

## بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

حجت الله حمیدی (مسئول مکاتبات)، استادیار، گروه فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین

طوسی، تهران، ایران

علی خطیبی، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فناوری اطلاعات دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی،

تهران، ایران

E-mail: h\_hamidi@kntu.ac.ir

پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۱۰

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

### چکیده

رایانش ابری خودرویی یک راه حل امیدوار کننده برای بهره برداری از منابع کم استفاده خودروها از جمله قدرت پردازشی، فضای ذخیره سازی، اتصال اینترنت و غیره است. این منابع می تواند میان خودروها به اشتراک گذاشته شود یا توسط مالکین اجاره داد شود تا برای مصارف مختلفی مثل رفع نیاز سخت افزاری سرویس ها و اپلیکیشن های شبکه خودرویی مورد استفاده قرار گیرند. در واقع می توان از این طریق به نیاز رو به افزایش برای منابع در شبکه خودرویی پاسخ داد، اگرچه به نظر می رسد این طرح امکان پذیر است اما پیاده سازی آن با مشکلاتی مواجه است. محققان زیادی بر روی طراحی معماری تمرکز کرده اند تا بر مشکلات مختلف غلبه کنند و در نتیجه نیاز کاربران را با ارائه سرویس قابل اعتماد بر آورده کنند. در این مقاله به بررسی طرح ابر خودرویی پرداخته شده و روی ویژگی ها و معماری آن تمرکز خواهد شد. در ابتدا به طور اجمالی انگیزه ایجاد ابر خودرویی مطرح و در ادامه چالش های مربوط به طراحی کاوش خواهد شد. علاوه بر این، ویژگی های معماری های موجود مشخص و یک طبقه بندی از ابر خودرویی ارائه خواهد شد، سپس شاخص های دسته بندی معماری ها معرفی می شود.

واژه های کلیدی: ابر خودرویی، رایانش ابری، شبکه خودرویی، معماری

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

## ۱. مقدمه

برای عوامل مختلف درگیر در شبکه خودرویی (رانندگان، مسافران، سازمان‌های ترافیکی، پلیس و غیره) به همراه داشته باشد. بسیاری از محققان بر روی این طرح متمرکز شده‌اند و سعی کردند تا راه حل‌هایی برای مشکلات مختلفی که می‌تواند توسعه این مفهوم را تحت تاثیر قرار دهند، بیابند. به طور خاص، جنبه معماری به دلیل مشخصه‌های شبکه خودرویی در بسیاری از مطالعات مورد تاکید قرار گرفته است.

در ادبیات این موضوع، بررسی‌هایی بر روی ابر خودرویی صورت پذیرفته برای مثال در [Gu, Zeng and Guo, 2013] مولفان بر ویژگی‌ها و اپلیکیشن‌های ابر خودرویی متمرکز شده‌اند. در [Whaiduzzaman et al. 2014] یک طبقه بندی ابر خودرویی پیشنهاد شده و در کنار آن یک مطالعه وسیع بر روی ویژگی‌ها، اپلیکیشن‌ها و مشکلات امنیتی صورت گرفته. در این مقاله یک مطالعه دقیق و جزئی بر روی چالش‌های ابر خودرویی ارائه می‌شود. به طور مشخص دسته‌بندی‌هایی از مشکلات مدیریت منابع پیشنهاد خواهد شد، همچنین یک دسته بندی از ابر خودرویی طرح شده. این مقاله بر روی جنبه معماری متمرکز شده، از این رو شاخص‌های جدیدی برای دسته بندی معماری‌های مختلف پیشنهاد خواهد شد [Mekki et al. 2016].

در ساختار این مقاله در بخش دوم به پیشینه این فناوری پرداخته می‌شود سپس در بخش سوم طرح ابر خودرویی معرفی خواهد شد. بخش چهارم به بررسی چالش‌ها و مشکلات طراحی معماری اختصاص خواهد یافت و در بخش پنجم معماری‌های موجود بررسی و بر اساس شاخص‌های پیشنهادی دسته بندی می‌شود. در بخش شش مسائل باز و مسیرهای پیشنهادی برای تحقیقات آینده مطرح می‌گردد و در بخش پایانی جمع بندی و نتیجه گیری ارائه می‌شود.

## ۲. پیشینه

ابر خودرویی الگویی جدید است که رایانش ابری و شبکه‌های خودرویی را ادغام می‌کند. برای شناخت عللی که منجر به پیدایش این مفهوم شده، در این بخش به مفاهیم "شبکه موقت خودرویی"، "رایانش ابری" و "رایانش ابری سیار" می‌پردازیم.

