v e N t - r e p o r t - f i l e* '\0' ... '\0'	-	-

RSU هنگامی که بسته اطلاعات فایل را از کارت رادیویی متصل به *AVL* دریافت کند، در صورت آمادگی برای دریافت فایل، یک تأییدیه انتقال[1] چهار بایتی با مقدار اندازه فایل (تعداد بایت‌ها) به کارت رادیویی متصل به *AVL* ارسال می‌کند. فرمت این تأییدیه مطابق جدول ۳۱ برای فایلی با نام *event-report-file* و اندازه ۳۰۷۲۰۰ بایت می‌باشد:

جدول ۳۱: ساختار بسته تأییدیه انتقال فایل به همراه مثال

Size	*1*
Type	*uint8_t*
Name	*File size (Transfer confirmation)*
Hex value	*0x0004B000*
Decimal value	*307200*

در صورتی که مقدار این تأییدیه برابر صفر باشد به معنی عدم آمادگی *RSU* برای دریافت فایل حاضر می‌باشد. کارت رادیویی بعد از دریافت تأییدیه (در صورت برابر بودن آن با اندازه فایل)، انتقال محتوای فایل را از طریق اتصال امن‌شده آغاز می‌کند و بعد از ارسال تمام محتویات فایل، منتظر دریافت تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط *RSU* می‌گردد. تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط *RSU* یک عدد چهاربایتی می‌باشد. کارت رادیویی متصل به *AVL* با دریافت این عدد و مقایسه آن با تعداد بایت‌های فایل موردنظر جهت انتقال، از موفقیت‌آمیز بودن یا نبودن انتقال فایل مطلع می‌گردد. فرمت بسته ارسالی مبنی بر تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط *RSU* مطابق جدول ۳۲ می‌باشد:

[1] *Transfer confirmation*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳۲: ساختار بسته نتیجه انتقال (ارسالی از سمت *RSU*)

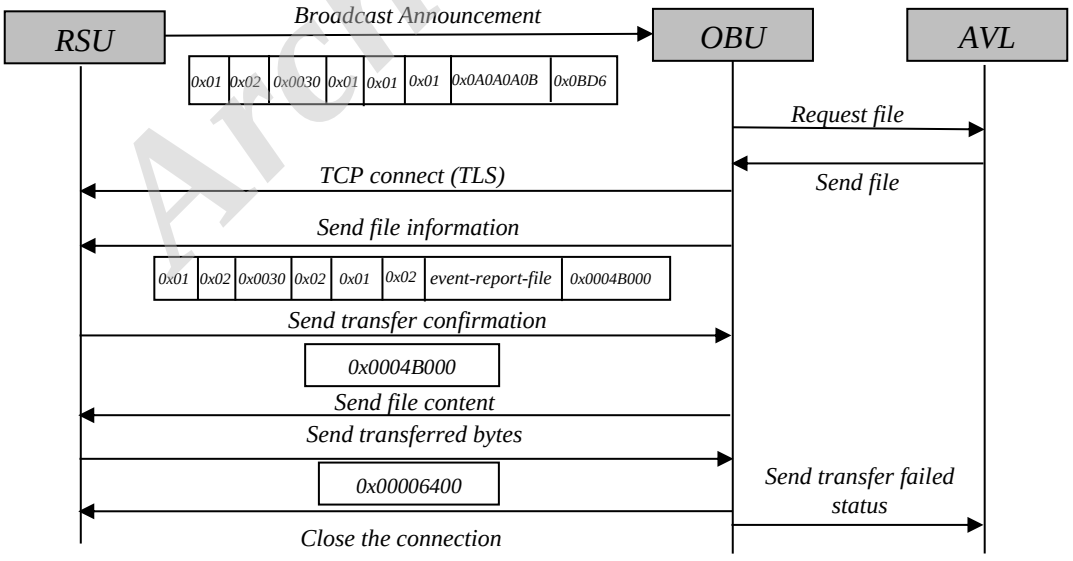
Size	*4*
Type	*uint32_t*
Name	*Transferred bytes*

جدول ۳۳ نشان‌دهنده‌ی دریافت ۲۵ کیلوبایت داده توسط *RSU* می‌باشد:

جدول ۳۳: مثالی از بسته تعداد بایت‌های دریافتی توسط *RSU*

Size	*4*
Type	*uint32_t*
Name	*Transferred bytes*
Hex value	*0x00006400*
Decimal value	*25600*

در صورتی که کارت رادیویی متصل به *AVL* از موفقیت‌آمیز بودن انتقال مطلع شود به *AVL* پیامی مبنی بر موفقیت انتقال ارسال می‌کند و در غیر اینصورت پیامی مبنی بر عدم موفقیت را به این دستگاه ارسال می‌کند. شمای کلی فرآیند انتقال فایل به *RSU* در شکل ۸۹ نشان داده شده است. محتوای بسته انتقالی بین کارت رادیویی متصل به *AVL* و *RSU* برای مثال‌های ذکر شده در این سند (به استثنای محتوای فایل)، در کنار خطوط جهت‌دار نمایش داده شده است.



شکل ۸۹: شمای کلی فرآیند انتقال فایل از کارت رادیویی به *RSU*

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲,۵. انتقال فایل

در وهله اول اینگونه به نظر می‌رسد که انتقال فایل بر روی بسترهای بی‌سیم موضوع چالش خاصی ندارد، چرا که از این کاربرد بطور روزمره بر روی بسترهای بی‌سیم همچون بلوتوث و *WiFi* به کرات استفاده شده است. موضوع مهم در این انتقال، محیط متغیر و سختی است که در شرایط واقعی و در زمان انتقال ممکن است رخ دهد. شرایطی همچون:

- تعدد خودروهای دارای تجهیزات سپهتن که به پاسگاه نزدیک می‌شوند.
- قطع شرایط دید مستقیم به دلیل تردد خودروهای بزرگ همچون اتوبوس و کامیون میان آنتن کارت رادیویی مستقر در خودرو و آنتن تجهیزات کنار مسیر مستقر در پاسگاه
- لزوم خاتمه انتقال فایل در فاصله ۲۰۰ متری از پاسگاه برای داشتن فرصت لازم برای واکنش مامورین پلیس راهور
- لزوم استفاده از پروتکل *TLS* برای انتقال امن داده‌ها که سربار زیادی در سامانه ایجاد می‌کند.

ملاحظات ذکر شده موجب گردید روش‌های معمول انتقال فایل که مجری در پروژه‌های مشابه پیاده‌سازی کرده بود مورد آزمون قرار گیرد تا مشخص شود امکان ارسال موفق در شرایط ذکر شده به چه میزان است. در روش‌های معمول انتقال فایل از یک سوکت *TCP* استفاده می‌شود. از اینرو اولین آزمون بر روی این روش متمرکز گردید. آزمون‌های متعددی در این خصوص به اجرا گذاشته شد که نتایج آن نشان می‌داد بکارگیری از این روش هیچیک از نیازهای ذکر شده را نمی‌تواند پاسخ دهد. از اینرو فرآیندی برای شناسایی دقیق‌تر مشکل و رفع آن به اجرا گذاشته شد. در این فرآیند ابتدا تحلیلی بر روی عوامل موثر در پروتکل *TCP/IP* در عدم موفقیت روش‌های معمول انتقال فایل در محیط و شرایط ناپایدار ذکر شده انجام پذیرفت. سپس با استفاده از تحلیل‌های فوق راهکاری پیشنهاد و مورد آزمون قرار گرفت که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

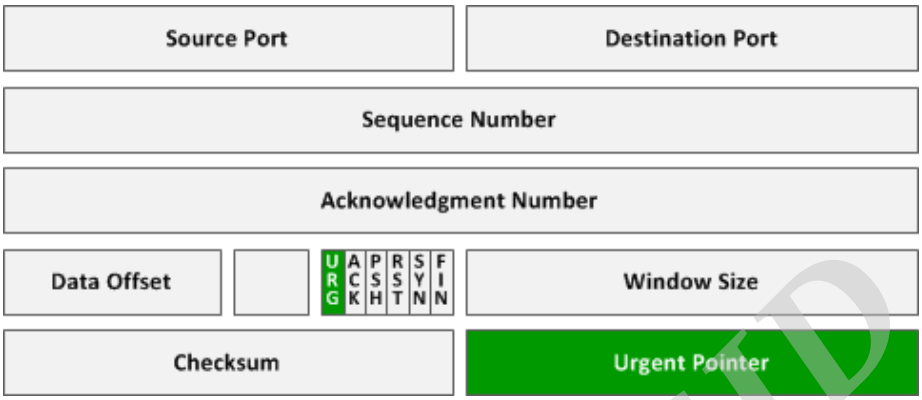
۱۲,٦. کنترل جریان و ازدحام در پروتکل *TCP*

برای انتقال صحیح بسته‌ها در پروتکل *TCP* از روش‌های کنترل جریان و ازدحام استفاده می‌شود. دلیل بکارگیری این دو روش، وجود عوامل متعدد در از دست رفتن بسته‌ها در طول فرآیند انتقال می‌باشد. در فرآیند انتقال عواملی همچون سرعت پایین گیرنده در دریافت بسته‌ها بدلیل منابع پردازشی محدود، پهنای باند کم و یا شرایط غیر پایدار در پهنای باند (همچون محیط شبکه‌های بی‌سیم و یا شبکه‌های بی‌سیم متحرک)، تأثیر گذار می‌باشند. بطور مثال سرعت پایین گیرنده ممکن است موجب از دست رفتن بسته‌های ارسالی توسط فرستنده شود. با فرض بکارگیری بافر ممکن است موجب سرریز بافر و از دست رفتن بسته‌ها شود و یا آنکه در شبکه‌های با پهنای باند کم، ممکن است بسته‌های ارسالی در مسیر به دلیل سر ریز شدن منابع مسیریاب‌ها از دست برود.

Archive of SID

www.SID.ir

بکارگیری کنترل جریان و ازدحام مبتنی بر بکارگیری بافر و مدیریت اندازه آنها در دو طرف فرستنده و گیرنده می‌باشد. این فرآیندها پس از انجام فرآیند اتصال با الگوریتم دست تکانی سه مرحله‌ای[1] در طی انتقال داده، با بکارگیری فیلد اندازه پنجره (*Window Size*) به اجرا گذاشته می‌شود. شکل ۹۰ فرمت هدر *TCP* را نشان می‌دهد.



شکل ۹۰: فرمت سرآیند *TCP*

۱۲,٦,۱. کنترل جریان

گیرنده یک فضای بافر را برای حفظ داده‌هایی در نظر می‌گیرد که دریافت کرده است و نمی‌تواند آن را تحویل لایه کاربرد خود دهد. در زمان دریافت داده‌ها اگر منابع پردازشی گیرنده کم باشد و یا آنکه به دلایلی بسیار مشغول باشد بخشی از داده‌ها در بافر باقی می‌ماند. در کنترل جریان، گیرنده در فیلد اندازه پنجره، فضای خالی بافر خود را ارسال می‌کند تا فرستنده اندازه داده‌های ارسالی خود را با آن تنظیم نماید تا ارسال داده بیش از اندازه فضای خالی بافر نباشد. در اینصورت حجم داده ارسالی نمی‌تواند از این اندزاه بیشتر باشد در غیر اینصورت بافر سرریز کرده و داده از دست خواهد رفت.

با توجه به اینکه در تجهیزات بکار گرفته شده در سمت گیرنده فایل از منابع مناسبی برای ارتباطات و پردازش نسبتاً سریع در ابعاد کاربرد مورد اشاره استفاده شده است، امکان تاثیر گذاری کنترل جریان بر روند تحویل داده‌های فایل غیر محتمل می‌باشد.

۱۲,٦,۲. کنترل ازدحام

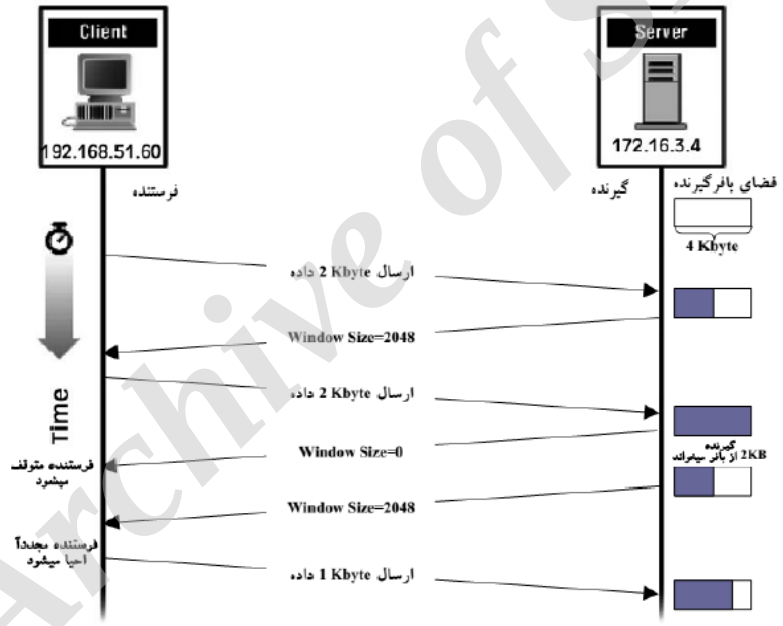
در وضعیتی که شرایط مناسبی برای ارتباطات وجود نداشته باشد، مانند پهنای باند کم و یا ناپایداری اتصالات شبکه در شبکه‌های بی‌سیم از کنترل ازدحام استفاده می‌شود. در این روش فرستنده در فیلد اندازه پنجره، یک پنجره‌ای را بنام پنجره ازدحام در نظر می‌گیرد که اندازه آن در ابتدا برابر کوچکترین اندازه پنجره دو طرف می‌باشد. سپس اندازه داده ارسالی خود را برابر فاکتور صحیحی(۱، ۲ و یا ۱۰) از حداکثر اندازه سگمنت (*Maximum Segment Size*) قرار

[1] - *Three-way handshake*

Archive of SID

www.SID.ir

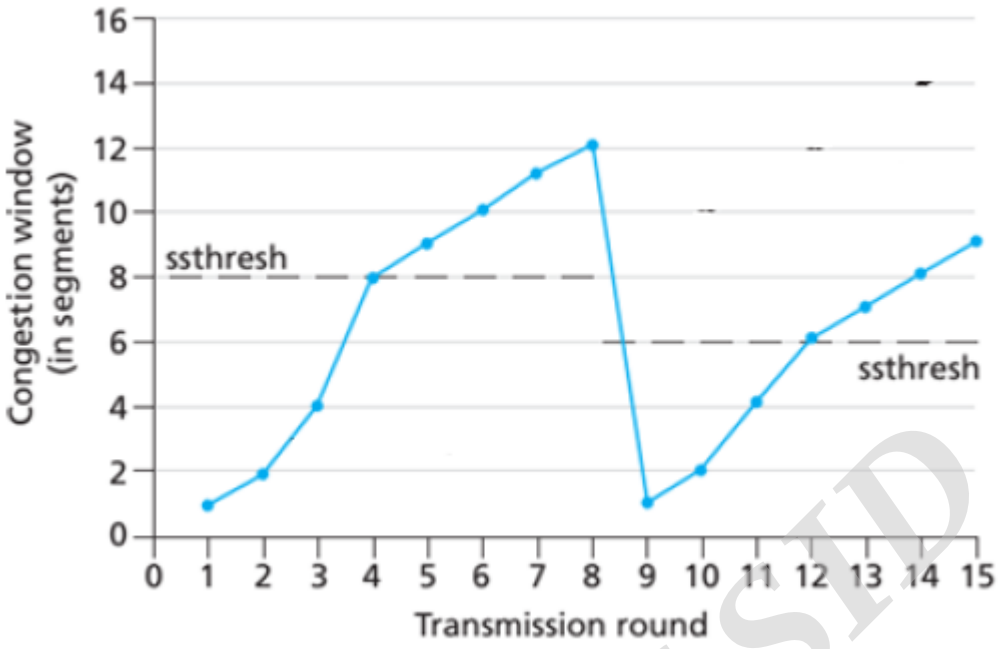
می‌دهد. اگر تحویل داده ارسال شده توسط گیرنده تأیید شد، اندازه ذکر شده با مقدار معینی افزایش می‌یابد. این افزایش روند افزایشی نمایی دارد و تا زمانی ادامه می‌یابد که دریافت داده ارسالی مورد تأیید قرار نگیرد. شناسایی عدم تأیید دریافت یک داده توسط یک زمان‌سنج تعیین می‌شود. اگر تا زمان شمارش معکوس زمان‌سنج، تأییدیه تحویل داده دریافت نشد، این موضوع حمل بر عدم تحویل می‌گردد. در اینصورت افزایش اندازه سگمنت متوقف و اندازه سگمنت به یک گام عقب‌تر باز می‌گردد (بطور مثال اگر در هر گام اندازه سگمنت دو برابر می‌شد مقدار سگمنت پس از عدم دریافت تأییدیه نصف می گردد.) در این نقطه یک آستانه تعریف می‌شود و سپس ارسال از سر گرفته می‌شود. اگر تأییدیه بسته دریافت شود، مجددا اندازه سگمنت برای ارسال بعدی افزایش می‌یابد. با این تفاوت که روند افزایش نسبت به قبل کندتر و خطی(با مقدار ثابت) خواهد بود. در صورتی که در مراحل بعد هم عدم دریافت تأییدیه رخ دهد، اندازه سگمنت برای ارسال بعدی به مقدار آستانه تعیین شده باز خواهد گشت. شکل ۹۱ و شکل ۹۲ زیر نمونه‌ای از این فرآیندها را نشان می‌دهند.



شکل ۹۱: فرآیند کنترل ازدحام

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۹۲: تغییر در سطح آستانه و کاهش روند ارسال در ساز و کار کنترل ازدحام

در روند فوق وجود زمان‌سنج برای کنترل زمان انتظار ناشی از عدم دریافت تأییدیه، می‌تواند بعنوان عاملی برای کارایی پایین ارسال فایل در شرایط بشدت ناپایدار شبکه‌های خودرویی باشد. به این معنی که در صورت عدم تأیید تحویل داده، عملاً تا خاتمه شمارش معکوس زمان‌سنج، روند ارسال متوقف می‌شود و چون زمان حضور خودرو در محدوده پوشش تجهیزات کنار مسیر مستقر در پاسگاه چندان زیاد نیست از اینرو انتقال فایل با مشکلاتی در این محدوده زمانی همراه خواهد بود.

۱۲,۷. راهکار بهبود روند انتقال فایل

برای غلبه بر این مشکل روش‌های مختلفی تاکنون بکار گرفته شده است که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بکارگیری اتصالات موازی *TCP* برای جبران توقف انتقال در یک اتصال
- بکارگیری پروتکل *UDP* برای انتقال و استفاده از ساز و کار صحت سنجی انتقال و ارسال تأییدیه دریافت بسته در لایه کاربرد
- بهینه‌سازی پارامتر *timeout*

Archive of SID
www.SID.ir

۱۲,۷,۱.بکارگیری انتقال موازی

این روش در شبکه‌هایی کاربرد دارد که از مسیریاب‌های متعدد برای اتصال دو طرف تبادل استفاده شده است. در این نوع از ارتباطات هر بسته *TCP* ممکن است بر اساس اقتضائات ترافیک، پهنای باند و . . . از یک مسیر به مقصد ارسال شود و چون ترافیک اینگونه شبکه‌ها به شدت تصادفی می‌باشد، عملاً روند قابل پیش‌بینی در انتقال به وجود نخواهد آمد. از اینرو ایجاد اتصالات موازی می‌تواند این امکان را فراهم نماید که اگر در انتقال بسته‌ای مشکلی ایجاد شود، اتصالات موازی دیگر از مسیرهای دیگر آن بسته را منتقل نمایند. این روند عموماً در روش‌های بهینه‌سازی انتقال فایل در نرم‌افزارهای سمت مشتری[1]، خدمات انتقال فایل(*ftp*) بکار گرفته می‌شود. در ارتباطات در شبکه اینترنت معمولا نقاط انتهایی دارای پهنای باند بیشتری از شبکه‌های گسترده (*WAN*) می‌باشند و به عبارتی عامل اصلی از دست رفتن داده در زمان انتقال این شبکه می‌باشد و از طرفی این پیش فرض نیز وجود دارد که مسیرهای متعددی از شبکه‌های گسترده اتصال میان دو نقطه انتهایی را فراهم می‌کنند.

تفاوت شبکه‌های خودرویی با شبکه‌های گسترده موجب می‌شود استفاده از این روش کارآمدی لازم را در انتقال سریع داده نداشته باشد. از جمله چالش‌های پیشرو در استفاده از این روش در شبکه‌های خودرویی وجود کانال/مسیر واحد و مشترک برای اتصالات موازی می‌باشد.

بین دو نقطه انتهایی برای انتقال داده تنها یک کانال وجود دارد که عملاً بصورت مشترک مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارتی اگر ظرفیتی در این کانال برای انتقال داده وجود داشته باشد، طبیعتاً حداکثر آن در اتصال اول قابل بکارگیری می‌باشد و نیازی به اتصالات موازی برای بکارگیری این ظرفیت وجود ندارد. در این شرایط استفاده از اتصالات موازی نه تنها موجب بهبود نمی‌شود بلکه می‌تواند موجب از دست رفتن بخشی از ظرفیت کانال ارتباطی به واسطه انتقال سربارهای اتصال دوم و بعدی شود [۲۹].

۱۲,۷,۲.بکارگیری پروتکل *UDP*

برای افزایش سرعت انتقال و عدم مواجه با ساز و کار کنترل ازدحام آن در برخی موارد از پروتکل *UDP* استفاده شده است. پروتکل *UDP* فاقد سازو کار ارسال تأییدیه برای دریافت بسته است و از اینرو از سازو کار ساده‌ای برای انتقال داده برخوردار است. این بدان معنی است که در صورت از دست رفتن بسته داده سازوکاری برای آگاهی فرستنده از این موضوع وجود ندارد. بر این اساس فرض اولیه در انتقال داده با این پروتکل بر این پایه است که احتمال از دست رفتن بخشی از داده وجود دارد.

این پروتکل معمولا برای انتقال داده‌هایی بکار گرفته می‌شود که از دست رفتن بخش کوچکی از آن موجب عدم استفاده از داده نشود. از جمله این نوع از داده‌ها می‌توان به صوت و تصویر اشاره کرد. این در حالی است که برای

[1] *client*

Archive of SID

www.SID.ir

انتقال داده‌های متنی، فایل‌های باینری و بسیاری از داده‌ها که یکپارچگی(*integrity*) داده در آنها اهمیت دارد نمی‌توانند از این پروتکل استفاده نمایند.

برای جبران این نقیصه و استفاده از عدم وجود سازوکار کنترل ازدحام و بالا بودن سرعت انتقال در این پروتکل، برای داده‌هایی که یکپارچگی در آنها ضروری است پیشنهادی برای استفاده از ساز و کار انتقال تأییدیه در سطح لایه کاربرد ارائه شده است.

هر چند به نظر می‌رسد این ساز و کار می‌تواند راه‌گشا باشد لیکن در بطن خود دارای تناقضاتی می‌باشد که مانع از رسیدن به وضعیت مطلوب در انتقال داده می‌شود. با فرض اینکه ساز و کار ارسال و دریافت تأییدیه در لایه کاربرد صورت بگیرد نیاز است ساز و کار پیاده‌سازی شده در پروتکل *TCP* بصورت ساده شده در لایه کاربرد پیاده‌سازی شود. بطور معمول در اغلب سیستم‌عامل‌ها پروتکل *TCP/IP* در فضای کرنل[1] پیاده‌سازی شده و از این نظر دارای سرعت عمل و اولویت اجرای بالایی می‌باشد. این در حالی است که لایه کاربرد در فضای کاربر[2] در سیستم‌عامل به اجرا در می‌آید و بطور معمول دارای سرعت عمل و اولویت اجرای پایین‌تری است و طبیعتاً در این شکل از اجرا، کارایی کلی کمتر از سازو کارهای بکار گرفته شده در پروتکل *TCP* خواهد داشت.

۱۲,۷,۳. بهینه‌سازی پارامتر *timeout*

یکی از راه‌های سرعت بخشی به انتقال داده در پروتکل *TCP/IP* بهینه‌سازی اندازه *timeout* برای زمان‌سنج‌های آن است. بطور معمول در سیستم‌عامل لینوکس این مقدار برابر ۱۲۰ ثانیه می‌باشد. طولانی بودن این زمان از آنجا ناشی می–شود که در صورتی که فرآیند انتقال در شبکه اینترنت دچار اختلال شود بازیابی ارتباط از این اختلال، ممکن است در زمان نسبتاً طولانی رفع شود و از طرفی برای کاربردهایی همچون انتقال فایل و وب که نیازمند سرعت عمل بالا نیستند این اندازه قابل پذیرش می‌باشد. در حالیکه اگر نیاز باشد انتقال با سرعت مناسبی انجام گیرد یک اختلال در ارتباطات که منجر به از دست رفتن بسته می‌شود می‌بایست به سرعت تعیین تکلیف شده و از انتظار بیش از نیاز خودداری شود. در این حالت فرستنده پس از مدت کوتاهی که از عدم دریافت بسته تأییدیه گذشت دیگر منتظر نمانده مجددا ارسال آن بسته را انجام می‌دهد. معمولا این بهینه سازی می‌تواند در شرایطی موثر باشد که ابعاد شبکه میان فرستنده و گیرنده چندان بزرگ نبوده و در حد یک تا دو مسیریاب میان آنها وجود داشته باشد.

در شبکه ارتباطات خودرویی بدلیل ارتباط مستقیم میان فرستنده و گیرنده این شرایط کاملا فراهم است و از این بهینه‌سازی می‌توان استفاده کرد. همچنین بدلیل همین ارتباط مستقیم میزان تاخیر در لایه لینک بسیار ناچیز بوده و عمده تاخیر در فرآیندهای پردازشی گیرنده خواهد بود. در صورت وجود منابع کافی به بار پردازشی مورد انتظار،

[1] *-Kernel Space*
[2] *- user space*

Archive of SID

www.SID.ir

تاخیر فرآیندهای پردازشی در گیرنده چندان زیاد نخواهد بود. از اینرو می‌توان اندازه *timeout* نزدیک به صفر قرارداد. لیکن می‌بایست یک احتمال ناچیز را هم برای رخدادهای خاص در نظر گرفت که در آن مواقع بار پردازشی گیرنده در لحظاتی دارای افزایش غیر معمول باشد. برای پوشش این وضعیت اندازه‌ای کوچک برای *timeout* در حد زیر ۵ ثانیه می‌توان در نظر گرفت. در این حد فاصل در صورتی که سرعت خودرو در حد ۱۰۰ کیلومتر بر ثانیه باشد نمی‌تواند بیش از ۱۵۰ متر را طی نماید.

با توجه به مزیت این روش نسبت به دو روش قبل و استفاده از آن به عنوان در شبکه‌های مختلف این روش برای افزایش کارایی انتقال داده (فایل) در پروژه سپهتن مورد آزمون قرار گرفت. در قسمت بعد نتایج حاصل از این آزمون‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱۲,۷,٤. ارزیابی روش تغییر پارامتر *timeout* در پروتکل *TCP* برای افزایش سرعت و کارایی انتقال فایل

به منظور تحلیل عملکرد استفاده از روش کاهش پارامتر *timeout* پروتکل *TCP* برای انتقال سریع فایل، آزمون‌های میدانی متعددی طراحی گردید که در این بخش بدان پرداخته می‌شود .

۱۲,۷,۵. شرایط آزمون

در جدول ۳٤ شرایط آزمون به‌لحاظ تجهیزات نرم‌افزاری و سخت‌افزاری تشریح شده است.

جدول ۳٤: شرایط نرم‌افزاری و سخت‌افزاری انجام آزمون

عنوان	توضیحات		
زمان انجام تست	**دوشنبه ۹۵/۰٦/۱٦**		
شرایط نرم‌افزاری انجام تست	نسخه برنامه و کتابخانه ها	*ftdm-rsu-1.0.2* و *ftdm-obu-1.0.2*	
		jdtm-2.5.0	
		libjdtmapi.3.0.0	
	jdtm timeout	*connection*	۳
		send	۱
		receive	۱
	ارسال امن فایل‌ها	✓	
شرایط سخت‌افزاری انجام تست	*OBU*	شرایط آنتن	آنتن با پایه مغناطیسی (*gain = 8 dbi*) که بر روی سقف خودرو قرار دارد.
		نوع برد	کارت رادیویی *JDSRC*
	RSU	شرایط آنتن	آنتن *outdoor &omni directional*(*gain = 12dbi*)که بر *RSU* در کنار مسیر قرار دارد.
		نوع برد	کارت رادیویی شرکت *Unex*

Archive of SID

www.SID.ir

برای تطبیق شرایط آزمون با شرایط عملیاتی، این آزمون‌ها با استفاده از *RSU* ای به اجرا گذاشته شد که در آزادراه تهران-کرج در محدوده چیتگر مستقر می‌باشد. این *RSU* بر روی یک تابلوی اطلاع رسانی جاده‌ای موسوم به *VMS* نصب شده است و از این جهت کاملا بر روی مسیر حرکت خودروها اشراف دارد. تصویر زیر موقعیت این *RSU* را نشان می‌دهد.

شکل ۹۳: موقعیت *RSU*در آزاد راه تهران-کرج محدوده چیتگر

این *RSU* در واقع مشابه تجهیزاتی است که در پروژه سپهتن باید در محل پاسگاه‌های پلیس‌راه نصب شوند. مشخصات فنی و اطلاعات سخت‌افزاری این *RSU* و شرایط انجام آزمون‌ها در جدول ۳۵ بیان شده است.

جدول ۳۵: مشخصات *RSU* مورد آزمون و شرایط اولیه آزمون‌های انجام شده

عنوان			توضیحات
شرایط سخت‌افزاری	*OBU*	شرایط آنتن	آنتن با بهره *8dbi* که بوسیله پایه مغناطیسی بر روی سقف خودرو قرار می‌گیرد.
	RSU	شرایط آنتن	آنتن *outdoor* تمام‌جهت (*Omni Directional*) با بهره *12dbi* که متصل به *RSU* در کنار مسیر قرار می‌گیرد.
پروتکل مورد استفاده برای انتقال فایل	*TCP*		
پروتکل مورد استفاده برای امنیت انتقال فایل	*TLS*		

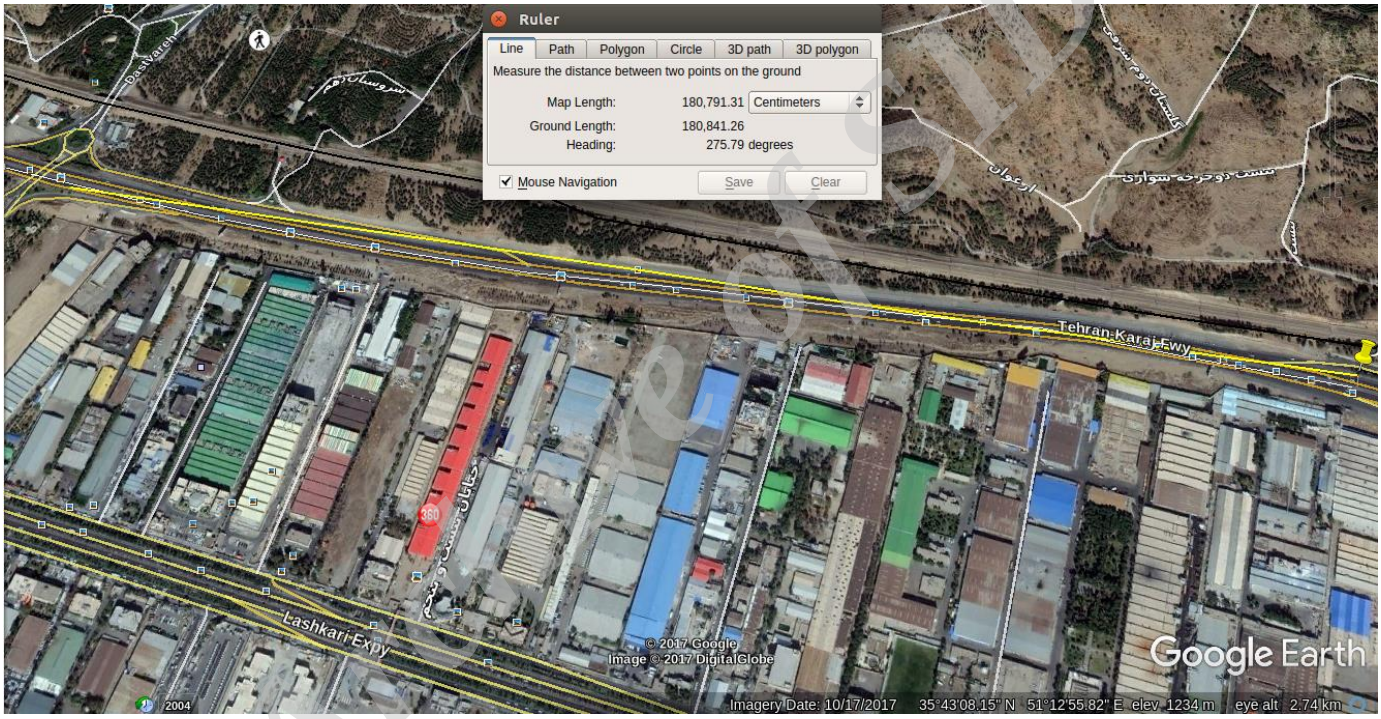
Archive of SID

www.SID.ir

عنوان	توضیحات
سرعت خودرو در زمان آزمون	۸۰-۱۰۰ (کیلومتر/ساعت)

۱۲,۷,٦. تشریح آزمون

در هر بار انجام آزمون، خودرویی که مجهز به *OBU* است، از فاصله چند کیلومتری *RSU* به سمت آن نزدیک می‌شود و بعد از قرار گرفتن در محدوده تحت پوشش *RSU* به صورت متناوب اقدام به ارسال فایل می‌کند. مسیر حرکت خودرو به سمت *RSU* در شکل ۹٤ نشان داده شده است.



شکل ۹٤: مسیر حرکت خودروها

همانطور که در شکل قابل ملاحظه است مسیر حرکت خودروها به طول حداقل ۱۸۰۰ متر در دید مستقیم *RSU* قرار دارد و می‌تواند بخوبی محدوده ۱۰۰۰ متری مورد انتظار آزمون عملیاتی را تحت پوشش قرار دهد.

فایل ارسال شده در هر مرتبه آزمون، دارای حجم مشخصی می‌باشد. در جدول ۳٦ تعداد آزمون‌ها برای حجم‌های مختلف فایل ارسالی نشان داده شده است. در خصوص حجم فایل‌ها ضروری است به این نکته اشاره شود که حجم‌های در نظر گرفته شده در آزمون‌ها به‌مراتب بیشتر از مقدار متوسط فایل‌هایی است که در پروژه سپهتن قرار است بین تجهیزات مستقر در خودرو و تجهیزات مستقر در پاسگاه مبادله شوند. بر اساس مشخصات فنی که بصورت غیر رسمی توسط سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی در این خصوص بیان شده و با توجه به بررسی‌های انجام شده

www.SID.ir

از نیازمندی‌های این پروژه حجم فایل‌ها در این پروژه با در نظر گرفتن سازوکار فشرده‌سازی به طور معمول کمتر از ۵۰ کیلو بایت می‌باشد. با این وجود در این آزمون‌ها فایل‌های با حجم بالاتر از این میزان در تبادلات مورد استفاده قرار گرفته است تا قابلیت عملکردی روش بکار گرفته شده (اصلاح مقدار *timeout*) برای سرعت بخشی به انتقال فایل در شرایط دشوار مورد ارزیابی و صحت‌سنجی قرار گیرد.

جدول ۳۶: تعداد آزمون‌ها برای حجم‌های مختلف فایل ارسالی

حجم فایل ارسالی(*KByte*)	تعداد آزمون
۳۰۰	٤
۵۰۰	۳
۷۰۰	۳
۱۰۰۰	٤

در تحلیل نتایج این آزمون‌ها برای مقایسه بهتر نتایج، بررسی موفقیت تبادل انتقال فایل، فاصله بین خودرو و تجهیزات کنار مسیر به بازه‌های ۱۰۰ متری تقسیم شده است. به‌عنوان مثال در صورتی که انتقال از فاصله ۲۵۰ متری شروع شود و در فاصله ۱۵۰ متری به پایان برسد، در روند محاسبات پهنای باند، این انتقال بر روی بازه‌های ۲۰۰-۱۰۰ و ۳۰۰-۲۰۰ لحاظ شده است. با توجه به اینکه تبادلات می‌بایست در فضای امن انجام گیرد در این آزمون‌ها از پروتکل امنیتی *TLS* و گواهینامه‌های دیجیتالی برای امن‌سازی استفاده شده است که طبیعتاً سربار انتقال فایل را افزایش می دهد. با این حال نتایج به دست آمده (که در ادامه بیان خواهند شد) حاکی از قابلیت‌های بالا و اطمینان‌بخش این کارت رادیویی و روش بکار گرفته شده برای سرعت بخشی انتقال فایل برای تأمین نیازمندی و پشتیبانی از کاربرد انتقال فایل در پروژه سپهتن می‌باشند. در ادامه ویژگی‌های مورد بررسی در این آزمون‌ها ارائه شده است.

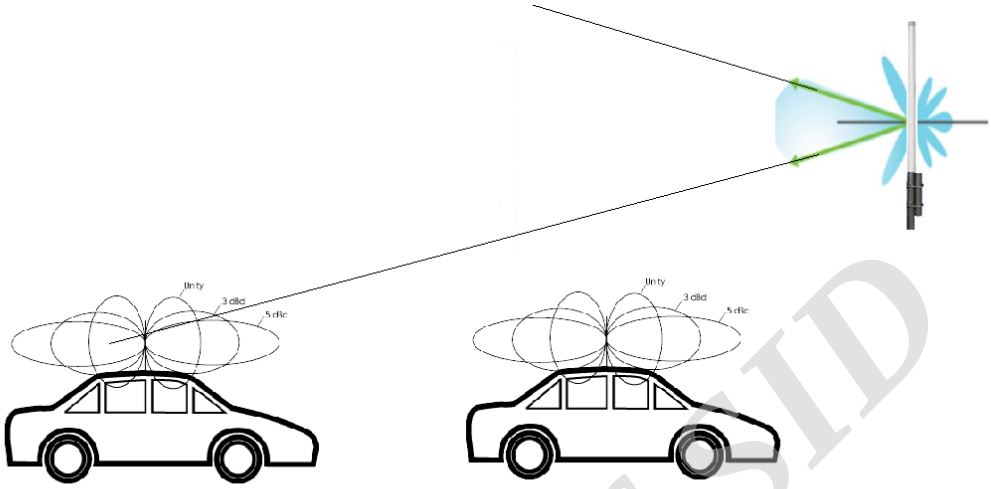
- **قابلیت اطمینان لینک به تفکیک فاصله:**

در این آزمون قابلیت اطمینان لینک ارتباطی بین خودرو در حال حرکت و *RSU* به بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده بر اساس ارسال ۱۰ بسته در ثانیه از سمت *RSU* و دریافت موفق پاسخ آنها از سمت تجهیزات درون خودرو (کارت رادیویی) به *RSU* سنجیده شده است. قابلیت اطمینان به دست آمده در این آزمون که در شکل ۹٦ نشان داده شده است، به نحوی مبنایی برای استدلال نتایج به دست آمده در دیگر آزمون‌ها می‌باشد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، بهترین وضعیت لینک ارتباطی در فاصله ۲۰۰ تا ٤۰۰ متر اتفاق می‌افتد. نکته جالب در این شکل کاهش قابلیت اطمینان لینک در نزدیکی *RSU* می‌باشد که به دلیل عدم پوشش مناسب رادیویی و ایجاد حفره ارتباطی ناشی از شرایط خاص نصب آنتن در این محدوده بوجود آمده است. شکل ۹۵ نحوه پوشش لوب

Archive of SID

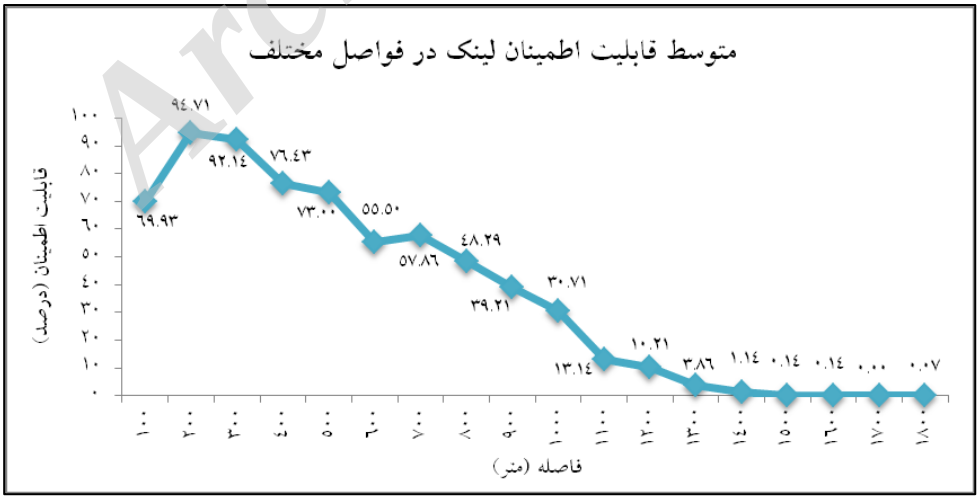
www.SID.ir

اصلی آنتن‌های کارت رادیویی و تجهیزات کنار مسیر را نشان می‌دهد. در این شکل به خوبی قابل مشاهده است چگونه با نزدیک شدن خودرو به آنتن تجهیزات کنار مسیر، کارت رادیویی مستقر در آن از محدوده لوب اصلی پوشش آن خارج می‌شود و طبیعتاً کیفیت ارتباط آن کاهش می‌یابد.