در دو دهه اخیر شبکه خودرویی موضوع تحقیقات بسیاری بوده است. پیدایش چندین فناوری دسترسی بیسیم و تعداد زیاد اپلیکیشن‌هایی که برای شبکه خودرویی ارائه شده دلیلی بر توجه چشمگیر به این عرصه است. مقدر ساختن ارتباط بین خودروها و تجهیزات زیرساخت امکان ارائه اطلاعات مربوط به ترافیک و حوادث را به رانندگان و سازمان‌های مربوط به ترافیک می‌دهد. داده‌های جمع آوری شده به رانندگان کمک می‌کند تا از جاده ای پر ازدحام و پر حادثه حوادث دوری کنند. سازمان‌های ترافیکی قادر خواهند بود ترافیک را به صورت پویا و بر اساس شرایط مدیریت کنند (از جمله برنامه ریزی پویا، چراغ راهنمایی). ادغام تعداد بیشماری از دستگاه‌ها از جمله GPS، حسگرها و دستگاه پردازش مرکزی، خودروها را هوشمند ساخته. در واقع قابلیت‌های خودرویی مسافران را قادر می‌سازد تا از سرویس‌های مختلفی استفاده کنند.

به رغم این مزایا، چالش‌های بسیاری می‌تواند کیفیت سرویس اپلیکیشن‌ها را تحت تاثیر قرار دهد از جمله تحرک گره‌ها، موانع، محدودیت پهنای باند، و قطع مکرر اتصال [Al-Sultan et al. 2014]. علاوه بر این، اپلیکیشن‌ها نیاز یکسانی به منابع (پردازش، پهنای باند و غیره) و کیفیت سرویس (تاخیر، نرخ از دست رفتن بسته و غیره) ندارند. برخی اپلیکیشن‌ها از جمله اپلیکیشن‌های چند رسانه ای به پهنای باند بالا نیاز دارد تا عملکرد روانی داشته باشند، برخی دیگر خواستار تاخیر پایین هستند مثل اپلیکیشن‌های بلاگرنگ. در بسیاری از موارد یک خودرو نمی‌تواند منابع مورد نیاز را دارا باشد.

رایانش ابری که راه حلی برای ارائه منابع مورد نیاز کاربران به آنها است، راه حل مناسبی برای غلبه بر کاستی‌های شبکه خودرویی به نظر می‌رسد. در این زمینه ابر خودرویی که توسعه‌ای از رایانش ابری سیار است، پیدایش یافته [Abuelela and Olariu, 2013]. که شامل بهره برداری بهینه از منابع کم کار خودروها و زیرساخت است. خودروها می‌توانند همکاری کنند تا منابعشان را به اشتراک بگذارند یا به مشتریان اجاره دهند که می‌تواند مزایای چشم گیری

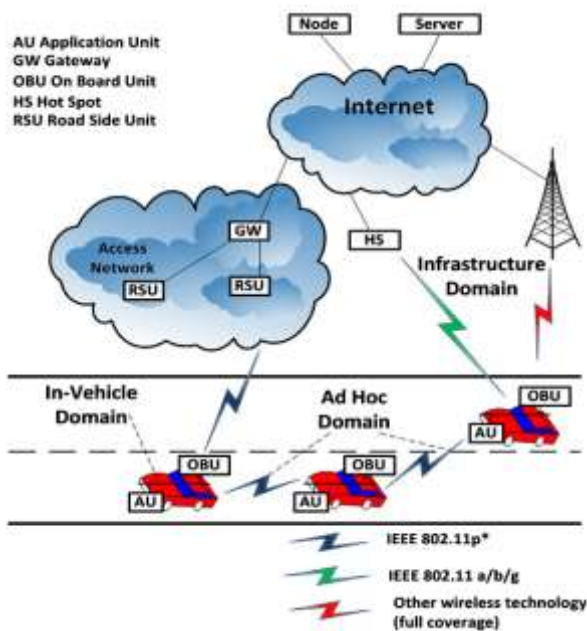
بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