شکل ۹۵: ناحیه تحت پوشش لوب اصلی آنتن تمام جهته

همچنین نتایج بدست‌آمده حاکی از آن است که وضعیت لینک ارتباطی در بازه ۵۰۰ تا ۷۰۰ به خاطر موقعیت جغرافیایی جاده در محل آزمون دارای وضعیت مطلوبی نمی‌باشد. البته قابل ذکر است که با نصب عملیاتی تجهیزات *RSU* در ارتفاع مناسب و با توجه به موقعیت مکانی پاسگاه‌های پلیس‌راه و تمهیدات لازم، نتایج به مراتب بهتری را می‌توان در شرایط واقعی بدست آورد.



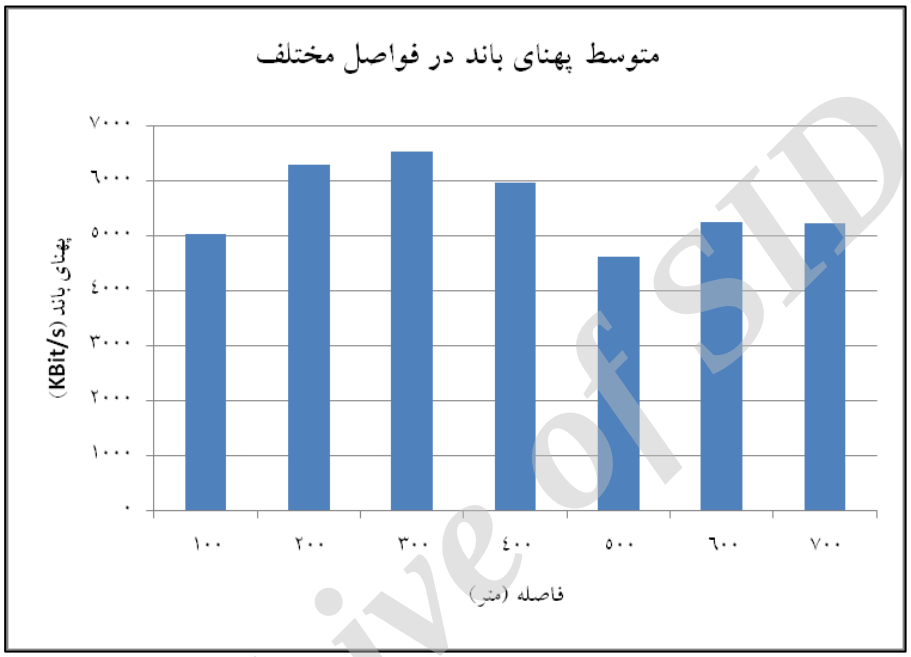
شکل ۹۶: متوسط قابلیت اطمینان لینک در فواصل مختلف

Archive of SID

www.SID.ir

- **پهنای باند انتقال به تفکیک فاصله:**

در این آزمون میزان پهنای باند موثر در انتقال فایل مورد بررسی قرار گرفت. همچون تحلیل قبل این ارزیابی در بازه‌های ۱۰۰ متری از تجهیزات کنار مسیر انجام شد. در هر محدوده میزان تبادل اطلاعات اندازه‌گیری و سپس بر زمان حضور در آن بازه تقسیم شد. در شکل ۹۷، پهنای باند متوسط محاسبه شده از این آزمون قابل مشاهده می‌باشد.



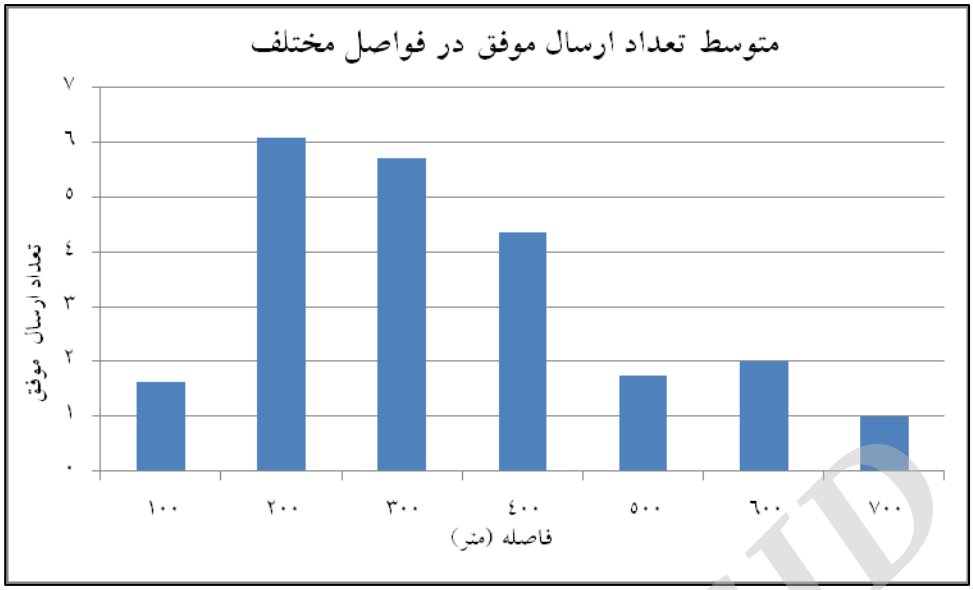
شکل ۹۷: متوسط پهنای باند درفواصل مختلف

- **تعداد موفق ارسال فایل به تفکیک فاصله:**

این آزمون نشان‌دهنده میزان موفقیت ارسال فایل در فاصله‌های مختلف می‌باشد. در شکل ۹۸ میانگین تعداد ارسال‌های موفق در فواصل مختلف برای فایل‌های با اندازه‌های متفاوت نمایش داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، مشخص است که در فاصله ۷۰۰ متری می‌توان انتقال و ارسال موفق داده‌ها را به صورت امن به تجهیزات کنار مسیر مستقر در پاسگاه به خوبی انجام داد. نتیجه دیگری که به طور مشخص از این نمودار حاصل می‌شود این است که در فواصلی که قابلیت اطمینان لینک ارتباطی بالاتر است، ارسال فایل با سهولت بیشتری انجام می گیرد. این مهم را می‌توان با مقایسه شکل‌های ۹۶ و۹۸ مشاهده نمود. همانطور که قبلا ذکر شد در فواصل نزدیک به تجهیزات کنار مسیر بدلیل الگوی پوشش آنتن‌ها عملاً کیفیت لینک ارتباطی کاهش می‌یابد و انتظار می‌رود نتایج در این بازه از کیفیت کمتری به سایر فواصل نسبتاً نزدیک داشته باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

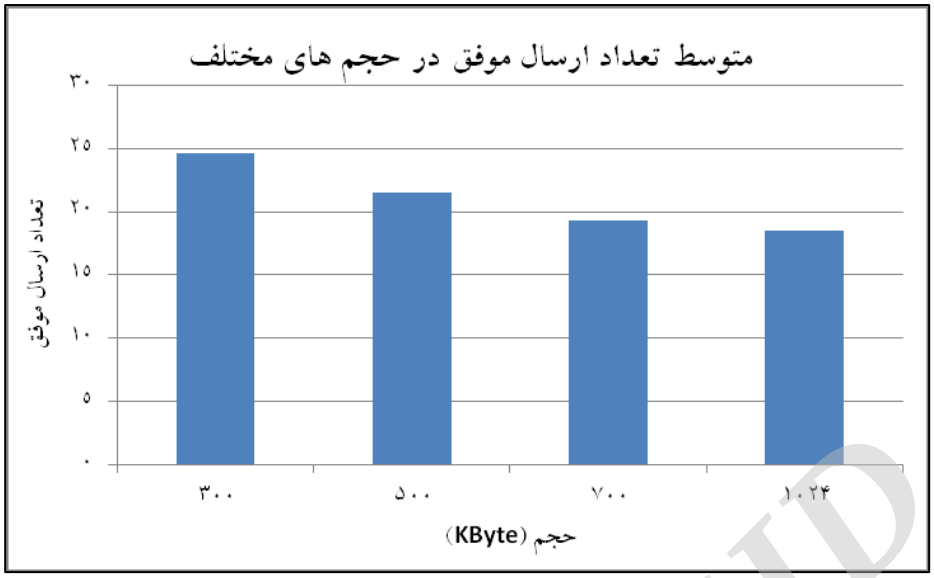


شکل ۹۸: متوسط تعداد ارسال موفق فایل در فواصل مختلف

- **تعداد کل موفقیت‌های ارسال فایل در فاصله ۰ تا ۱۰۰۰ متری قبل از رسیدن به *RSU*:**

در این آزمون از فاصله ۱۰۰۰ متری تا محل استقرار *RSU*، کارت رادیویی به طور مستمر به ارسال فایل می‌پردازد. در این آزمون می‌توان تاحدودی ظرفیت قابل استفاده برای انتقال داده در قالب فایل را برای کارت رادیویی و تجهیزات کنار مسیر مورد بررسی قرار داد. از این‌رو این آزمون می‌تواند تا حدود زیادی تخمین مناسبی از ظرفیت قابل بهره‌برداری این سامانه را برای انتقال داده‌های خودروهایی که بصورت همزمان در محدوده تجهیزات کنار مسیر در حال تردد می‌باشند ارائه دهد. به عبارتی اگر تعداد زیادی خودرو در فاصله ۰ تا ۱۰۰۰ متری از *RSU* قرار داشته باشند، انتظار موفقیت ارسال فایل با اندازه مشخص به *RSU*، چه تعداد است؟ شکل ۹۹ متوسط تعداد ارسال موفق برای حجم‌های مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رود هرچه حجم فایل افزایش داشته باشد، تعداد ارسال موفق در فاصله ۰ تا ۱۰۰۰ متر کاهش می‌یابد. همانطور که اشاره شد به طور معمول حجم فایل برای ارسال به پاسگاه در پروژه سپهتن کمتر از ۳۰۰ کیلو بایت می‌باشد، با این حال مشاهده می‌شود و می‌توان انتظار داشت که از طریق این فناوری تقریباً برای اندازه فایل‌های متداول، حداقل ۲۴ خودرو بتوانند در فاصله ۰ تا ۱۰۰۰ متر ارسال فایل موفق داشته باشند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹۹: متوسط ارسال موفق برای حجم‌های مختلف فایل

نتایج حاصل از آزمون‌های انجام گرفته نشان دهنده آن است که روش بکار گرفته شده تا حد مطلوبی انتقال فایل را می‌تواند انجام دهد.

۱۲،۸. توسعه ابزارها برای آماده‌سازی خودکار و آزمون نمونه اولیه محصول

برای آزمون نمونه کارت‌های تولید شده لازم است دو فعالیت صورت پذیرد. اول پیاده‌سازی روشی برای آماده‌سازی مناسب سیستم‌عامل و ابزارهای نرم‌افزاری مورد نیاز و دوم ابزارهایی برای اجرای آزمون‌های مورد نیاز به نحوی که بتوان از صحت عمل کارت در خصوص وظایف اصلی آن که ارتباطات با استاندارد *802.11p* و امکان انتقال فایل بصورت صحیح می‌باشد اطمینان حاصل کرد. در این بخش به نحوه توسعه این ابزارها اشاره خواهد گردید.

۱۲،۸،۱. توسعه ابزار آماده‌سازی سیستم‌عامل و ابزارهای مورد نیاز

با توجه به اینکه آماده‌سازی سیستم‌عامل و ابزارهای نرم‌افزاری مورد نیاز، دارای فرآیند نسبتاً پیچیده‌ای است و نیاز به دقت عمل در مراحل آن می‌باشد و از آنجایی‌که در مراحل آزمون نیاز به تکرار آماده‌سازی وجود دارد، لازم است برای ساده‌کردن و کاهش خطا در کارت‌های آماده شده برای آزمون از سازو کار خودکار برای آماده سازی استفاده شود. علاوه بر این ایجاد ساز و کار خودکار آماده‌سازی یکی از ملزومات مهم در خط تولید این نوع از کارت‌های رادیویی می‌باشد. از اینرو توسعه این ساز و کار می‌تواند بعنوان پایه‌ای برای بخش آماده سازی *firmware* کارت‌های رادیویی در خط تولید انبوه بکار گرفته شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲,۸,۲.ابزار آزمون کارت رادیویی و فرآیند انتقال فایل

برای آزمون نمونه اولیه نیازمند ابزارهایی برای آن می‌باشیم. این ابزارها شامل دو دسته می‌باشند. اول ابزارهایی که نشان می‌دهند، ارتباطات رادیویی کارت رادیویی طراحی شده مطابق با استاندارد انجام می‌گیرد و دوم ابزارهایی می‌باشند که نشان می‌دهند کاربردهای هدف در پروژه یعنی انتقال فایل در ساده‌ترین شکل خود بر روی این کارت قابل انجام هستند. از آنجا که ابزارهای دسته اول عموماً در توزیع‌های سیستم‌عامل لینوکس برای شبکه‌های بی‌سیم وجود دارند، نیاز به توسعه و یا آماده‌سازی خاصی برای آنها نیست. از جمله این ابزارها می‌توان به دستورات *iw*، *iwlist* و *ping* اشاره کرد که برای بررسی ارتباطات و تطبیق باند فرکانسی و استاندارد ارتباطی بکار گرفته می‌شوند. هر چند ابزارهایی نیز برای انتقال فایل در سیستم‌عامل وجود دارند لیکن برای انجام کامل فرآیند انتقال فایل از دستگاه *AVL* تا نرم‌افزار پاسگاه عملاً کفایت نمی‌کند.

این سامانه جهت آزمون ارسال فایل با پروتکل‌های تعیین شده توسط سازمان پژوهش‌ها و همچنین پشته پروتکلی *TCP/IP* استاندارد، طراحی شده است. برای این منظور می‌توان از طریق نرم‌افزار این سامانه، دستگاه کارت رادیویی را مورد آزمون قرار داد که در بخش‌های بعد به آن اشاره خواهد گردید.

۱۲,۹. انتقال فایل از تجهیزات کنار مسیر به سامانه نرم‌افزاری مستقر در پاسگاه

برای انتقال فایل میان تجهیزات کنار مسیر (*RSU*) به سامانه سپهتن مستقر در پاسگاه‌های پلیس‌راه پروتکلی در این بخش ارائه شده است که بر پایه پروتکل *TCP/IP* می‌باشد. در ادامه پروتکل انتقال فایل بین *RSU* و سامانه سپهتن تشریح می‌شود. لازم به ذکر است تمامی داده‌های عددی با اندازه بیشتر از یک بایت در این سند به صورت *Big-endian* ارسال می‌شوند.

۱۲,۹,۱.پروتکل انتقال فایل

RSU با داشتن آدرس *IP* و پورت سامانه سپهتن، با برقراری اتصال *TCP* (در صورت نیاز استفاده از پروتکل امنیتی *TLS*) محتویات فایل را به سامانه سپهتن ارسال خواهد کرد. بعد از برقرار شدن این ارتباط، *RSU* یک بسته که حاوی اطلاعات کلی پروتکل، مشخصه فرستنده و فایل موردنظر است را به سامانه سپهتن ارسال می‌کند. فرمت کلی این بسته مطابق جدول ۳۷ می‌باشد.

جدول ۳۷: ساختار کلی بسته درخواست انتقال فایل

General title	*Version information*	*Sender information*	*File information*
Number of fields	*1*	*5*	*3*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳۸ بخش‌های اطلاعات فرستنده و نسخه‌ی پروتکل را نشان می‌دهد. قسمت *version* مربوط به عدد نسخه پروتکل می‌باشد. یک بایت از بسته به این فیلد تخصیص داده شده است که می‌تواند ۲۵۵ نسخه را پشتیبانی کند. در حال حاضر این بایت با مقدار *0x01* مقداردهی می‌شود. پنج فیلد بعدی تحت عنوان اطلاعات فرستنده[1] می‌باشد. فیلد اول این بخش نوع خدمات را نشان می‌دهد. این فیلد یک بایت می‌باشد و می‌تواند با مقادیر *0x01* برای خدمات ایمنی و *0x02* برای خدمات غیرایمنی مقداردهی شود. با توجه به ماهیت غیر ایمنی کاربرد انتقال فایل این فیلد برای پروژه سپهتن با مقدار *0x02* مقداردهی می‌شود. *Service ID* دو بایت است و نشان‌دهنده‌ی شماره خدمات می‌باشد. شماره خدمات انتقال فایل در پروژه سپهتن *0x0030* در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۳۸: ساختار قسمت اطلاعات فرستنده و نسخه پروتکل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل

	Version info	*Sender information*				
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*

Sender type مشخص‌کننده نوع دستگاه (*OBU*[2], *RSU*[3], *CCR*[4]) می‌باشد و اندازه آن یک بایت است. برای دستگاه‌های *RSU* مقدار این فیلد *0x01*، برای دستگاه‌های *OBU*، *0x02* و برای *CCR*، مقدار *0x03* می‌باشد. فیلد بعدی *Vendor ID* است. برای هر تولیدکننده شناسه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در این فیلد مقدار آن قرار خواهد گرفت. تولید کنندگان تجهیزات از این فیلد می‌توانند برای شناسایی تولیدات خود استفاده نمایند. این شناسه توسط سازمان– راهداری و یا سازمان‌های مسئول تنظیمات سراسری(رگولاتوری) پروژه همچون سازمان پژوهش‌ها تعیین و در اختیار تولیدکنندگان برای استفاده قرار می‌گیرد. طول این فیلد دو بایت است. چهار بایت بعدی که با عنوان *Device ID* مشخص شده است برای استفاده تولیدکنندگان برای تعیین شماره سریال کارت‌های رادیویی تولیدی یا تولیدات نرم‌افزاری خود مورد استفاده قرار می‌گیرد. تولیدکنندگان تجهیزات سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری سامانه سپهتن می‌توانند به اختیار این فیلد را مقداردهی نمایند. علاوه بر این، در این بسته بخش اطلاعات فایل نیز وجود دارد که اطلاعات

[1] *sender information*
[2] *On Board Unit*
[3] *Road Side Unit*
[4] *Central Control Room* (مستقر درسامانه سپهتن پلیس راه)

Archive of SID

www.SID.ir

فیلدهای مختلف این بخش در جدول ۳۹ نشان داده شد است. این بخش از بسته حاوی فیلدهای اسم فایل به طول ۱۰۸ بایت و اندازه فایل به طول چهار بایت می‌باشد. تعداد ٦٤ بایت انتهای این بسته برای نیازمندی‌های آینده رزرو شده است.