۲-۱ شبکه موقت خودرویی

با پیشرفت های حاصل شده در فنآوری اطلاعات و ارتباطات، طرح خودروهای شبکه شده توجهات بسیاری را در سطح دنیا به خود جلب کرده است، گرایش جمعی رایج، ارائه خودروها و جاده ها با قابلیت هایی جهت ایمن تر، بهینه تر و لذت بخش تر کردن زیرساخت های حمل و نقل است. در این بحث منظور از ایمن تر کردن زیرساخت های حمل و نقل، ارائه ای اطلاعات درباره راه بندهای ترافیکی، تصادفات، وضعیت های خطرناک جاده، وضعیت آب و هوا و محل امکاناتی مثل پمپ بنزین، رستوران و غیره است؛ همچنین منظور از بهینه تر کردن زیرساخت های حمل و نقل، افزایش ظرفیت شبکه جاده ای، کاهش ازدحام و آلودگی، کوتاه تر و قابل پیش بینی تر شدن زمان سفرها، کاهش هزینه نگهداری خودروها، تدارکات بهتر، بهبود کنترل و مدیریت شبکه جاده ای و افزایش بهره وری حمل و نقل عمومی است. همچنین می توان از خودروها جهت جمع آوری و پردازش اطلاعات از مناطق مورد نظر برای کاربردهایی از قبیل نظارت، کنترل آلودگی، برنامه ریزی ترافیکی و جاده ای استفاده نمود. و در آخر منظور از لذت بخش تر کردن زیرساخت های حمل و نقل، ارائه دسترسی به اینترنت، اطلاعات توریستی و تبلیغاتی، رسانه های اجتماعی، بازی ها و غیره است. تمامی کاربردهای مذکور نمونه هایی از "سیستم حمل و نقل هوشمند" هستند. این کاربردها زمانی تبدیل به واقعیت خواهد شد که شبکه های خودرویی در شکل های "درون خودرویی"، "بین خودرویی" و "خودرو به زیرساخت" به صورت گسترده در دسترس باشند.

شبکه خودرویی گامی بزرگ در جهت تحقق سیستم حمل و نقل هوشمند است، این روزها تعداد زیادی از خودرو سازان به منظور آماده شدن برای اجرای شبکه خودرویی در ابعاد بزرگ، خودرو-هایی با دستگاه های محاسباتی، ارتباط بیسیم، سنسورها و سیستم مسیریابی (مثل GPS) تولید می کنند. با استفاده از سنسورهای مختلف (مثل آب و هوا، شرایط جاده، رادار و غیره)، دوربین ها و قابلیت های محاسباتی و ارتباطی، خودروها می توانند اطلاعات را با هدف کمک به راننده در تصمیم گیری یا به شکل خاص در سیستم های دستیاری راننده، جمع آوری و تفسیر کنند.

ساختار شبکه های خودرویی مطابق شکل ۱ شامل اجزای مختلف سخت افزاری و نرم افزاری است. [Al-Sultan et al. 2014]



شکل ۱. ساختار و اجزای شبکه خودرویی [Olariu and Weigle, 2009]

۲-۲ رایانش ابری و رایانش ابری سیار

رایانش ابری سیار طرح نو ظهوری در حوزه فنآوری اطلاعات است. برای درک بهتر این فنآوری لازم است به تعریف رایانش ابری و رایانش ابری سیار بپردازیم.

موسسه ملی استاندارد و فنآوری آمریکا (NIST) یک تعریف رسمی برای رایانش ابری ارائه کرده: "رایانش ابری یک مدل برای

"شبکه موقت خودرویی" که از این پس به اختصار آن را شبکه خودرویی می نامیم بخش مهمی از سیستم حمل و نقل هوشمند است که تبادل اطلاعات بین خودروها را ممکن می سازد. شبکه خودرویی نوعی از "شبکه های موقت سیار" است که در آن خودروها به قابلیت های ارتباط بیسیم و پردازش اطلاعات مجهز شده اند و قادرند شبکه هایی را به صورت خودکار، در حال حرکت در جاده ها ایجاد کنند. ارتباط بیسیم مستقیم خودرو به خودرو، تبادل اطلاعات را حتی زمانی که زیرساخت های ارتباطی در دسترس نیست، ممکن می سازد.

- با جمع آوری منابع، یک مرکز داده متصل به شبکه می‌تواند میزبان مشتریان بسیاری باشد.

### ۳. رایانش ابری خودرویی

پیشرفت‌های بزرگ در صنعت خودرو سازی باعث افزایش چشمگیر قابلیت‌های خودروها شده، در واقع خودروهای مدرن به منابع مختلفی (مثل محاسباتی، ذخیره سازی و غیره) مجهز شده‌اند [Abdel Hamid et al. 2015] که به آن‌ها اجازه می‌دهد از سرویس‌های مختلفی بهره‌مند شوند، با این حال از این منابع به صورت بهینه بهره برداری نمی‌شود. از یک طرف بسیاری از منابع خودرویی برای مدت زمان‌های طولانی بیکار خواهند بود (برای مثال زمان‌هایی که خودروها در پارکینگ هستند)، از طرف دیگر برخی از خودروها گاهی اوقات منابع کافی برای اجرای برخی اپلیکیشن‌ها را ندارند در حالی که خودروهای دیگر منابع در دسترس دارند. در این زمینه طرح ابر خودرویی [Abuelela and

Olariu, 2013]. معرفی شد تا از منابع خودروها به صورت بهینه استفاده شود. ابر خودرویی بر اساس تلفیق شبکه موقت خودرویی و رایانش ابری شکل گرفته است. خودروها می‌توانند هم کاربر و هم ارائه دهنده سرویس باشند. مشابه رایانش ابری خودروها زمانی که می‌خواهند از منابع خارجی بهره ببرند به عنوان دستگاه‌های سیار در نظر گرفته می‌شوند. خودروهایی که قبول می‌کنند منابع خود را اجاره دهند به عنوان ارائه دهنده منابع در نظر گرفته می‌شوند. برای نمونه خودروهای پارک شده می‌توانند به عنوان یک مرکز داده تلقی شوند و منابع آن‌ها بر اساس تقاضا اختصاص داده شوند. همچنین خودروهای در حال حرکت می‌توانند برای مدیریت ترافیک همکاری کنند.

تجهیزات زیرساخت مثل RSUها می‌توانند بخشی از ابر خودرویی باشند [Eltoweissy et al. 2010] و منابع خود را اجاره دهند یا میزبان اپلیکیشن‌های خودرویی باشند.

لازم به ذکر است که ابر خودرویی می‌تواند گسترش یابد، خودروها می‌تواند با ابرهای متداول در تعامل باشند [Hussain et al. 2012] برای مثال اطلاعات ترافیکی را به مراکز داده سازمان‌های مسئول انتقال دهند.

مقدور ساختن دسترسی راحت و بر اساس نیاز به یک مخزن<sup>۴</sup> به اشتراک گذاشته شده از منابع محاسباتی قابل پیکر بندی (مثل: شبکه‌ها، سرورها، منابع ذخیره سازی، اپلیکیشن‌ها و سرویس‌ها) است که با حداقل تلاش یا دخالت سرویس دهنده بتوان به سرعت اختصاص داده یا آزاد شود. [Mell and Grance, 2011]

انجمن رایانش ابری سیار تعریف رایانش ابری سیار را به این صورت بیان کرده: [MCC-forum, 2011] "رایانش ابری سیار در ساده ترین حالت به زیرساختی اشاره دارد که ذخیره سازی و پردازش داده خارج از دستگاه سیار رخ می‌دهد. اپلیکیشن‌های رایانش سیار، قدرت محاسباتی و فضای ذخیره سازی داده را از تلفن‌های همراه به ابر منتقل می‌کنند."

رایانش ابری سیار بر اساس این واقعیت است که کسب و کارها می‌توانند به جای سرمایه گذاری بر روی زیرساخت‌ها با اجاره کردن زیرساخت و نرم افزارهای مورد نیاز به کار خود پردازند.

برخی از ویژگی‌ها در زمینه تامین سخت افزار و سرویس در رایانش ابری سیار منحصر به فرد هستند [Dinh et al. 2011; Mell and Grance, 2011].

- ارائه امکانات دسترسی به قدرت محاسباتی نامحدود به کاربران بر اساس تقاضا.
- نیازی به برنامه ریزی اولیه برای تامین منابع ندارد.
- کاربران رایانش ابری می‌توانند از پرداخت هزینه‌های اولیه برای تهیه سخت افزار اجتناب کنند، که به شرکت‌ها امکان می‌دهد تا کسب و کارهای کوچک را آغاز کنند و هر زمان که نیاز داشتند منابع سخت افزاری خود را گسترش دهند.
- قابلیت پرداخت برای منابع محاسباتی در زمان مورد نیاز به صورت کوتاه مدت و آزاد سازی منابع زمانی که دیگر نیازی به آن نیست.
- قابلیت دسترسی به سرویس‌ها از هر جای دنیا.
- قابلیت دسترسی به منابع در هر زمان.
- با استفاده از مجازی سازی یک سرور قادر به میزبانی کاربران مختلف و عمل کردن به عنوان سرورهای مجزا است.