جدول ۳۹: ساختار قسمت اطلاعات فایل بسته تقاضای انتقال فایل

	File information		
Size	*108*	*4*	*64*
Type	*char[108]*	*uint32_t*	*Unspecified*
Name	*filename*	*File size*	*Reserved*

جدول ٤٠ و جدول ٤١ نشان‌دهنده‌ی بخش‌های اطلاعات نسخه، اطلاعات فرستنده و اطلاعات فایل مربوط به بسته‌ی تقاضا برای ارسال فایلی با نام *event-report-file* و اندازه ۳۰۷۲۰۰ بایت توسط *RSU* می‌باشند. در این مثال فیلد *Vendor_ID* برای سازمان جهاد دانشگاهی با مقدار *0x01* مقداردهی شده است.

جدول ٤٠: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فرستنده بسته‌ی تقاضای انتقال فایل

	Version information	*Sender information*				
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*
Name	*Version*	*Service_class*	*Service_id*	*Sender_type*	*vendor_id*	*Device_id*
Hex value	*0x01*	*0x02*	*0x30*	*0x01*	*0x01*	*0x02*
Decimal value	*1*	*2*	*48*	*1*	*1*	*2*
String representation	-	-	-	-	-	-
Buffer representation	*01020030010001 00000002*					

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤١: نمونه‌ای از بخش اطلاعات فایل بسته‌ی تقاضای انتقال فایل

	File information		
Size	*108*	*4*	*64*
Type	*char[108]*	*uint32_t*	*unspecified*
Name	*Filename*	*File size*	*reserved*
Hex value	-	*0x04B000*	-
String representation	*e v e n t - r e p o r t - f i l e '\0' ... '\0'*	-	-
Buffer representation	*event-report-file\0...\00004B000*		

سامانه سپهتن پلیس‌راه هنگامی که بسته اطلاعات فایل را از *RSU* دریافت کند، در صورت آمادگی برای دریافت فایل، یک تأییدیه انتقال[1] چهار بایتی با مقدار اندازه فایل (تعداد بایت‌ها) به *RSU* ارسال می‌کند. فرمت این تأییدیه برای *event-report-file* مطابق جدول ۳۱ می‌باشد:

جدول ٤٢: ساختار بسته تأییدیه انتقال فایل به همراه مثال

Size	*4*
Type	*uint32_t*
Name	*File size (Transfer confirmation)*
Hex value	*0x04B000*
Decimal value	*307200*
Buffer representation	*0004B000*

در صورتی که مقدار این تأییدیه برابر صفر باشد به معنی عدم آمادگی سامانه سپهتن پلیس‌راه برای دریافت فایل حاضر می‌باشد. *RSU* بعد از دریافت تأییدیه (در صورت برابر بودن آن با اندازه فایل) ، انتقال محتوای فایل را آغاز می‌کند و بعد از ارسال تمام محتویات فایل، منتظر دریافت تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه می‌گردد. تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه یک عدد چهاربایتی می‌باشد. *RSU* با دریافت این عدد و مقایسه آن با تعداد بایت‌های فایل موردنظر جهت انتقال، از موفقیت‌آمیز بودن یا نبودن انتقال فایل مطلع می‌گردد. فرمت بسته ارسالی مبنی بر تعداد بایت‌های دریافت‌شده توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه مطابق جدول ٤٣ می‌باشد:

[1] *Transfer confirmation*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤٣: ساختار بسته نتیجه انتقال (ارسالی از سمت سامانه سپهتن پلیس‌راه)

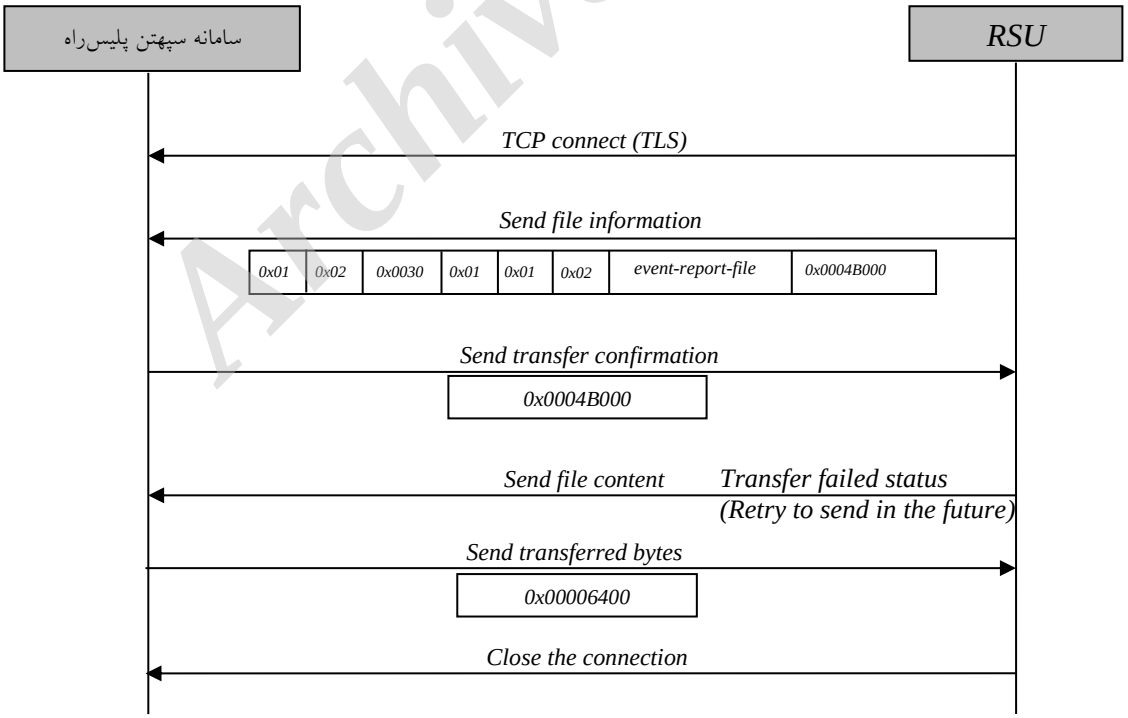
Size	*4*
Type	*uint32_t*
Name	*Transferred bytes*

جدول ٤٤ نشان‌دهنده‌ی دریافت ۲۵ کیلوبایت داده توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه می‌باشد:

جدول ٤٤: مثالی از بسته تعداد بایت‌های دریافتی توسط سامانه سپهتن پلیس‌راه

Size	*4*
Type	*uint32_t*
Name	*Transferred bytes*
Hex value	*0x6400*
Decimal value	*25600*
Buffer representation	*00006400*

در صورتی که *RSU* از موفقیت‌آمیز بودن انتقال مطلع شود فایل ارسال‌شده از روی *RSU* حذف می‌شود و در غیر اینصورت جهت ارسال فایل مجددا اقدام خواهد شد. شمای کلی فرآیند انتقال فایل به سامانه سپهتن پلیس‌راه در شکل ۱۰۰ نشان داده شده است. محتوای بسته انتقالی بین *RSU* و سامانه سپهتن پلیس‌راه برای مثال‌های ذکر شده در این سند (به استثنای محتوای فایل)، در کنار خطوط جهت‌دار نمایش داده شده است.



شکل ۱۰۰: شمای کلی فرآیند انتقال فایل از *RSU* به سامانه سپهتن پلیس‌راه

Archive of SID

www.SID.ir

۱۲,۹,۲.نرم افزار ارسال دستور از *RSU* به *OBU*

یکی از نیازهای طرح شده توسط پلیس راهور امکان ارسال دستورات خاص به خودروها از طریق کارت رادیویی می‌باشد. هدف از این کاربرد اعلام دستور مورد نظر پلیس راهور به رانندگان می‌باشد. عمده کاری که لازم است برای توسعه این نرم‌افزار انجام شود تدوین و پیاده‌سازی پروتکلی است که بتواند این نیاز را پاسخ گوید.

پروتکل ارسال دستور (*Command*) به این صورت می‌باشد که کارت رادیویی هنگام رسیدن به پاسگاه، بسته‌های اعلان دستور را از *RSU* مستقر در پاسگاه پلیس راهور دریافت کرده و سپس عمل متناسب را اجرا خواهد کرد. این دستورها بر روی پروتکل *UDP* ارسال می‌شوند. در اینجا به دلیل سهولت اجرای آزمون ارسال دستور این آزمون به صورت یکطرفه در نظر گرفته شده است. بدین نحو که بعد از دریافت دستور دیگر پیغامی به *RSU* ارسال نخواهد شد و صرفاً عملی بر روی کارت رادیویی و یا تجهیز ردیاب (*AVL*) اجرا خواهد گردید.

لازم به ذکر است تمامی داده‌های عددی با اندازه بیشتر از یک بایت در این سند به صورت *Big-endian* ارسال می‌شوند.

۱. بخش اعلان خدمات پاسگاه

برای اعلان دستور (*Command*) از *RSU* به کارت رادیویی، نیاز است که کارت رادیویی از دستور*RSU* مطلع شود. این امر با ارسال بسته‌های *UDP* اعلان دستور توسط *RSU* و دریافت این بسته‌ها توسط کارت رادیویی انجام می‌شود. *RSU* با تواتر مشخصی بسته‌های اعلان دستور را به صورت همه‌پخشی[1] و یا به آدرس خاص ارسال می‌کند. ساختار این بسته‌ها درجدول ۳٤ نمایش داده شده است.

جدول ٤٥: **ساختار بسته‌ی اعلان خدمات *RSU***

	Version info	*Sender information*					*Command info*		*Address info*	
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*	*1*	*128*	*4*	*2*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*	*uint8_t*	*-*	*Uint32_t*	*uint16_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*	*Command ID*	*Data*	*IPv.4*	*Port*

[1] *Broadcast*

Archive of SID

www.SID.ir

در این بسته فیلد *Version* مربوط به عدد نسخه پروتکل می‌باشد. یک بایت از بسته به این فیلد تخصیص داده شده است که می‌تواند ۲۵۵ نسخه را پشتیبانی کند. در حال حاضر این بایت با مقدار *0x01* مقداردهی می‌شود. فیلد بعدی نوع خدمات را نشان می‌دهد. این فیلد یک بایت می‌باشد و می‌تواند با مقادیر *0x01* برای خدمات ایمنی و *0x02* برای خدمات غیرایمنی مقداردهی شود. با توجه به ماهیت غیر ایمنی کاربرد انتقال فایل این فیلد برای پروژه سپهتن با مقدار *0x02* مقداردهی می‌شود. *Service id* دو بایت است و نشان‌دهنده‌ی شماره خدمات می‌باشد. شماره خدمات انتقال فایل در پروژه سپهتن *0x0030* در نظر گرفته شده است.

فیلد *Sender type* مشخص‌کننده نوع دستگاه (*OBU*[1], *RSU*[2], ...) می‌باشد و اندازه آن یک بایت است. برای دستگاه‌های *RSU* مقدار این فیلد *0x01* و برای دستگاه‌های *OBU*، *0x02* می‌باشد. فیلد بعدی *Vendor ID* است. برای هر تولیدکننده شناسه‌ای در نظر گرفته می‌شود که در این فیلد مقدار آن قرار خواهد گرفت. تولید کنندگان تجهیزات از این فیلد می‌توانند برای شناسایی تولیدات خود استفاده نمایند. این شناسه توسط سازمان‌راهداری و یا سازمان‌های مسئول تنظیمات سراسری (رگولاتوری) پروژه مانند سازمان پژوهش‌ها تعیین و در اختیار تولیدکنندگان برای استفاده قرار می‌گیرد. طول این فیلد دو بایت است. چهار بایت بعدی که با عنوان *Device ID* مشخص شده است برای استفاده تولیدکنندگان برای تعیین شماره سریال کارت‌های رادیویی تولیدی خود مورد استفاده قرار می‌گیرد. تولیدکنندگان می‌توانند به اختیار این فیلد را مقداردهی نمایند. فیلد بعدی *Command ID* است که اندازه آن یک بایت است و با این فیلد، می توان شناسه دستور مورد نظر را ارسال کرد. فیلد بعدی از بسته بخش *Data* می باشد که وابسته به *Command ID* می تواند مقادیر مختلفی داشته باشد. به طور مثال در صورتی که بخواهیم چراغ *LED* را روشن کنیم این فیلد می‌تواند زمان روشن ماندن چراغ *LED* را مشخص کند. فیلد بعدی آدرس *IPv.4* است که اندازه آن چهار بایت است و با این فیلد، *IP* کارت رادیویی*RSU* معرفی می‌شود. آخرین فیلد از بسته شماره پورت *RSU* است که دو بایت از بسته را اشغال می‌کند و مقدار آن برابر با شماره پورتی خواهد بود که *RSU* بر روی آن منتظر اتصال جدید و دریافت فایل خودروها می‌باشد. در جدول ٤٦ یک مثال عددی از بسته اعلان خدمات *RSU* نشان داده شده است:

[1] *On Board Unit*
[2] *Road Side Unit*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤٦: مثال عددی از بسته‌ی اعلان خدمات *RSU*

	Version info	*Sender information*					*Command info*		*Address info*	
Size	*1*	*1*	*2*	*1*	*2*	*4*	*1*	*128*	*4*	*2*
Type	*uint8_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint8_t*	*uint16_t*	*uint32_t*	*uint8_t*	*-*	*Uint32_t*	*uint16_t*
Name	*Version*	*Service class*	*Service ID*	*Sender type*	*Vendor ID*	*Device ID*	*Command ID*	*Data*	*IPv.4*	*Port*
Hex value	*0x01*	*0x02*	*0x0030*	*0x01*	*0x01*	*0x01*	*0x01*	*0x05*	*0x0A0A0A0B*	*0x0BD6*
Decimal value	*1*	*2*	*48*	*1*	*1*	*1*	*1*	*5*	*-*	*3030*
String representation	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*-*	*10.10.10.11*	*-*

در این مثال فیلد *Vendor ID* برای سازمان جهاد دانشگاهی صنعتی شریف با مقدار *0x01* مقداردهی شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳. آزمون‌ها و تأییدیه‌ها

۱۳,۱. مقدمه

بطور معمول هر نوع محصول نوظهور فناورانه برای آنکه بتواند وارد بازار مصرف شود نیاز است دارد مراحلی از آزمون و تأیید مراجع ذیصلاح را بگذراند که به لحاظ ماهیت با یکدیگر تفاوت‌هایی را دارند. آزمون‌ها و تأییدیه‌های مورد نیاز برای کارت به سه قسمت تقسیم می‌شود که در این بخش به آن پرداخته خواهد شد. این آزمون‌ها عبارتند از:

- آزمون سازمان مقررات رادیویی برای تأیید باند فرکانسی مورد استفاده کارت رادیویی
- آزمون عملکرد کارت رادیویی و تطبیق آن با عملکرد کارت رادیویی تجهیزات سپهتن توسط سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی
- آزمون ارزیابی میدانی کارایی عملکرد معاونت فناوری اطلاعات نیروی انتظامی

۱۳,۲. آزمون و تأییدیه سازمان مقرارت رادیویی

برای تجهیزات رادیویی آزمون‌های سازمان مقررات رادیویی برای تأیید باند فرکانسی مورد استفاده تجهیزات و تطبیق آن با مقررات فرکانسی کشور از اهمیت زیادی برخوردار است. از آنجا که کارت رادیویی حاضر از استاندارد نو ظهوری بهره می‌برد که بلحاظ باند فرکانسی مورد استفاده با بقیه فناوری‌های موجود متفاوت بوده و در عین حال نیازمند تخصیص باند بصورت اختصاصی می‌باشد، مجموعه‌ای از تعاملات با سازمان مقررات رادیویی از سال ۹۱ آغاز گردید که در ابتدا تنها به صدور مجوزهای محدود برای اجرای پروژه سامانه هوشمند خودرویی گردید. لیکن به دلیل آنکه تجاری سازی دستاوردهای این فناوری در قالب پروژه‌های بزرگی همچون سپهتن در برنامه‌های گروه پژوهشی فناوری اطلاعات قرار داشت، می‌بایست باند فرکانسی مورد استفاده توسط این فناوری به رسمیت شناخته می‌شد تا امکان کسب تأییدیه برای محصولات این فناوری فراهم می‌گردید. این تعاملات منجر به رسمیت بخشی به بکارگیری باند فرکانسی *5.850GHz* تا *5.9GHz* برای این فناوری در قالب ۷ کانال ۱۰ مگاهرتزی گردید.

با آماده شدن کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p*، و رسمیت بخشی به این فناوری از سوی سازمان مقررات رادیویی می‌بایست تأییدیه بکارگیری این محصول در قالب استاندارد *802.11p* از این سازمان اخذ می‌گردید. برای این منظور آزمایشگاه تجهیزات برد کوتاه دانشگاه تهران معرفی و کارت رادیویی با پیکربندی مورد نیاز آزمایشگاه در اختیار آن قرار گرفت. تأییدیه سازمان مقررات رادیویی ناشی از بررسی این آزمایشگاه در قالب یک مستند در تاریخ ۹۶/۹/۱۸ به مجری اعلام گردید که در شکل ۱۰۱ ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تاریخ ثبت : ۱۳۹۶/۰۹/۱۸
شماره ثبت : ۱۰۲/۴/۵۵۶۴۸
پیوست : ندارد

جمهوری اسلامی ایران
وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات

سازمان تنظیم مقررات و ارتباطات رادیویی
ادارهٔ کل استاندارد و تأیید نمونه

جناب آقای مردانی
سرپرست محترم معاونت پژوهشی جهاد دانشگاهی صنعتی شریف
(تهران، شمال دانشگاه صنعتی شریف، خیابان شهید قاسمی، پلاک۷۱)

با سلام؛

احتراماً بازگشت به نامه شماره ۹۶/۰۶/۹۵۶/ص مورخ ۹۶/۹/۴ در خصوص ماژول رادیویی مارک JDSRC مدل RC16-1 مورد استفاده در وسایل نقلیه جهت ارتباطات هوشمند خودرویی ، به آگاهی می رساند مطابقت نمونه مذکور با استاندارد EN 302 571 و ضابطه ملی ۹۰۱۲ CRA-DEC مورد تایید می باشد.

گرشاسب جمشیدنژاد
مدیرکل

Archive of SID

شکل ۱۰۱: تأییدیه سازمان تنظیم مقررات رادیویی

۱۳،۳. تجهیز آزمایشگاه مرجع سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی برای آزمون عملکرد کارت رادیویی

به منظور شکل دهی به یک آزمایشگاه مرجع برای نظارت بر محصولات بکار گرفته شده در پروژه سپهتن، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی از سوی سازمان راهداری انتخاب گردید. این سازمان برای تجهیز بخش ارتباطات خوردویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* آزمایشگاه خود تعاملاتی را با مجری به عنوان تنها مرجع دانش فنی در این حوزه در کشور برقرار نمود. از آنجایی که تأمین تجهیزات آزمایشگاهی این فناوری که توسط شرکت معروف *Rohd & Schwarz* دارای دو چالش بزرگ هزینه و همکاری این شرکت با شرکت اسراییلی *Autotalk* می‌باشد، عملاً تأمین تجهیزات از این دست منتفی گردید. از آنجا که هدف سازمان پژوهش‌ها بررسی عملکرد صحیح تجهیزات در راستای پروژه سپهتن بود، این سازمان از مجری تقاضای همکاری نمود تا از طریق تجهیزات قبلی بکار گرفته شده در پروژه سامانه ارتباطات هوشمند خودرویی و تامین نرم‌افزارهای مورد نیاز تجهیز این بخش از آزمایشگاه آن را بر عهده بگیرد تا اگر پس از مدتی محصول دیگری توسط شرکت‌های فعال با استاندارد *802.11p* تولید شود امکان آزمایش و بررسی آن وجود داشته باشد.

www.SID.ir

بر این اساس در کنار آماده‌سازی کارت رادیویی برای آزمون عملکرد، پیکربندی تجهیزات نسل قبل و توسعه نرم‌افزاری برای بررسی عملکرد صحیح کارت رادیویی مبتنی بر استاندارد *802.11p* در دستور کار مجری قرار گرفت. این محصول سخت‌افزاری و نرم‌افزاری با تأیید سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی در آزمایشگاه نصب و راه‌اندازی گردید. ویژگی‌های این سامانه و عملکرد آن در پیوست ارائه شده است. از اینرو عملاً آزمون کارت رادیویی تولید شده توسط مجری توسط سامانه طراحی شده توسط خود مجری مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین علاوه بر عملکرد این کارت رادیویی آزمون‌های محیطی نیز توسط این سازمان توسط تجهیزات مختلف در دمای ۲۰- تا ۷۰+ سانتیگراد و تحت ارتعاش ۵ هرتز به اجرا گذاشته شد. در شرایط آزمون کارت رادیویی با تعامل با تجهیزات آزمون عملکرد (که در بالا ذکر گردید) عملکرد صحیح خود را به نمایش گذاشت.