## بررسی معماری و چالش‌های رایانش ابری خودرویی

- زمانی که خودروها در حال حرکت هستند، یک کاربر می‌تواند از خودروهای اطراف درخواست منابع کند. تجهیزات اطراف جاده از جمله RSUها و حسگرهای جاده نیز می‌توانند عضو ابر باشند. عواملی چون ارتباطات متناوب V2I و V2V به خاطر تداخلات و موانع، سرعت خودروها و غیر قابل پیش بینی بودن مسیر آنها پایداری ابر را تحت تاثیر قرار می‌دهند. بنابراین تعیین سیاست‌های کنترل کننده برای حفظ اطلاعات به روز از اعضای ابر و جلوگیری از مشکلات ناشی از نوسان منابع، حیاتی است. به طور خاص زمانی که خودروها در حرکت هستند، ابر باید تا زمانی که ماموریت درخواست شده به پایان رسد، حفظ شود. پس اطمینان از پایداری ابر ضروری است و می‌توان با مشخص کردن نحوه انتخاب اعضا و ضوابط انتخاب کنترل کننده این امر را تضمین کرد. همانطور که در بالا اشاره شد یک خودرو می‌تواند هر لحظه ابر را ترک کند بنابراین پیاده سازی یک استراتژی بازایی لازم خواهد بود تا از کارکرد بی وقفه ابر اطمینان حاصل شود. در [Lee et al. 2014; Arkian et al. 2015; Yu et al. 2013] مولفان روش‌های مختلفی برای انتخاب کنترل کننده ابر یا مجموعه ای از سردهسته‌ها مطرح کرده‌اند، ولی شاخص‌های انتخاب اعضای ابر و فرمت پیام‌های تبادل شده مشخص نشده است.

### ۴-۲ مدیریت منابع

همانطور که در شکل ۲ قابل مشاهده است، چالش‌های مدیریت منابع را از دیدگاه لایه‌ای می‌توان در ۳ گروه دسته بندی کرد.

به علاوه برای بهره برداری بهینه از منابع خودرویی دیگر زمینه‌ها باید برای شکل گیری ابر خودرویی هدایت شوند، برای مثال می‌توان به انتشار بهینه اطلاعات اشاره کرد. [Yang et al. 2016]

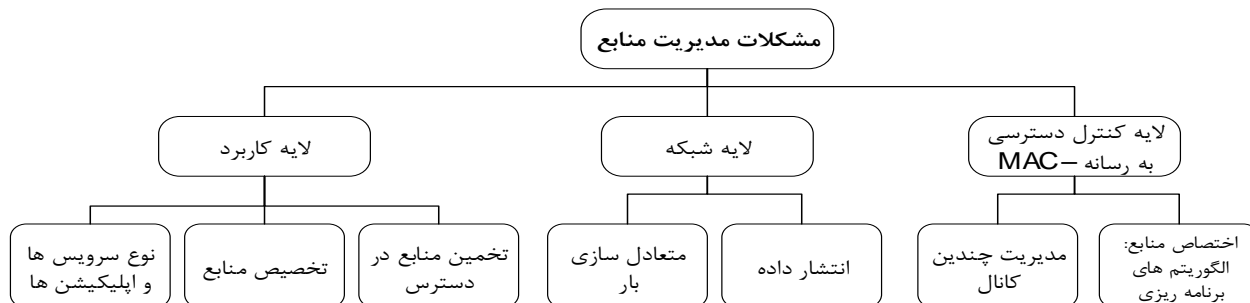
### ۴. چالش‌ها و مشکلات طراحی

پیاده سازی طرح ابر در شبکه‌های خودرویی به دلایل زیادی آسان نیست و چالش‌های جدیدی در مقایسه با شبکه خودرویی پدید خواهد آمد. در این بخش به معرفی مشکلات مختلف و فعالیت‌هایی که در ارتباط با آنها صورت گرفته پرداخته می‌شود. در ابتدا مسائل مربوط به تشکیل و مدیریت ابر بررسی می‌شود، سپس مشکلات مدیریت منابع را مطرح و در ادامه به مسئله پردازش داده خواهیم پرداخت.

### ۴-۱ راه اندازی و مدیریت ابر خودرویی

پویایی ویژگی مهم شبکه ابر خودرویی است، در واقع هویت و تعداد سرویس دهنده‌ها (به طور عمده خودروها) در طول زمان در حال تغییر است. موارد زیر این موضوع را توضیح می‌دهد:

- زمانی که خودروها پارک شده‌اند و مالکان آنها می‌پذیرند که منابع خود را اجاره دهند، ابر خودرویی مشابه ابرهای متداول خواهد شد زیرا مخزن منابع که توسط خودروها ارائه شده، به صورت موقت بی حرکت است. این خودروها باید به یک منبع انرژی متصل شوند تا منابع آنها قابل بهره برداری شود. با این حال این ابر دائمی نخواهد بود. یک خودرو می‌تواند هنگامی که منابع اش در حال استفاده توسط تعدادی اپلیکیشن است پارکینگ را ترک کند، در واقع منابع در دسترس با توجه به خودروهای ورودی و خروجی در حال تغییر است.



شکل ۲. مشکلات مدیریت منابع در ابر خودرویی [Mekki et al. 2016]

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

۴-۲-۱ لایه کنترل دسترسی به رسانه (MAC)<sup>۹</sup>

مشابه شبکه خودرویی، ابر خودرویی می‌تواند به عنوان سکویی از اجزای متصل به هم در نظر گرفته شود. در واقع خودروها به دستگاه‌های مختلفی مجهز شده‌اند که به جمع آوری و تبادل داده در حالت تک منظوره<sup>۱۱</sup> می‌پردازند. همچنین دستگاه‌های خودروها با دستگاه‌های خارجی (مثل RSU) نیز ارتباط برقرار می‌کنند. این تعداد بالای ارتباطات منجر به افزایش استفاده از کانال‌های رادیویی می‌شود. بنابراین اختصاص دادن طیف‌های رادیویی یک چالش خواهد بود. در این لایه دو نگرانی اصلی مطرح شده: اختصاص منابع (مثل برنامه ریزی دسترسی به کانال) و مدیریت چند کانال.

- **اختصاص منابع: الگوریتم‌های برنامه ریزی:** در شبکه خودرویی روش‌های بهینه اختصاص منابع رادیویی مورد نیاز است. در واقع نرخ بالای از دست رفتن بسته‌ها (و کیفیت سرویس پایین) می‌تواند به علت‌های مختلفی از جمله تصادم<sup>۱۱</sup> در اثر دسترسی چندگانه به رسانه انتقال، کیفیت اتصال بیسیم، مقدار زیاد تحرک و ضعف سیگنال اتفاق بیفتد. مکانیزم‌های بهینه دسترسی به کانال رادیویی (مثل پروتکل‌های MAC) امکان کاهش تصادم و در نتیجه بهره برداری بهتره از طیف رادیویی را می‌دهد. اگرچه این مسئله در شبکه‌های خودرویی نیز مطرح شده بود [Gillani et al. 2015] اما تعداد زیاد دستگاه‌ها که در ابر خودرویی در تعامل هستند، دسترسی به کانال را چالش برانگیز تر می‌کنید، به طور خاص در مورد ارتباطات خودرو با ابر. در [Cordeschi et al. 2015] مولفان یک پروتکل MAC را مطرح کردند که امکان دسترسی قابل اطمینان به اینترنت را می‌دهد.

- **مدیریت چندین کانال:** دسترسی به چندین کانال مزایای زیادی از جمله افزایش گذردهی و کاهش انسداد کانال‌ها را به همراه دارد. در نتیجه تاخیر انتقال کاهش یافته و استفاده از منابع رادیویی منطقی خواهد شد. روش‌های بسیاری برای اطمینان از انتخاب کانال مناسب مطرح شدند [Campolo and Molinaro, 2013; Harri and Kenney 2015]. به طور عمده انتخاب بر اساس کیفیت کانال و اشغال بودن آن است.

در ابر خودرویی خودروها می‌توانند علاوه بر اپلیکیشن‌های خودشان، وظایفی<sup>۱۲</sup> از سایر اعضای ابر را نیز اجرا کنند. پس بعد از انتخاب کانال‌های مناسب بر اساس شاخص‌هایی که اشاره شد، برنامه ریزی وظایف بر اساس اهمیتشان (برای مثال دادن اولویت بالاتر به پیام‌های هشدار) باید انجام شود.