در تأییدیه‌ای که در تصویر ۱۰۲ قابل مشاهده است ، این سازمان اتمام آزمون‌های عملکردی به جز آزمون‌های محیطی را اعلام کرده است و در معرفی‌نامه‌ای که در تصویر ۱۰۳آمده است، این سازمان تأیید کرده‌است که آزمون تجهیزات رادیویی نیز به اتمام رسیده است و این محصول را برای انجام آزمون‌های میدانی به معاونت فاوای ناجا معرفی کرده است.

Archive of SID

www.SID.ir

FROM :

FAX NO. :

Jul. 06 2011 10:48PM P1

تاریخ: ۹۵۰۴۸۶۰
شماره: ۱۳۹۵/۱۰/۳۶
پیوست دارد

بسمه تعالی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

جناب آقای مهندس فرامرز مداح
مدیرکل محترم دفترفناوری اطلاعات - سازمان راهداری وحمل و نقل جاده‌ای

موضوع: گزارش آزمون تجهیزات RSU سازندگان داخلی با پروتکل 802.11.P

با سلام و احترام،
پیرو درخواست آن مدیریت محترم در ارتباط با تست تجهیزات RSU طبق پروتکل 802.11.P تهیه شده توسط جهاد دانشگاهی شریف و شرکت اطلس پیمایش موارد ذیل را به استحضار می رساند.
هماهنگی و آزمون های لازم بین دو مجموعه تولید کننده جهت برقراری ارتباط متقابل بین واحدهای RSU و ماژول DSRC به صورت ضربدری در طی چندین جلسه مورد آزمون و بررسی قرار گرفت. در نهایت آزمون برقراری ارتباط با موفقیت انجام پذیرفت.
در ادامه هماهنگی با شرکت توسعه دهنده نرم افزار پاسگاه (شرکت ره نگار هوشمند) جهت برقراری ارتباط با واحد RSU و امکان ارسال فایل از RSU به نرم افزار پاسگاه صورت پذیرفت که در نهایت ارتباط با نرم افزار پاسگاه با موفقیت انجام شد.صورت جلسات مربوطه به پیوست ایفاد می گردد.
در پایان از نظر آزمایشگاه ITS این پژوهشکده زیرسیستم RSU هر دو مجموعه از نظر عملکردی (Functional Test) مورد تایید و قابل استفاده در پروژه سیهتن می باشند.
در ارتباط با ماژول های DSRC خودرویی هر دو مجموعه لازم است آزمونهای محیطی طبق استاندارد محصولات خودرویی انجام و نهایی گردد.

با آرزوی توفیق الهی

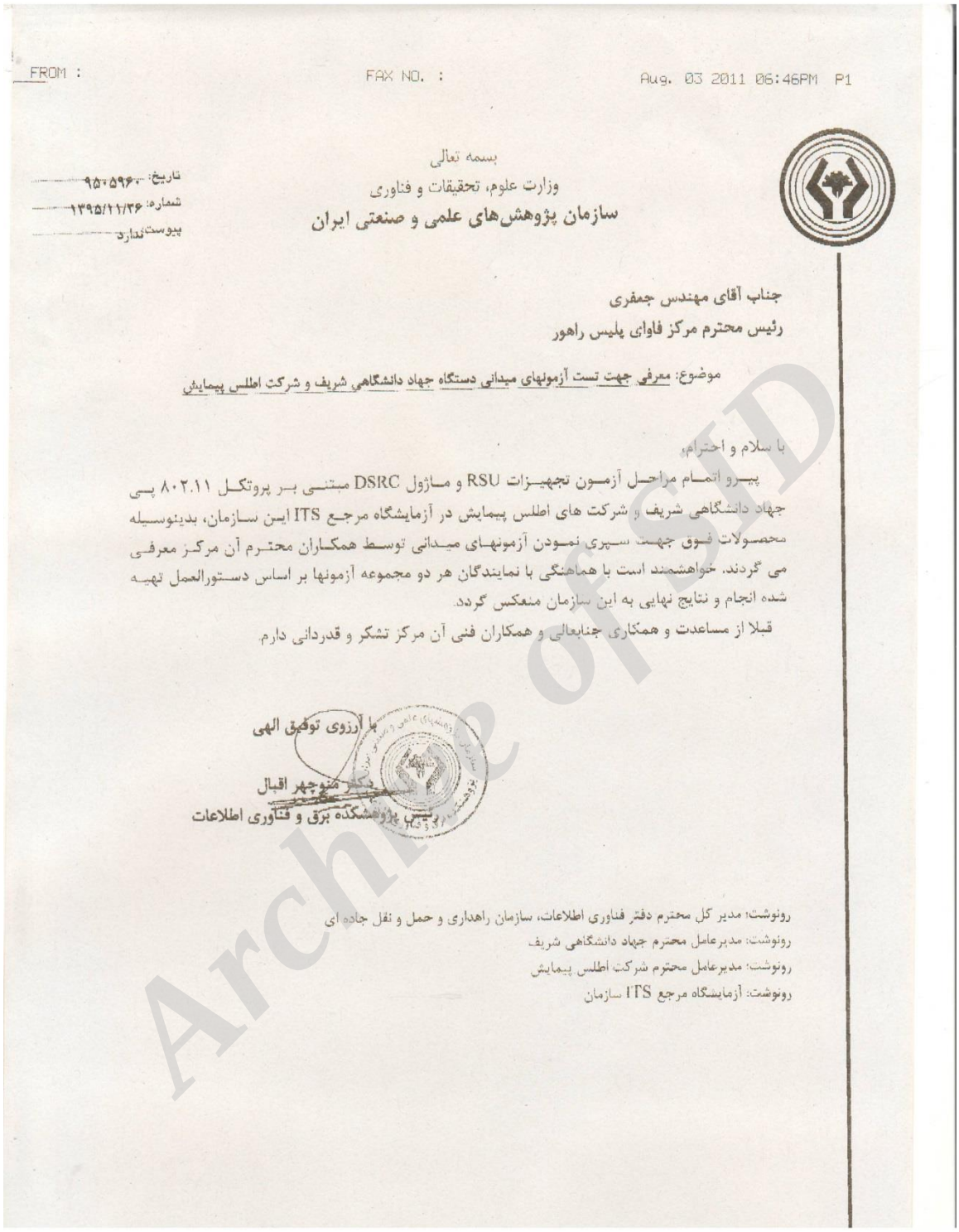
دکتر منوچهر اقبال
رئیس پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات

رونوشت: مدیرعامل محترم شرکت اطلس پیمایش، جهت استحضار
" : مدیرعامل محترم شرکت ره نگار هوشمند، جهت استحضار

Archive of SID

شکل ۱۰۲: اعلام آزمون‌های عملکردی به جز آزمون‌های محیطی توسط سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی

www.SID.ir



FROM : FAX NO. : Aug. 03 2011 06:46PM P1

بسمه تعالی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران

تاریخ: ۹۵۰۵۹۶۰
شماره: ۱۳۹۵/۱۱/۳۶
پیوست ندارد

جناب آقای مهندس جمفری
رئیس محترم مرکز فاوای پلیس راهور

موضوع: معرفی جهت تست آزمونهای میدانی دستگاه جهاد دانشگاهی شریف و شرکت اطلس پیمایش

با سلام و احترام،

پیرو اتمام مراحل آزمون تجهیزات RSU و ماژول DSRC مبتنی بر پروتکل ۸۰۲.۱۱ پی جهاد دانشگاهی شریف و شرکت های اطلس پیمایش در آزمایشگاه مرجع ITS ایمن سازمان، بدینوسیله محصولات فوق جهت سپری نمودن آزمونهای میدانی توسط همکاران محترم آن مرکز معرفی می گردند. خواهشمند است با هماهنگی با نمایندگان هر دو مجموعه آزمونها بر اساس دستورالعمل تهیه شده انجام و نتایج نهایی به این سازمان منعکس گردد.

قبلا از مساعدت و همکاری جنابعالی و همکاران فنی آن مرکز تشکر و قدردانی دارم.

با آرزوی توفیق الهی

دکتر منوچهر اقبال
رئیس پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات

رونوشت: مدیر کل محترم دفتر فناوری اطلاعات، سازمان راهداری و حمل و نقل جاده ای
رونوشت: مدیرعامل محترم جهاد دانشگاهی شریف
رونوشت: مدیرعامل محترم شرکت اطلس پیمایش
رونوشت: آزمایشگاه مرجع ITS سازمان

Archive of SID

شکل ۱۰۳: تأییدیه اتمام آزمون‌های تجهیزات رادیویی و معرفی به مرکز فاوای راهور ناجا جهت شروع آزمون‌های میدانی

www.SID.ir

۱۳,٤. آزمون میدانی توسط معاونت فاوای ناجا

از آنجا که بهره بردار اصلی سامانه سپهتن پلیس راهور می‌باشد، معاونت فناوری اطلاعات نیروی انتظامی بعنوان متولی توسعه فناوری اطلاعات در نیروی انتظامی نظارت بر پروژه را در این نیرو برعهده دارد. با توجه به این موضوع برای تأیید عملکرد کارت‌رادیویی در انتقال فایل مجموعه‌ای از آزمونها توسط این معاونت در نظر گرفته شد که علاوه بر آزمون عملکرد یک کارت رادیویی در خودرو، دو موضوع سرعت‌های متغیر و تعدد کارت‌ها در محدوده پاسگاه را مدنظر قرار می‌داد. دلایل این موارد عبارتند از:

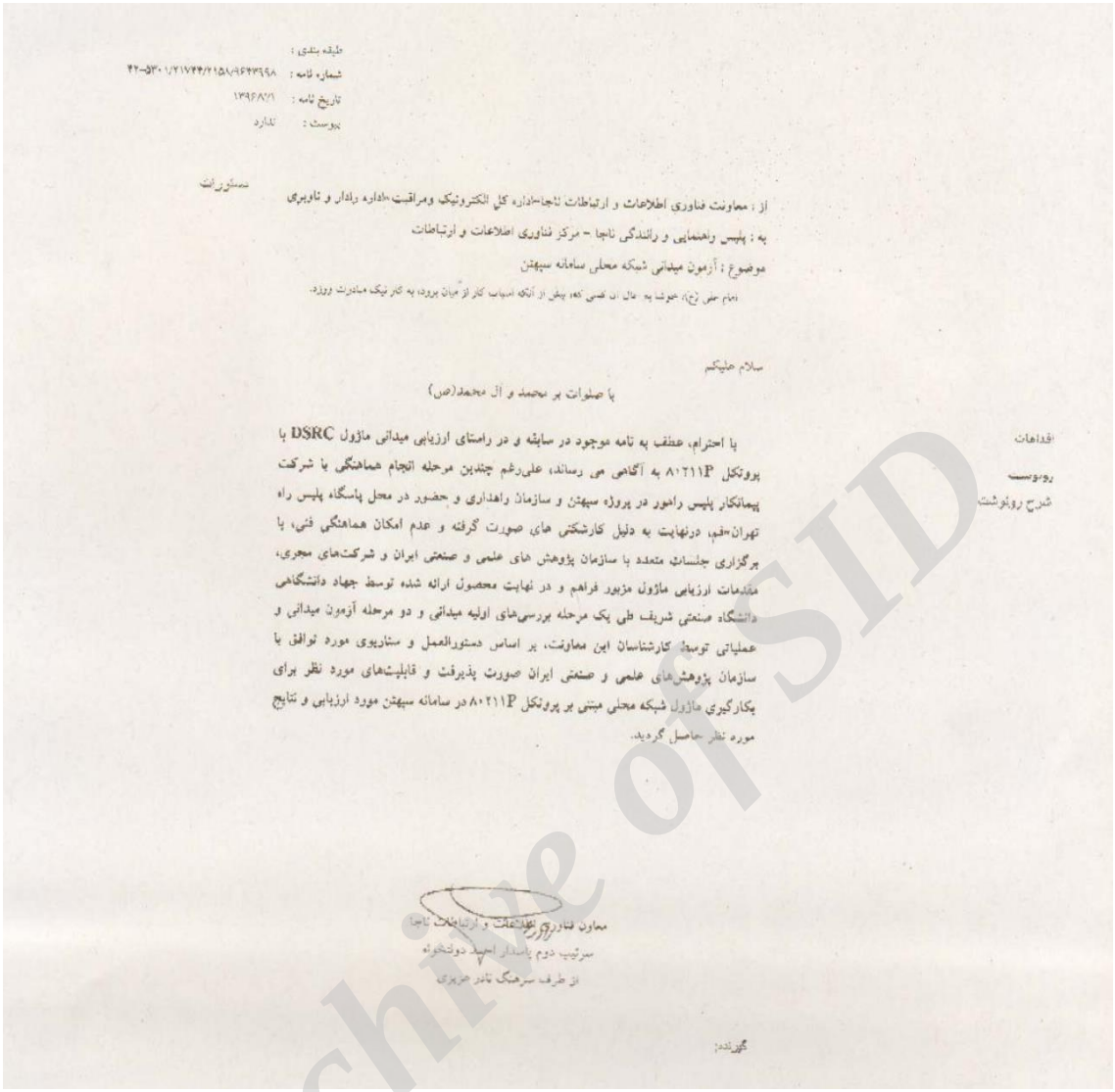
- سرعت متغیر خوردوها در زمان ورود به محدوده پاسگاه و اطمینان از انتقال فایل رخدادها به سامانه درون پاسگاه در زمان مناسب
- احتمال تعدد خودروهای ورودی به محدوده در یک زمان کوتاه و رقابت میان کارت رادیویی آنها برای انتقال فایل

در خصوص مورد اول عبارت در زمان مناسب به این موضوع اشاره می‌کند که اتمام انتقال فایل به سامانه باید به نحوی باشد که فرصت کافی برای اعمال قانون برای مامور مستقر در پاسگاه پس از مشاهده اطلاعات خودرو فراهم باشد. اگر این مقدار در حدود ۲۰ ثانیه در نظر گرفته شود با فرض سرعت متوسط ۷۰ کیلومتر بر ساعت (بطور مثال از ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت تا ٤۰ کیلومتر بر ساعت در زمان نزدیک شدن به پاسگاه به دلیل وجود سرعت‌گیر) مسافتی در حدود ٤۰۰ متر خواهد بود. بطور معمول با توجه به مستندات استاندارد *802.11p* و همچنین آزمون‌های میدانی صورت گرفته در مسیر آزاد راه تهران به کرج محدوده چیتگر گه در بخش‌های قبل تشریح شد، مشکلی قابل تصور نبود.

همچنین در خصوص ورود هم‌زمان تعداد زیادی خودرو (بطور مثال ۱۵ خودرو) در محدوده عمل سامانه نیز به لحاظ تئوری و عملی مشکلی قابل تصور نبود. برآورد اولیه از اجرای آزمون میدانی نشان می‌دهد انتقال داده با پهنای باند موثر حداقل ٤,۵ مگابیت بر ثانیه انجام می‌شود. این پهنای باند در صورت حرکت خودروها با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت و در محدوده ۱۰۰۰ تا ٤۰۰ متری از پاسگاه(فاصله مناسب برای اتمام انتقال) فرصتی در حدود ۲۷ ثانیه را برای انتقال فراهم می‌آورد. در این فرصت با پهنای باند مذکور می‌توان حجم داده‌ای در حدود ۱۵,۱ مگابایت را منتقل نمود. با فرض وجود سرباری در حدود ۱۰ درصد در داده منتقل شده مقدار داده نهایی که در این فرآیند منتقل می‌شود، در حدود ۱۳,٦ مگابایت خواهد بود. برای ۱۵ خودرو سرانه ۹۰۰ کیلو باید داده خواهد شد. با توجه به اینکه حجم داده در حادترین شرایط (بدون عکس) از ۱۰۰ کیلوبایت فراتر نخواهد رفت، انتظار می‌رفت در این آزمون نیز نتایج مطلوب حاصل شود.در تأییدیه تصویر ۱۰٤، معاونت فناوری اطلاعات و ارتباطات ناجا اعلام کرده است که آزمون‌های میدانی و عملیاتی با موفقیت انجام شده‌است.

Archive of SID

www.SID.ir



طبقه بندی :
شماره نامه : ۴۲-۵۳۰۱/۲۱۷۴۴/۲۱۵۸/۹۶۴۳۹۹۸
تاریخ نامه : ۱۳۹۶/۸/۱
پیوست : ندارد

دستورزینت

از : معاونت فناوری اطلاعات و ارتباطات ناجا/اداره کل الکترونیک ومراقبت/اداره رادار و ناوبری
به : پلیس راهنمایی و رانندگی ناجا - مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات
موضوع : آزمون میدانی شبکه محلی سامانه سیهتن

(امام علی (ع): خوشا به حال آن قومی که، پیش از آنکه اسباب کار از میان برود، به کار نیک مبادرت ورزد.

سلام علیکم

با صلوات بر محمد و آل محمد(ص)

اقدامات
رونوشت
شرح رونوشت

با احترام، عطف به نامه موجود در سابقه و در راستای ارزیابی میدانی ماژول DSRC با پروتکل ۸۰۲۱۱P به آگاهی می رساند، علی‌رغم چندین مرحله انجام هماهنگی با شرکت پیمانکار پلیس راهور در پروژه سیهتن و سازمان راهداری و حضور در محل پاسگاه پلیس راه تهران-قم، درنهایت به دلیل کارشکنی های صورت گرفته و عدم امکان هماهنگی فنی، با برگزاری جلسات متعدد با سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران و شرکت‌های مجری، مقدمات ارزیابی ماژول مزبور فراهم و در نهایت محصول ارائه شده توسط جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف طی یک مرحله بررسی‌های اولیه میدانی و دو مرحله آزمون میدانی و عملیاتی توسط کارشناسان این معاونت، بر اساس دستورالعمل و سناریوی مورد توافق با سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران صورت پذیرفت و قابلیت‌های مورد نظر برای بکارگیری ماژول شبکه محلی مبتنی بر پروتکل ۸۰۲۱۱P در سامانه سیهتن مورد ارزیابی و نتایج مورد نظر حاصل گردید.