## ۴-۲-۲ لایه شبکه

حجم قابل توجهی از داده در شبکه خودرویی و ابر خودرویی تولید و انتشار می‌یابد. به اشتراک گذاری اطلاعات ترافیک بین خودروها و پخش پیام‌های ایمنی، مثال‌هایی از ترافیک در حال تبادل هستند. در ابر خودرویی ترافیک اضافه‌ای تولید خواهد شد: از یک طرف خودروها نیاز دارند قبل از اجرای اپلیکیشن‌ها برای منابع درخواست دهند. از طرف دیگر مدیریت ابر نیازمند تبادل پیام‌های کنترلی بین اعضای ابر برای نگهداری و به روز نگه‌داشتن اطلاعات و در صورت لزوم، دخالت کردن است. در این سطح دو چالش مطرح است:

- **انتشار داده:** داده مربوط به اپلیکیشن‌های مختلف از طریق ارتباطات چند پرشی<sup>۱۳</sup> در شبکه خودرویی انتقال می‌یابند. رویکردهای مختلف انتشار داده در [Chaqfeh et al. 2014; Chen et al. 2011; Haddadou et al. 2011] بر اساس تفاوت‌ها در اپلیکیشن‌های مختلف (ایمنی، غیر ایمنی، سرگرمی و غیره) پیشنهاد شده‌اند.

در ابر خودرویی دو چالش جدید بروز کرده است: اکتشاف منابع و سرویس‌ها (خودروها و تجهیزات زیرساخت در نقش ارائه دهنده سرویس و منابع عمل می‌کنند). و انتشار قابل اطمینان داده از/به ابرهای متداول بر اساس نوع اپلیکیشن‌ها. برخی از محققان بر روی موارد خاصی از انتشار اطلاعات در ابر خودرویی متمرکز شده‌اند [Yu et al. 2012; Kumar et al. 2015; Kim et al. 2016]. هیچ یک از این راه حل‌ها به تمامی چالش‌های مطرح شده پاسخ نداده.

علاوه بر رویکردهای انتشار داده، پروتکل‌های مسیریابی مناسب برای غلبه بر مشکل قطع مکرر لینک ارتباطی و تحرک خودروها، لازم خواهد بود. در این زمینه ایده "شبکه داده

## بررسی معماری و چالش‌های رایانش ابری خودرویی

ماشین‌های مجازی اپلیکیشن‌ها را میزبانی می‌کنند. سیار بودن خودروها اختصاص منابع و تخمین منابع در دسترس را چالش برانگیز می‌کند: خودروها می‌توانند در هر زمان ابر را ترک کنند در نتیجه یک نیاز برای منابع اضافه پدید می‌آید تا اجرای وظایف در حال اجرا ادامه یابد.

- **تخمین منابع در دسترس:** تخمین مخزن منابع خودرویی به مدیریت ابر امکان می‌دهد تا در صورت امکان منابع مورد نیاز مصرف کنندگان را به آنان ارائه دهد. در [Arif et al. 2012] پارکینگ یک فرودگاه به عنوان یک مرکز داده پیشنهاد شده. مولفان به منظور استفاده از منابع محاسباتی یک رویکرد تحلیلی برای پیش بینی ظرفیت مورد استفاده پارکینگ و در نتیجه تخمین منابع در دسترس، توسعه دادند. این مسئله برای خودروهای در حال حرکت مورد بررسی قرار نگرفته.

- **تخصیص منابع:** مخزن منابع خودروهای عضو ابر خودرویی، میان آن‌ها به اشتراک گذاشته شده. اپلیکیشن‌ها و سرویس‌ها به وظایف بسیاری تقسیم می‌شوند و هر عضو ابر یک یا تعدادی از آن‌ها را انجام می‌دهد. تخصیص منابع باید به صورت منصفانه با توجه به کارهایی که به هر عضو اختصاص داده می‌شود و با در نظر گرفتن تغییراتی که ممکن است رخ دهد (از جمله تغییر منابع در دسترس، اجرای اپلیکیشن‌های مختلف با نیازها و اولویت‌های مختلف، وقفه‌های غیر قابل پیش‌بینی در برخی وظایف) انجام شود. برخی از مقالات به این مشکلات پرداخته‌اند [Arkian et al. 2015; Yu et al. 2013].

مشابه رایانش ابری و رایانش ابری سیار، اپلیکیشن‌های ابر خودرویی توسط ماشین‌های مجازی میزبانی می‌شوند. زمانی که یک خودرو را ابر را ترک می‌کند نیاز است تا عضو دیگری پیدا شود تا ماشین مجازی رها شده را میزبانی کند و اجرای وظایف ادامه یابد. با وجود اینکه به این مسئله در رایانش ابری سیار پرداخته شده [Gkatzikis and Koutsopoulos, 2013] ولی راه حل‌های مطرح شده با ابر خودرویی سازگار نشده است. اتصال متناوب و مشکل بودن پیش بینی الگوی مهاجرت<sup>۱۷</sup> خودروها از چالش‌های موجود هستند. در این زمینه برخی

محور<sup>۱۸</sup> [Cheriton and Gritter, 2000] اخیراً در شبکه خودرویی مورد استفاده قرار گرفته [Yu et al. 2015; Yu et al. 2013]. این الگو شامل استفاده از نام گذاری محتوا به جای آی پی آدرس است.