معاون فناوری اطلاعات و ارتباطات ناجا
سرتیپ دوم پاسدار احمد دولتخواه
از طرف سرهنگ تاجر جزیری

گیرندگان:

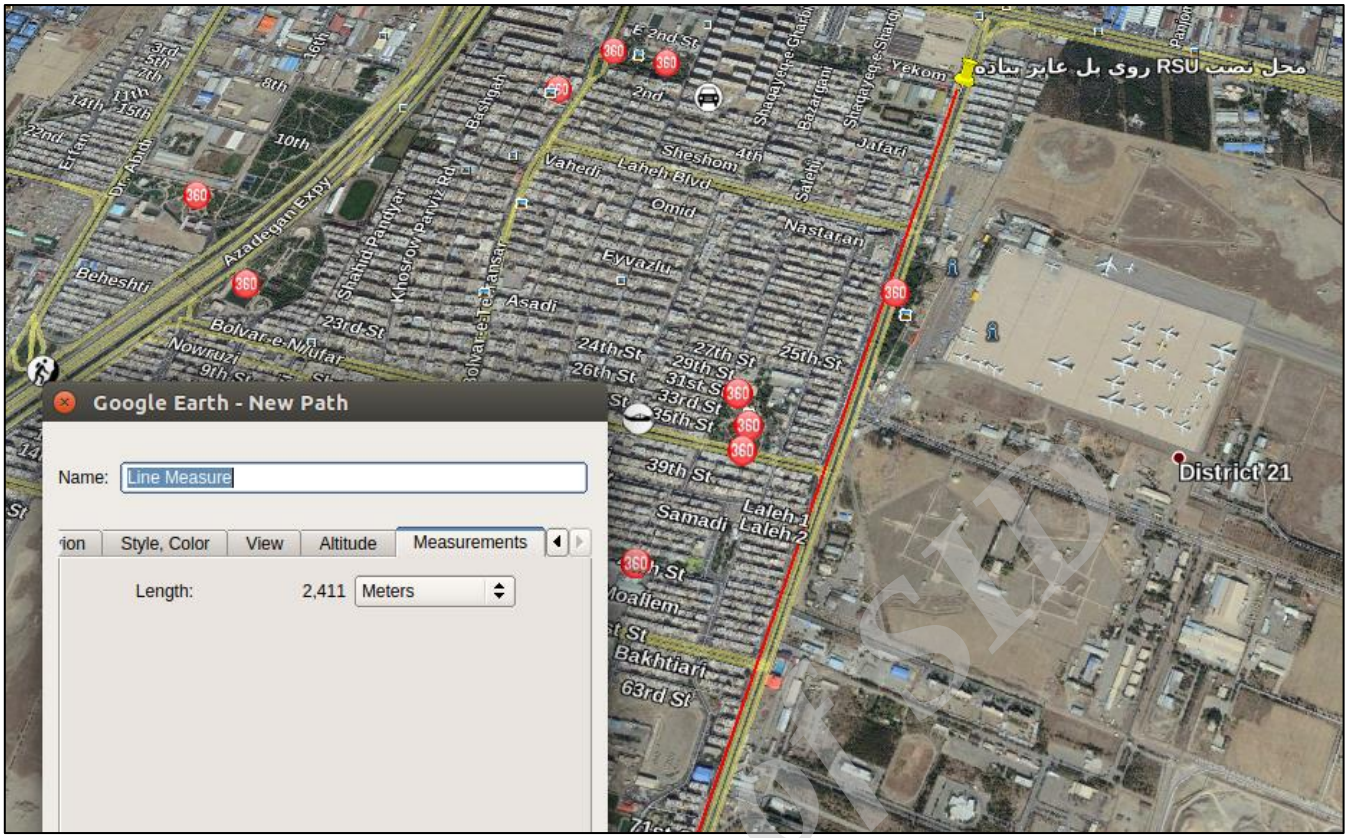
شکل ۱۰۴: تأییدیه آزمون‌های موفق میدانی توسط معاونت فناوری ناجا

۱۳,۵. اجرای آزمون

ابتدا مکان اجرای آزمون در خیابان تهرانسر تعیین گردید. تجهیزات *RSU* بر روی پل عابر پیاده نصب و خودرو در مسیر حرکت شمال به جنوب به سمت پل عابر پیاده در حرکت بود. شکل ۱۰۵ مسیر حرکت و محل نصب اولیه این تجهیزات را نشان می‌دهد. این مسیر دارای ۲۴۰۰ متر مسیر مستقیم می‌باشد، لیکن تردد زیاد خودروها و وجود چند پل عابر پیاده شرایط آزمون را سخت نمود. از اینرو موقعیت آزمون به مسیر خیابان آبشار که تردد حداقلی و فضای باز برای آزمون دارد منتقل گردید.

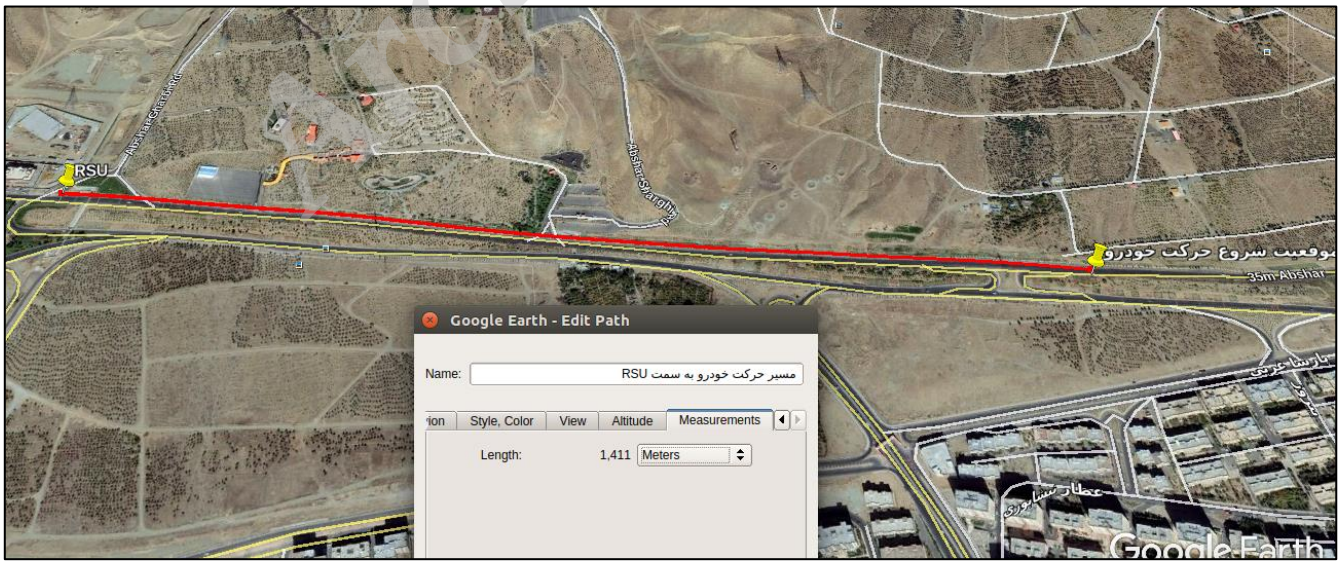
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۰۵: مسیر حرکت و محل نصب اولیه *RSU* روی پل عابر پیاده در خیابان تهرانسر

شکل ۱۰۶ مسیر حرکت خودرو در خیابان آبشار واقع در منطقه ۲۲ تهران را نشان می‌دهد. در این خیابان محدوده‌ای وجود دارد که مسیر مستقیمی را برای آزمون فراهم می‌کند. تجهیزات *RSU* در خودرویی مستقر بود و خودرو دیگر با سرعت ۸۰ تا ۱۰۰ کیلومتر این مسیر را طی می‌نمود.



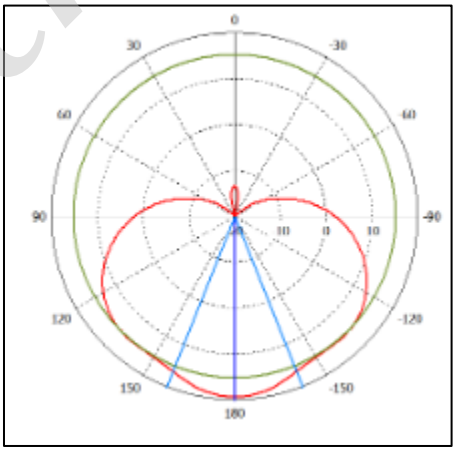
شکل ۱۰۶: مسیر حرکت خودرو در خیابان آبشار واقع در منطقه ۲۲ تهران

www.SID.ir

هر چند آزمون‌های قبلی با آنتن‌های همه جهته با کیفیت مناسب به انجام رسید، لیکن از جهت اهمیت این آزمون و افزایش ضریب اطمینان استفاده از آنتن جهت دار با مشخصات زیر مد نظر قرار گرفت.

Antenna gain: 19 dbi
Beamwidth: 120 deg (azimuth) 5 deg (elevation)

شکل ۱۰۷: تصویری از اجرای آزمون با آنتن جهت‌دار



شکل ۱۰۸: الگوی انتشار آنتن جهت‌دار در این آزمون

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱۰۹: نمایی از آنتن‌های کارت رادیویی بر روی سقف خودروی آزمون

همچنین ۱۰ کارت رادیویی بر روی یک خودرو نصب گردید که در شکل ۱۰۹ آنتن‌های آنها بر روی سقف خودرو قابل مشاهده می‌باشد. بطور معمول آماده‌سازی بخش نرم‌افزاری (سیستم‌عامل و ابزارها) یک کارت رادیویی بصورت دستی فرآیندی زمانبر می‌باشد. بطور معمول برای آماده‌سازی تعداد زیادی از این تجهیزات فرآیندهای دستی کاربردی ندارد و برای این منظور از ابزاری بنام *Build Server* استفاده می‌کنند. به همین منظور در این آزمون برای آماده‌سازی کارت‌های رادیویی از این روش استفاده گردید تا سرعت عمل افزایش یافته خطاهای احتمالی به حداقل ممکن برسد. در این قسمت نحوه راه‌اندازی *Build Server* تشریح خواهد گردید.

۱۳,٦. راه‌اندازی ابزار *Build Server*

برای راه‌اندازی ابزار *Build Server* از نرم‌افزار متن‌باز *Jenkins* استفاده شد. این ابزار با پشتیبانی از ابزارهای کنترل نسخه(*subversion Control*) انجام فرآیند یکپارچه‌سازی خودکار را در چرخه توسعه نرم‌افزار برعهده دارد تا در صورت تغییر در نسخه‌های اصلی یک نرم‌افزار فرآیند یکپارچه‌سازی و ساخت آن بصورت خودکار انجام گیرد. در ادامه نحوه نصب و پیکربندی این ابزار تشریح خواهد شد.

Archive of SID

www.SID.ir

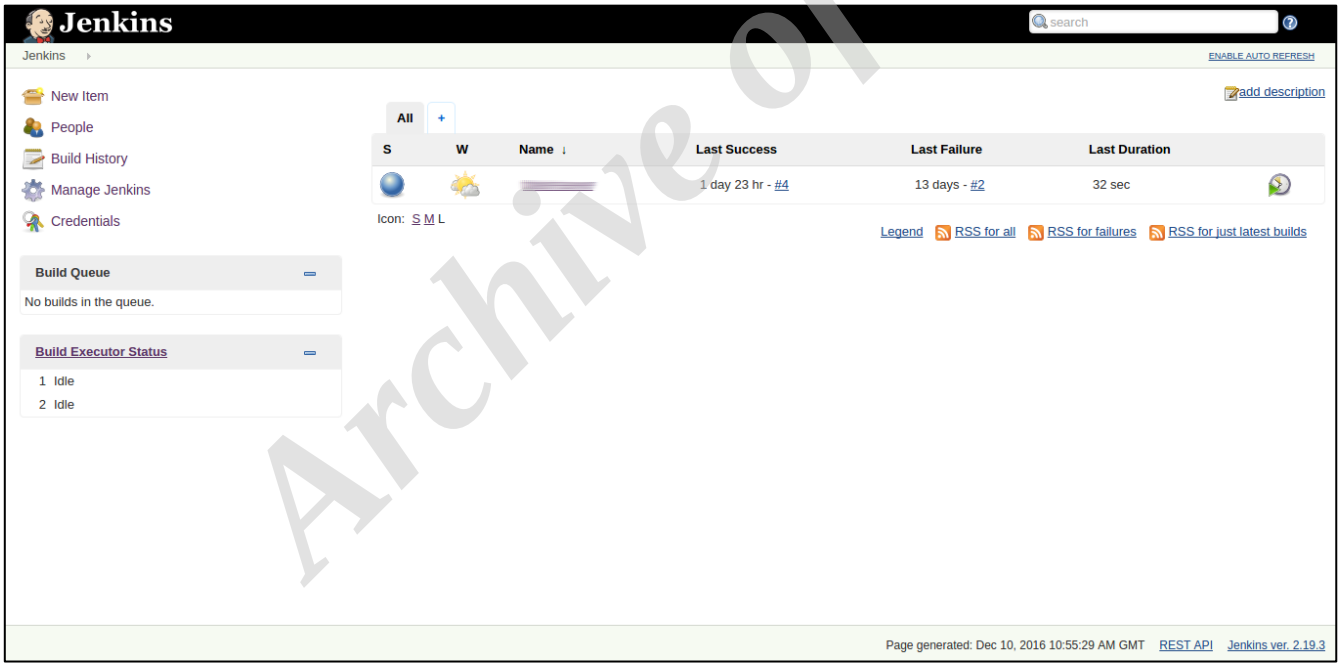
۱۳,۷. نصب *Jenkins*

برای نصب *Jenkins* می‌بایست به نشانی *http://jenkins.io* مراجعه نمود و متناسب با سیستم‌عامل مورد استفاده بسته موردنظر خود را دانلود و نصب نمود. با برای نصب بر روی سیستم‌عامل لینوکس می‌توان از دستورات زیر استفاده نمود:

wget -q -O - https://pkg.jenkins.io/debian/jenkins.io.key | sudo apt-key add–

sudo sh -c 'echo deb http://pkg.jenkins.io/debian-stable binary/ > /etc/apt/sources.list.d/jenkins.list'
sudo apt-get update
sudo apt-get install jenkins

بعد از اجرای این دستورها در *log* هایی که در اجرای دستور می‌آیند، شماره پورتی که سرور روی آن اجرا می‌شوند نمایش داده می‌شود (معمولا این شماره ۸۰۸۰ است). پس از این سرور آماده کار شده و می‌توان در مرورگر *ip* سرور و *port* ذکر شده را بعنوان نشانی *Build Server* وارد نمود (بصورت *server_ip:port*) تا واسط کاربر ابزار نمایان شود (اگر بر روی خود سرور مرورگر باز شود نشانی باید بصورت *localhost:port* در مرورگر وارد شود) پس از انجام مراحل نصب باید چیزی شبیه به شکل ۱۱۰ مشاهده می شود.



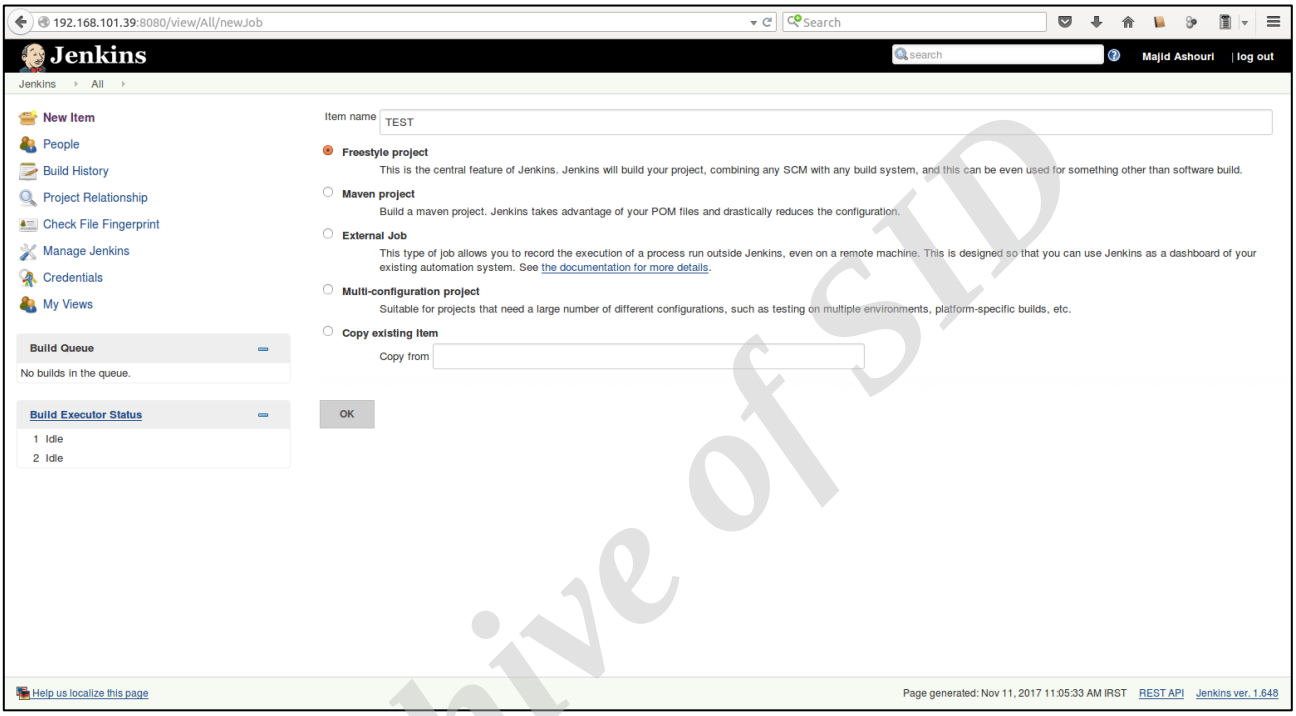
شکل ۱۱۰: صفحه اول ابزار *Jenkins* پس از نصب آن

واسط کاربر این برنامه تحت وب است و دارای قسمت‌های مختلفی می‌باشد که اهم آنها برای پروژه جاری عبارتند از:
بخش *people* در منوی سمت چپ افرادی که در سیستم حضور دارند و پروژه های مرتبط با آنها را نمایش می دهد.
بخش *new item* یکی از اصلی ترین بخش‌های این نرم افزار است. این بخش برای ایجاد *job* جدید درست شده. *job* ها در پروژه جاری در واقع همان کدهای سیستم عامل هستند که برای کامپایل اضافه می‌شوند.

Archive of SID
www.SID.ir

۱۳,۷,۱. پیکربندی *Jenkins*

بعد از نصب *Jenkins* می‌بایست پروژه جدیدی ایجاد شود که بوسیله آن بتوان سیستم‌عامل قرار گرفته شده بر روی *git* را به آن شناسانده تا عملیات خودکارسازی فرآیند *build* از طریق آن انجام گیرد. بدین منظور همانطور که در شکل ۱۱۱ نشان داده شده است، بر روی *new Item* کلیک کرده و گزینه *freestyle project* را انتخاب می‌کنیم و نامی به این پروژه اختصاص می‌دهیم.

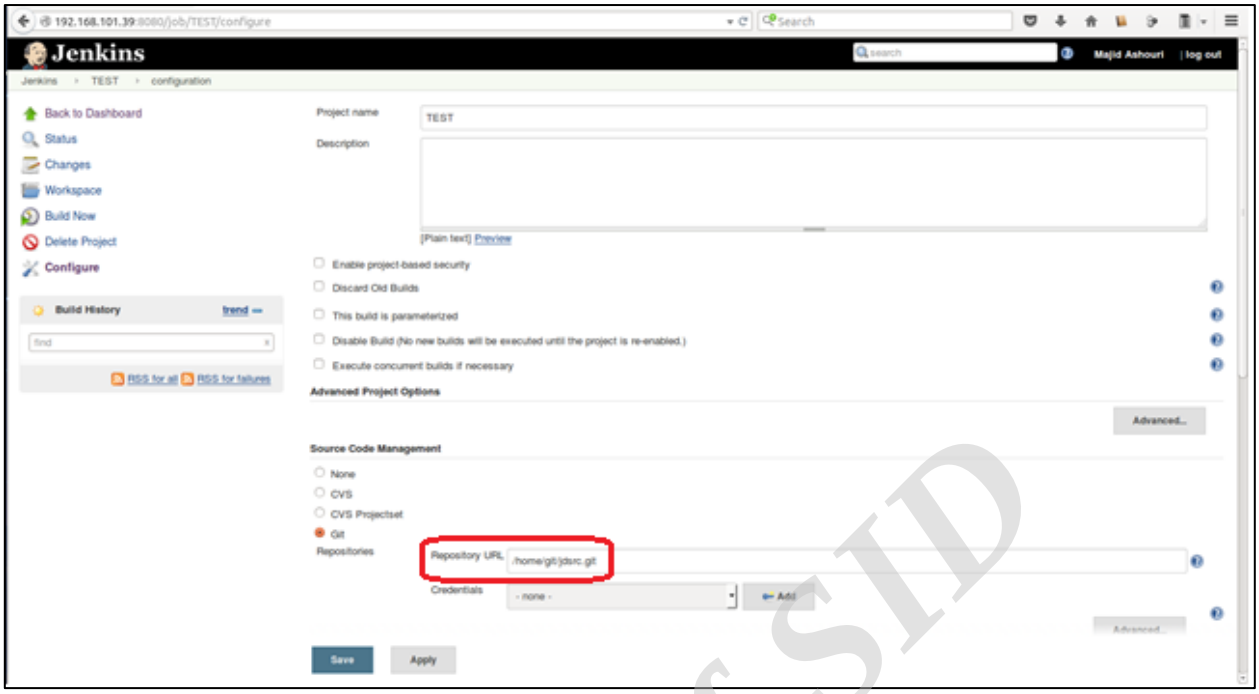


شکل ۱۱۱: ایجاد پروژه جدید

در مرحله بعد می‌بایست نشانی سیستم‌عامل بر روی سرور *git* به این نرم افزار شناسانده شود، این موضوع در شکل شکل ۱۱۲ نشان داده شده است.

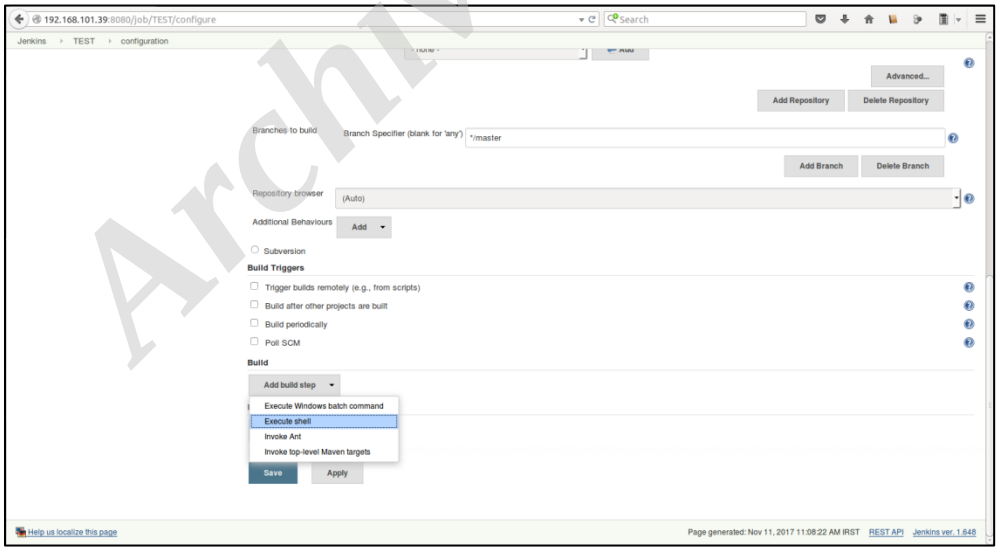
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۱۲: شناساندن آدرس سیستم عامل بر روی *git*

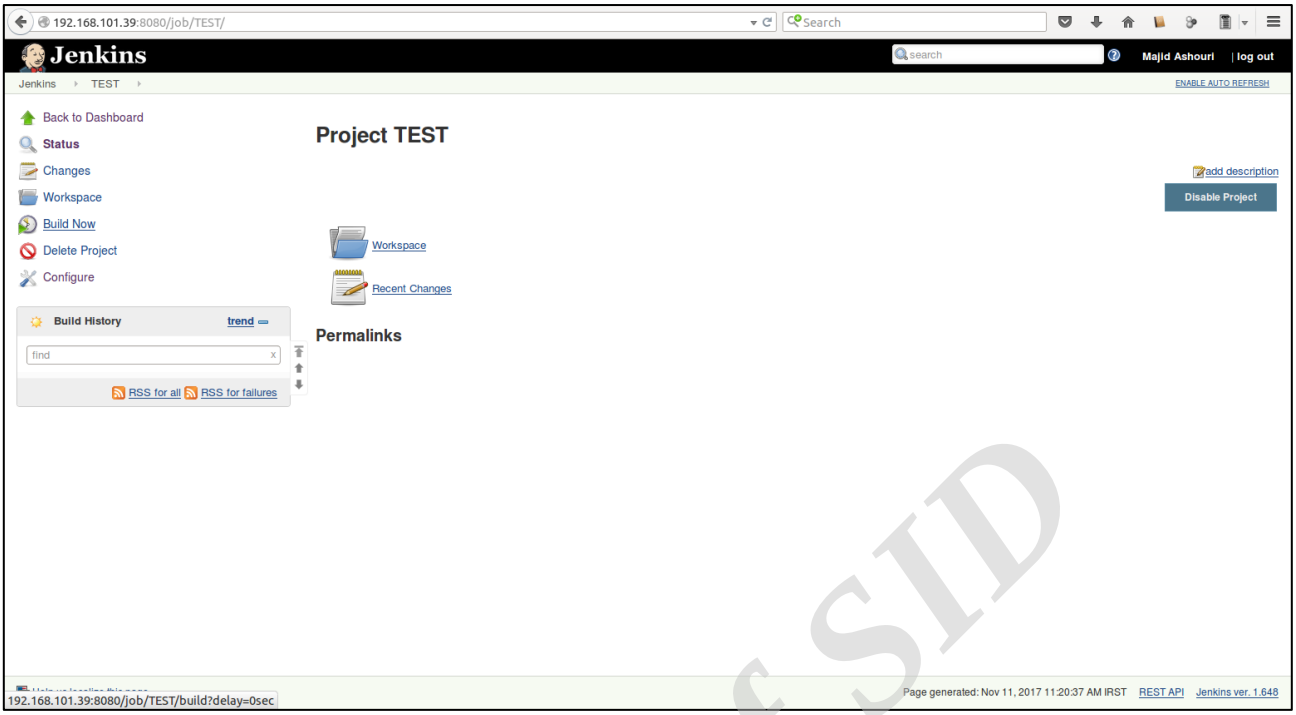
در انتها نیز می‌بایست شرایط مورد نیاز برای *build* شدن و عملیات پس از آن را مشخص نمود. به طور مثال در اینجا برای کامپایل کردن سیستم عامل نیاز به اجرای دستوارات *shell* می‌باشد که می‌توان از طریق گزینه *execute shell* که در شکل ۱۱۳ نشان داده شده است، آن را اجرا کرد.



شکل ۱۱۳: اعمال تنظیمات مربوط به *Build*

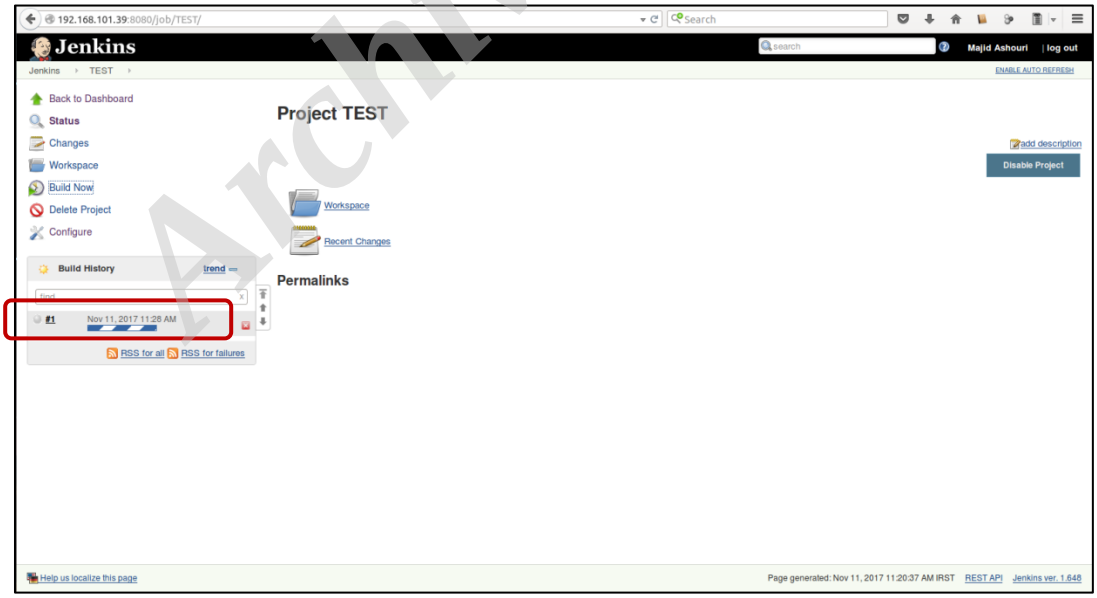
پس از ایجاد موفق پروژه صفحه‌ای مطابق شکل ۱۱٤ نشان داده خواهد شد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱۱٤: اتمام ساخت پروژه جدید

همچنین می توان از گزینه *build now* به منظور اجرای عملیات *build* استفاده کرد که در واقع منجر به اجرا شدن تمامی عملیاتی می‌شود که ما قبلا در قسمت *Build* وارد کرده‌ایم. در شکل ۱۱۵ نوار آبی و سفید نشان دهنده در حال اجرا بودن این فرآیند می‌باشد.

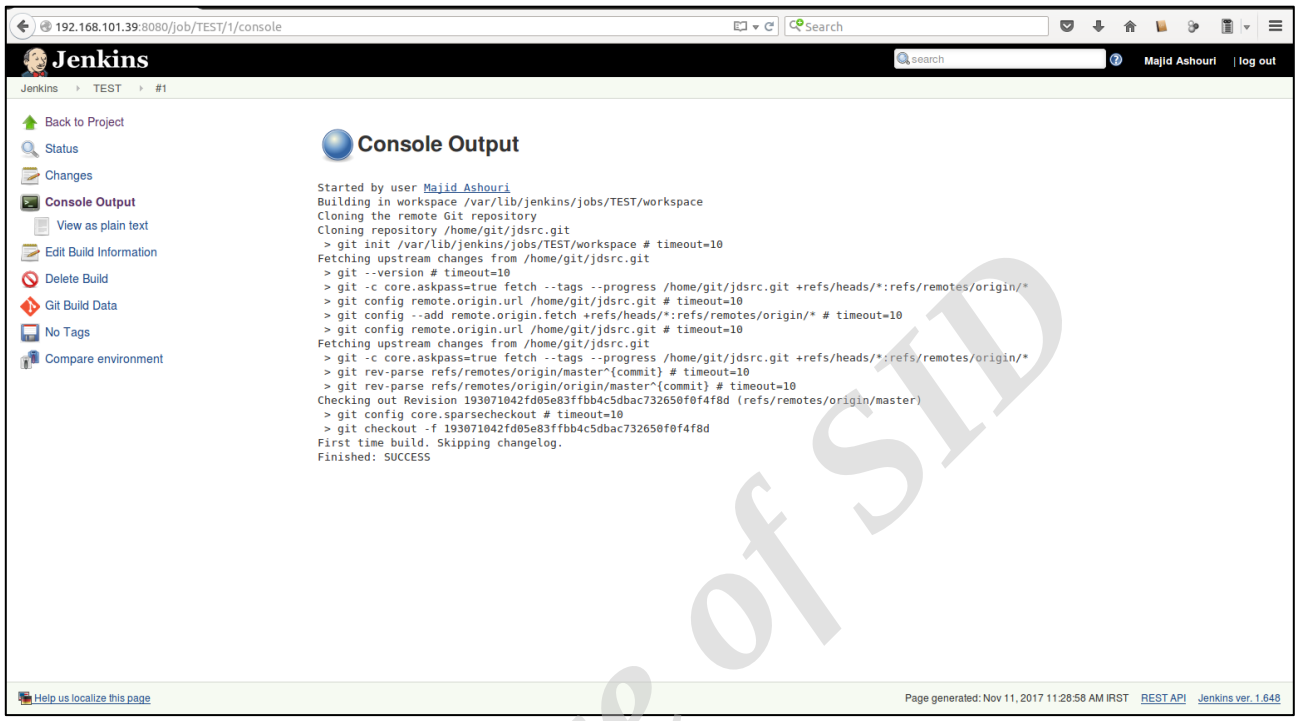


شکل ۱۱۵: نحوه اجرای *build*

Archive of SID

www.SID.ir

در هنگام *build* شدن می‌توان فرآیند اجرای دستورات و خروجی متناظر را نیز مشاهده کرد. در شکل ۱۱۶ قابل مشاهده است که خروجی مربوط به دریافت کدها از *git* به درستی انجام شده است. با توجه به اینکه برای *build* دستور دیگری وارد نشده، عملیات با دریافت کدها از *git* خاتمه می‌یابد.

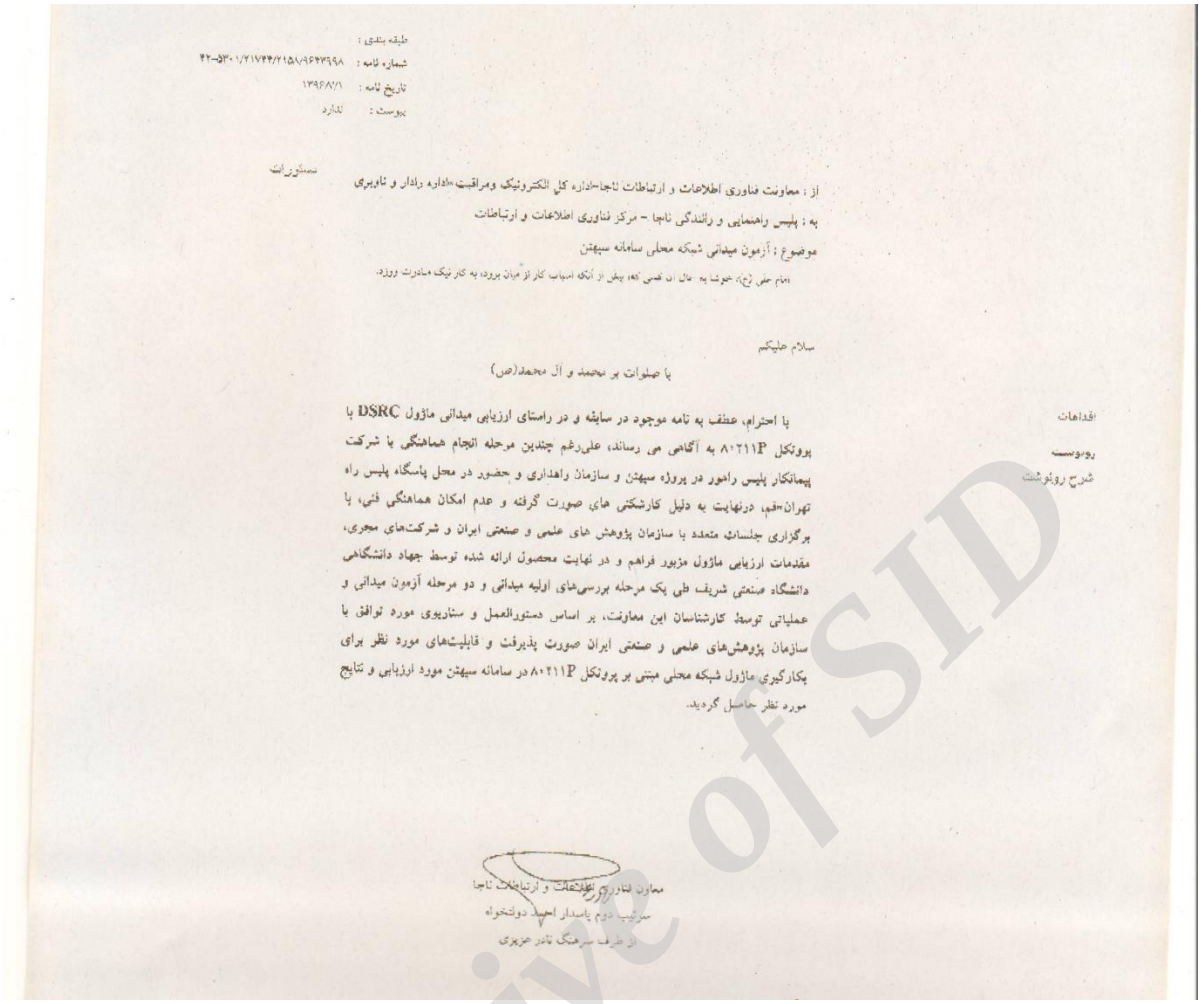


شکل ۱۱۶: خروجی کنسول برای مدیریت بهتر عملیات *build*

با فرآیندهای انجام شده در این آزمون نتایج زیر حاصل و مورد تأیید معاونت فناوری اطلاعات و ارتباطات نیروی انتظامی قرار گرفت. تأیید این آزمون‌ها در شکل ۱۵۷ قابل مشاهده است.

Archive of SID

www.SID.ir



طبقه بندی :
شماره نامه : ۴۲-۵۳۰۱/۲۱۷۴۴/۲۱۵۸/۹۶۴۳۹۸
تاریخ نامه : ۱۳۹۴/۸/۱
پیوست : ندارد

محرمانه

از : معاونت فناوری اطلاعات و ارتباطات ناجا-اداره کل الکترونیک ومراقبت-اداره رادار و ناوبری
به : پلیس راهنمایی و رانندگی ناجا - مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات
موضوع : آزمون میدانی شبکه محلی سامانه سیهتن

امام علی (ع): خوشا به حال آن قومی که پیش از آنکه اسباب کار از میان برود، به کار نیک مبادرت ورزد.

سلام علیکم

یا صلوات بر محمد و آل محمد(ص)

اقدامات
رویوست
شرح رویوشت

با احترام، عنطف به نامه موجود در سابقه و در راستای ارزیابی میدانی ماژول DSRC با پروتکل ۸۰۲۱۱P به آگاهی می رساند، علی‌رغم چندین مرحله انجام هماهنگی با شرکت پیمانکار پلیس راهور در پروژه سیهتن و سازمان راهداری و حضور در محل پاسگاه پلیس راه تهران-قم، درنهایت به دلیل کارشکنی های صورت گرفته و عدم امکان هماهنگی فنی، با برگزاری جلسات متعدد با سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران و شرکت‌های مجری، مقدمات ارزیابی ماژول مزبور فراهم و در نهایت محصول ارائه شده توسط جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی شریف طی یک مرحله بررسی‌های اولیه میدانی و دو مرحله آزمون میدانی و عملیاتی توسط کارشناسان این معاونت، بر اساس دستورالعمل و سناریوی مورد توافق با سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران صورت پذیرفت و قابلیت‌های مورد نظر برای پکارگیری ماژول شبکه محلی مبتنی بر پروتکل ۸۰۲۱۱P در سامانه سیهتن مورد ارزیابی و نتایج مورد نظر حاصل گردید.

معاون فناوری اطلاعات و ارتباطات ناجا
سرتیپ دوم پاسدار احمد دولتخواه
از طرف سرهنگ ناصر عزیزی

شکل ۱۱۷: تاییدیه آزمون‌های عملکردی توسط فاوای نیروی انتظامی

Archive of SID

www.SID.ir

۱٤. برآورد اقتصادی و محاسبه هزینه تمام شده محصول

هزینه تمام شده محصول تابع هزینه‌های اولیه طراحی و ساخت و هزینه‌های ساخت در تیراژ بالا می‌باشد. هزینه‌های اولیه و طراحی و ساخت نمونه اولیه که در این گزارش به آن پرداخته شده است با هدف تولید تیراژ بیش از ۳۰۰۰۰ دستگاه در بازه کوتاه مدت و بطور مثال ۱۰۰۰۰ دستگاه در بازه هر سال می‌باشد از اینرو این هزینه پس از محاسبه بر روی تعداد حداقل ۱۰۰۰۰ دستگاه سرشکن خواهد شد تا هزینه تمام شده در برای پارت اول تولید (۱۰۰۰۰ دستگاه) و یا کوتاه مدت (۳۰۰۰۰ دستگاه) محاسبه شود. در جدول ۳٦ هزینه‌های طراحی و ساخت نمونه اولیه و هزینه‌های مربوط به آزمون‌های مراجع مختلف نمایش داده شده است.

جدول ٤۷: جدول هزینه طراحی و ساخت نمونه اولیه و نهایی و آزمون‌های تایید

ردیف	اقلام هزینه	هزینه (ریال)
۱	مطالعات اولیه	۳۸,۳۰۰,۰۰۰
۲	ساخت *firmware* اولیه + آزمون	۱٥٦,۳۰۰,۰۰۰
۳	طراحی نمونه اولیه	۱۹۸,۰٤۰,۰۰۰
٤	ساخت نمونه اولیه + کیت تست هزینه انتقال	۲٥,۷۷۰,۰۰۰
٥	آزمون نمونه اولیه	۷۷,٥۰۰,۰۰۰
٦	اصلاحات برای ساخت نمونه نهایی	۲٥۳,٥۰۰,۰۰۰
۷	آزمون سازمان پژوهش‌ها	۱٦٥,۰۰۰,۰۰۰
۸	ساخت نمونه نهایی (٥ برد رادیویی)+ هزینه انتقال	۱٤,٤۰۰,۰۰۰
۹	توسعه پروتکل‌ها و نرم افزار کاربردی انتقال فایل *AVL*	۲۱٦,۰۰۰,۰۰۰
۱۰	آزمون سازمان مقررات رادیویی	۲۲,٥۰۰,۰۰۰
۱۱	آزمون فاوای ناجا	٥۷,۰۰۰,۰۰۰
	جمع کل	۱,۲۲٤,۳۱۰,۰۰۰

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین برای انجام کارهای تکمیلی و همچنین اجرای آزمون‌های متعدد خصوصا آزمون فاوای ناجا نیاز به تعداد بیشتری از تجهیزات در قالب عملیاتی(دارای جعبه و کابل و اتصالات) وجود دارد. جدول ٤٨ هزینه ساخت یک دستگاه به ازای ساخت ١٠٠ برد رادیویی را نشان می‌دهد.

جدول ٤٨: هزینه ساخت یک دستگاه به ازاء ساخت ١٠٠ برد رادیویی

ردیف	عنوان	تعداد	قیمت (ریال)	توضیحات
١	برد *JDSRC* + هزینه انتقال	١	٦٨٠,٠٠٠	هزینه ساخت یک برد به ازاء تولید تعداد ١٠٠ دستگاه
٢	جعبه فلزی	١	٣٢٠٠٠٠	هزینه ساخت به ازاء تولید ١٠٠ جعبه
٣	*LED* سبز ٥ میل	١	١٠٠٠	–
٤	*LED* قرمز ٥ میل	١	١٠٠٠	–
٥	گلند*LED*	٢	١٠٠٠	–
٦	گلند کابل	٢	٥٠٠٠	–
٧	پیچ ٣ در ٦	٥	٢٥٠٠	–
٨	پیچ خزینه دار ٣ در ٨	٨	٤٠٠٠	–
٩	اسپیسر *LED*	٢	٢٠٠٠	–
١٠	بست کابل آنتن	١	١٠٠٠	–
١١	کابل مخصوص ورودی	٥٠ سانت	٢٥٠٠٠	–
١٢	برد مبدل *RS232 - TTL*	١	١٠٠٠٠	–
١٣	سیم نازک رنگی	٥٠ سانت	٥٠٠٠	–
١٤	کانکتور *ATX* – ٦ پین نری و مادگی	٢	٢٠٠٠٠	–
١٥	کابل آنتن *RG223/U*	١٥٠*cm*	١٢٠٠٠٠	–
١٦	کانکتور *SMA* نری و مادگی	٢	١٠٠٠٠٠	–
١٧	جعبه آنتن	١	٥٠٠٠	–
١٨	گلند کابل آنتن	١	٢٥٠٠	–

Archive of SID

www.SID.ir

ردیف	عنوان	تعداد	قیمت (ریال)	توضیحات
۱۹	آنتن ۵ دی بی	۱	۱۸۰۰۰۰	–
۲۰	شرینک و بست کمربندی و ...	۱	۱۰۰۰۰	–
۲۱	هزینه های مونتاژ	۱	۱۶۰۰۰۰	–
جمع به ازاء یک دستگاه			۱,۶۵۰,۰۰۰	–
جمع به ازاء ۱۰۰ دستگاه			۱۶۵,۰۰۰,۰۰۰	–

۱۴,۱. جمع‌بندی

در ساخت یک محصول الکترونیکی بطور انبوه علاوه بر هزینه‌های ذکر شده هزینه‌های جانبی همچون مکان استقرار و کار، هزینه انبارداری قطعات و تجهیزات هزینه‌های مدیریت و عملیات نیز می‌بایست محاسبه گردد. این هزینه‌ها طبق برآورد انجام شده و با شرط انجام آن در جهاد دانشگاهی صنعتی شریف در حدود ۲۲۰۰۰ تومان به ازاء تولید ۱۰۰۰۰ دستگاه در سال خواهد بود. همچنین برآوردهای انجام گرفته نشان می‌دهد هزینه جدول فوق در صورتی که تیراژ به ۱۰۰۰۰ دستگاه در سال برسد در ساخت برد به ۶۰ درصد و در سایر قطعات به ۸۰ درصد قیمت‌های ذکر شده کاهش خواهد یافت که هزینه هر محصول ۱۱۹۰۰۰ تومان خواهد گردید که با هزینه سربار عملیاتی در جهاد دانشگاهی صنعتی شریف در حدود ۱۴۱۰۰۰ تومان خواهد شد.

با در نظر گرفتن قیمت ۲۶۰۰۰۰ تومان براساس نرخ گزاری سازمان راهداری برای کارت رادیویی و در نظر گرفتن ۲۵ درصد قیمت برای هزینه توزیع، نصب و پشتیبانی(۶۵۰۰۰ تومان) انتظار می‌رود این قیمت در بازار شرایط مناسبی را برای تولید ایجاد نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

پیوست ۱

مشخصات نرم‌افزاری سامانه تست

و استانداردهای موجود پروتکل *802.11p*

۱) مقدمه

این سامانه جهت تست ارسال فایل با پروتکل‌های تعیین شده توسط سازمان پژوهش‌ها و همچنین پشته پروتکلی *TCP/IP* استاندارد، طراحی شده است. برای این منظور می‌توان از طریق نرم‌افزار این سامانه، دستگاه کارت رادیویی را مورد آزمون قرار داد.

۲) انواع آزمون‌های قابل اجرا توسط سامانه

دو نوع آزمون «دسترس پذیری» و «ارسال فایل» از طریق سامانه قابل انجام می‌باشد که در ادامه به هر یک از این آزمون‌ها اشاره خواهد شد.

- **آزمون دسترس‌پذیری**

موفق بودن این آزمون، نشانگر استفاده از پروتکل *802.11p* در لایه پیوند داده و همچنین دارا بودن پشته پروتکلی *TCP/IP* استاندارد به همراه پروتکل *ping* استاندارد می‌باشد.

- **آزمون ارسال فایل**

موفق بودن این آزمون، نشانگر استفاده از پروتکل *802.11p* در لایه پیوند داده می‌باشد. علاوه بر این، نشاندهنده رعایت ملزومات پروتکل انتقال تعیین‌شده توسط سازمان پژوهش‌ها و همچنین دارا بودن پشته پروتکلی *TCP/IP* استاندارد در سیستم‌عامل مورد استفاده در کارت رادیویی می‌باشد.

جزئیات فایل منتقل شده توسط *AVL* به کارت رادیویی و سپس *RSU* و نهایتاً سرور، از طریق نرم‌افزار سروری، قابل رویت است. چنانچه فرمت فایل دارای اشکال باشد، در نرم‌افزار سروری پیام خطا نمایش داده می‌شود و امکان دانلود فایل برای کاربر فراهم می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۳) اجزای تشکیل‌دهنده سامانه

- **سرور مرکزی**

این سرور نقش نرم‌افزار پاسگاه را بر عهده دارد و برای نمایش اطلاعات دریافتی و نتایج تست، استفاده شده است. این نرم‌افزار در قالب سیستم‌عامل مجازی[1] لینوکس بر روی یک سیستم‌عامل میزبان راه‌اندازی می‌شود.

در سازمان پژوهش‌ها این سیستم‌عامل مجازی، بر روی نرم‌افزار *vmware*، روی سیستم میزبان این سازمان که خود دارای سیستم‌عامل ویندوز می‌باشد راه‌اندازی شده است.

جهت شروع فرآیند تست پس از حصول اطمینان از بالا بودن نرم‌افزار *vmware* بر روی سیستم میزبان، از آدرس *192.168.2.209* در مرورگر استفاده می‌شود. سپس با مراجعه به بخش «داشبورد»، *RSU* و کارت رادیویی برای انجام آزمون تعیین شده و در آخر با توجه به نوع آزمون مدنظر، دکمه اجرای آزمون انتخاب می شود.

در انجام آزمون با استفاده از نرم‌افزار سروری توجه به نکات زیر الزامی می‌باشد:

- جهت افزودن *RSU* جدید در نرم‌افزار سروری لازم است که فیلدهای شناسه *RSU* و *IP*ی *LAN* آن به همراه عنوانی که برای این *RSU* در نظر گرفته می‌شود در فرم مربوطه وارد شود.
- *RSU* مستقر در سازمان پژوهش‌ها تحت عنوان *JDSRC_RSU* به صورت پیش‌فرض در نرم‌افزار سروری تعریف شده و قابل انتخاب برای انجام آزمون‌ها می‌باشد. شناسه این *RSU* برابر *1096* و *IP* ی *LAN* آن جهت برقراری ارتباط با نرم‌افزار سروری، *192.168.2.96* در نظر گرفته شده است.
- هنگام اجرای تست انتقال فایل، گزینه «همه» بصورت پیش فرض در نرم‌افزار سروری فعال می‌باشد. به این معنا که تمام کارت های رادیویی که در اطراف *RSU* وجود دارند و از شرایط لازم برای برقراری ارتباط با *RSU* تبعیت می‌نمایند، امکان ارسال فایل به *RSU* را دارند.

در پایان، گزارشی از آزمون انجام شده در «داشبورد» بخش «نتایج تست های انجام شده»، نشان داده می‌شود.

- چنانچه آزمون انجام شده از نوع آزمون دسترس پذیری باشد، نتیجه *ping* کارت رادیویی موردنظر در بخش یادشده نشان داده می‌شود.
- در آزمون انتقال فایل، در صورت عدم موفقیت آزمون گزارشی حاکی از *timeout* شدن آزمون و همچنین در صورت موفقیت آزمون، گزارشی از اجرای موفقیت‌آمیز آن در این بخش نمایش داده می‌شود. این گزارشات به تفکیک کارت‌های رادیویی که موفق به ارسال فایل شده‌اند می‌باشد و شامل اطلاعاتی از قبیل زمان شروع آزمون در *RSU*، زمان شروع انتقال فایل از کارت رادیویی به *RSU* و همچنین زمان خاتمه انتقال فایل از کارت رادیویی به *RSU* می‌باشد.

[1] *Virtual machine*

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که در بخش «سپهتن» لیستی از آزمون های موفقیت آمیز به تفکیک شماره آزمون و کارت رادیویی نمایش داده می‌شود که با انتخاب گزینه «مشاهده» می‌توان جزییات فایل دریافتی از *AVL* را مشاهده نمود. در صورتی که فایل دریافتی از *AVL* با فرمت قراردادی موردنظر مغایرت داشته باشد، به منظور مقایسه و انجام بررسی‌های بیشتر، امکان دانلود فایل انتقالی از *AVL* و همچنین فایلی که حاوی لاگ خروجی برنامه واکشی اطلاعات از این فایل انتقالی بوده در اختیار کاربر قرار داده می‌شود.

- ***RSU***

پس از تعریف تست در نرم‌افزار سروری، *RSU* سیگنال شبیه‌سازی‌شده رسیدن به پاسگاه را به کارت رادیویی ارسال می‌کند. کارت رادیویی پس از دریافت سیگنال، فایل را از *AVL* دریافت و به *RSU* ارسال می‌کند. در آخر *RSU* فایل را به سرور مرکزی منتقل می‌نماید.

- در هنگام انجام تست انتقال فایل، پس از دریافت فایل از کارت رادیویی و انتقال آن به سرور، فرآیند تست در *RSU* پایان می‌پذیرد اما چنانچه در نرم‌افزار سروری به جای انتخاب یک کارت رادیویی مشخص، گزینه «همه» انتخاب شده باشد، *RSU* به مدت ٦٠ ثانیه پیام مربوط به دریافت فایل را همه‌پخشی می‌کند. لذا تا پایان زمان این همه‌پخشی آزمون دیگری انجام نخواهد گرفت.
- در آزمون انتقال فایل، در صورت عدم دریافت فایل به مدت ٦٠ ثانیه پس از شروع آزمون از کارت رادیویی، *RSU* این آزمون را خاتمه یافته تلقی می‌کند و نتیجه آن را که نشاندهنده *timeout* شدن آزمون می‌باشد به سرور گزارش می‌کند.

- **کارت رادیویی**

کارت رادیویی با دریافت سیگنال از طرف *RSU*، فایل را از دستگاه *AVL* دریافت می‌نماید و طبق استانداردهای از پیش تعیین شده به *RSU* ارسال می‌کند.

بر اساس سیاست های در نظر گرفته شده برای کارت رادیویی این کارت پس از ارسال فایل دریافتی از *AVL* به *RSU*، به مدت ٦٠ ثانیه هرگونه پیامی که از این *RSU* دریافت نماید را نادیده می‌گیرد.

لازم به ذکر است که جهت برقراری ارتباط با *RSU* مستقر در سازمان پژوهش ها لازم است که تنظیماتی بر روی کارت های رادیویی انجام شود. در انجام این تنظیمات توجه به نکات زیر الزامی می‌باشد:

- *netmask* در نظر گرفته شده برای *RSU* معادل *255.0.0.0* می‌باشد.
- *IP* ی *RSU* برابر با *10.10.10.11* می باشد، لذا به منظور جلوگیری از بروز *conflict* از تخصیص این *IP* به کارت‌های رادیویی بکار رفته در سامانه تست، خودداری شود.
- باند فرکانسی *RSU* برابر با *5.86 GHz* می‌باشد.
- انتقال فایل در این سامانه با رعایت استاندارد انتقال فایل، نسخه *1.1.0*، صورت می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

- جهت ارسال امن فایل به *RSU* لازم است که از کلید رمزگذاری مشخصی استفاده شود. فایل‌های حاوی این کلیدها در اختیار آزمونگران قرار داده می‌شود.
- در طراحی این سامانه از نسخه *libssl.1.0.0* و *libcrypto.1.0.0* استفاده شده است.

- ***AVL***

AVL با دریافت سیگنال ارسال از طرف کارت رادیویی، فایل داده جمع‌آوری شده تا آن زمان را در قالب استاندارد انتقال تعیین شده، به کارت رادیویی منتقل می‌کند.

فایل ارسالی از *AVL* دارای فرمت مشخصی می‌باشد که در صورت عدم رعایت این فرمت، نمایش جزییات آن در نرم‌افزار سروری امکانپذیر نخواهد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

3-Way Handshake	دست‌دهی سه مرحله‌ای
Access Point	نقطه دسترسی
Ad-Hoc	موردی
Application Processor	پردازنده برنامه کاربردی
Association process	فرآیند تجمیع
Automatic Vehicle Location	مکان‌یابی خودکار خودرو
Basic Service Set	مجموعه خدماتی اولیه
Central Control Room	اتاق فرمان مرکزی
Decentralized Congestion Control	کنترل ازدحام نامتمرکز
Dedicated Short Range Communications	ارتباطات اختصاصی برد کوتاه
Frequency-Division Multiplexing	تقسیم مجدد فرکانس
Global Positining System	سامانه موقعیت‌یابی جهانی
Indipendent BSS	مجموعه خدماتی اولیه مستقل
Kernel Space	فضای هسته
Link Layer	لایه پیوند
Multi-path effects	تأثیرات چند مسیری
On-Board Unit	واحد درون خودرویی
Omni	چند جهته
Proof of concept	اثبات مفهوم
Road-Side Unit	واحد کنار جاده‌ای
Sector	بخش
Signal Noise Ratio	نرخ سیگنال به نوبز
synchronizaton	همسان‌سازی
Timeout	وقفه
Transmit Power Control	کنترل توان انتقال
User Space	فضای کاربر

Archive of SID

www.SID.ir

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

اتاق فرمان مرکزی	*Central Control Room*
اثبات مفهوم	*Proof of concept*
ارتباطات اختصاصی برد کوتاه	*Dedicated Short Range Communications*
بخش	*Sector*
پردازنده برنامه کاربردی	*Application Processor*
تأثیرات چند مسیری	*Multi-path effects*
تقسیم مجدد فرکانس	*Frequency-Division Multiplexing*
چند جهته	*Omni*
دست‌دهی سه مرحله‌ای	*3-Way Handshake*
سامانه موقعیت‌یابی جهانی	*Global Positining System*
فرآیند تجمیع	*Association process*
فضای کاربر	*User Space*
فضای هسته	*Kernel Space*
کنترل ازدحام نامتمرکز	*Decentralized Congestion Control*
کنترل توان انتقال	*Transmit Power Control*
لایه پیوند	*Link Layer*
مجموعه خدماتی اولیه	*Basic Service Set*
مجموعه خدماتی اولیه مستقل	*Indipendent BSS*
مکان‌یابی خودکار خودرو	*Automatic Vehicle Location*
موردی	*Ad-Hoc*
نرخ سیگنال به نوبز	*Signal Noise Ratio*
نقطه دسترسی	*Access Point*
واحد درون خودرویی	*On-Board Unit*
واحد کنار جاده‌ای	*Road-Side Unit*
وقفه	*Timeout*
همسان‌سازی	*synchronizaton*

Archive of SID

www.SID.ir

مراجع

[1] Hu, F. (Ed.). (2018). Vehicle-to-Vehicle and Vehicle-to-Infrastructure Communications. Boca Raton: CRC Press.
[2]Abboud K, Omar HA, Zhuang W. Interworking of DSRC and cellular network technologies for V2X communications: A survey. IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2016 Dec;65(12):9457-70.

[3]Sommer C, Dressler F. Vehicular Networking. Cambridge University Press; 2014 Dec 4.

[4][http://www.safespot-eu.org

[5]https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20120713_132648_5935_DEL_CVIS_1.3_FinalActivityReport_PartII_PublishableSummary_V1.0.pdf

[6]http://www.frilot.com/news.asp

[7] www.gcdc.net/

[8]http://ai2-s2-pdfs.s3.amazonaws.com/dfd9/c343a3940174ea4838e556c7f8f86de86cf8.pdf

[9]The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications
Volume 22, Issue 6, December 2015, Pages 18-26

[10][https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68161/1/000155388.pdf

[11]http://cvt-project.ir/NewsDetail.aspx?SubjectType=48&InfoID=1022

[12]http://www.lesswire.com/fileadmin/user_upload/Documentation/WiBear_ITS_car2x/WiBearITS_PD_1402_EN_web.pdf

[13]http://www.redpinesignals.com/pdfs/WAVECombo/WAVECombo-module-product-brief.pdf

[14]https://www.renesas.com/en-eu/media/about/press-center/news/2015/news20150929/20150929-r-car-w2r-specs.pdfhttps://www.renesas.com/en-eu/media/about/press-center/news/2015/news20150929/20150929-r-car-w2r-specs.pdf

[15]http://telematicswire.net/u-blox-acquires-lesswire-for-car-connectivity-and-industrial-wireless-solutions/

[16]http://www.marketwired.com/press-release/nxp-delivers-first-roadlink-product-nasdaq-nxpi-1840330.htm

[17] http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=254228&p=irol-newsArticle&ID=2118018

Archive of SID

www.SID.ir

[18]https://www.qualcomm.com/media/documents/files/snapdragon-automotive-development-platform-spec-sheet.pdf

[19]https://rtime.felk.cvut.cz/publications/public/ieee80211p_linux_2014_final_report.pdf

[20]http://ieeexplore.ieee.org/document/7007919

[21]Wang, Y., Tian, D., Sheng, Z., Jian, W. (2018). Connected Vehicle Systems. Boca Raton: CRC Press.

[22]https://wireless.wiki.kernel.org/en/users/download

[23]https://github.com/CTU-IIG/802.11p-linux/commit/bf45e0160af428dac8893e48d506ac428fed16b2

[24]https://rtime.felk.cvut.cz/publications/public/ieee80211p_linux_2014_final_report.pdf

[25]http://www.ni.com/white-paper/8566/en/

[26]https://community.arubanetworks.com/t5/Controller-Based-WLANs/What-is-the-relationship-between-data-rate-SNR-and-RSSI/ta-p/178312

[27]http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/download/83978/64944

[28]Wyld, David C., et al., eds. Trends in Network and Communications: International Conferences, NeCOM 2011, WeST 2011, and WiMON 2011, Chennai, India, 2011, Proceedings. Vol. 197. Springer, 2011.p 412.

[29]https://www.icir.org/floyd/papers/collapse.may99.pdf

Archive of SID

www.SID.ir