در ابر خودرویی، خودروها نیاز دارند برای منابع درخواست دهند. برخی از محققان سعی در پیدا کردن راه حل‌هایی داشتند که با ابر خودرویی سازگار باشند تا محتوا را اکتشاف و به کاربر برسانند. بر اساس طرح ICN، یک پروتکل مسیریابی برای ابر خودرویی پیشنهاد شده است [Yu et al. 2012]. نام گذاری محتوا و سربرار ناشی از درخواست‌های مصرف کنندگان (به صورت داده پراکنی در شبکه) از جمله اشکالات این طرح هستند. یک فرمت جدید از IPV6 در [Wang, 2015] به عنوان راه حلی برای نقص ایده ICN پیشنهاد شده.

- **متعادل سازی بار<sup>۱۹</sup>:** اطمینان از قابل اعتماد بودن ارسال داده تنها محدود به استفاده از رویکرد مناسب برای مسیریابی و انتقال داده نیست. انتخاب مسیر<sup>۱۶</sup> نیز فاکتور مهمی جهت جلوگیری از انسداد راه‌ها و کاهش نرخ از دست رفتن بسته‌ها است. رویکردهای متعادل سازی بار امکان تقسیم منصفانه ترافیک در مسیرهای مختلف و جلوگیری از سربرار شدن را می‌دهند. برای شبکه خودرویی رویکردهایی در [Wu et al. 2012; Hashemi and Khorsandi, 2011] پیشنهاد شده.

در ابر خودرویی انتخاب مسیرها چالش برانگیز است. یک عضو ابر خودرویی، بعد از انجام دادن یک وظیفه باید داده را به خودروهای مرتبط انتقال دهد، به صورت همزمان می‌تواند به عنوان یک گره بازپخش (انتقال داده دریافتی از یک خودرو به خودروی دیگر) نیز عمل کند. در صورتی که تمامی داده از طریق یک مسیر ارسال شود می‌تواند باعث انسداد شود. پس ضروری است که مسیر مناسب با توجه به نوع داده انتخاب شود. برای مثال یک داده حیاتی از کانالی که کمترین ازدحام را دارد ارسال شود.

### ۴-۲. لایه کاربرد (اپلیکیشن)

یک سرویس نوآورانه که توسط ابر خودرویی ارائه می‌شود به اشتراک گذاری یا اجاره منابع خودرویی است. منابع تجمیع شده و

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

تجهیزات زیرساخت یا ابرهای متداول قابل دست یابی است. برخی از مقالات ماژول‌هایی در ابرهای متداول و خودروها پیشنهاد داده اند تا داده را برای یک سرویس مشخص مثل جلوگیری از تصادف در [Kumar et al. 2012] و مسیریابی در [Qin et al. 2012] پردازش کند.

## ۵. دسته بندی معماری‌های ابر خودرویی

ابر خودرویی ویژگی‌های بسیاری از جمله سیار بودن خودروها، سرویس‌های مورد درخواست و اعضای شرکت کننده دارد همچنین چالش‌ها و مشکلاتی که در بخش قبل مطرح شد باید مورد توجه قرار گیرند، این عوامل پیدایش تعداد زیادی معماری را توجیه می‌کند. در واقع خودروها می‌توانند حرکت کنند یا پارک شوند. پس قواعد مدیریتی از یک معماری به معماری دیگری متفاوت خواهد بود. همچنین موجودیت‌های بسیاری می‌توانند در معماری حضور داشته باشند (یا نباشند). برای مثال خودروهای پارک شده می‌توانند بدون دخالت موجودیت‌های دیگر به طور خودکار یک ابر را شکل دهند در حالی که خودروهای در حال حرکت در صورتی می‌توانند یک ابر راه اندازی کنند که تجهیزات زیرساخت و ابرهای متداول نیز جز ابر باشند. علاوه بر این به خاطر تنوع اپلیکیشن‌های موجود نیاز به استفاده از فناوری‌های مختلف خواهد بود. دسته بندی معماری‌های ابر خودرویی راهی برای نشان دادن موضوعات مختلفی است که باید مورد بررسی قرار گیرند.

در این بخش معماری‌های مطرح شده برای ابر خودرویی دسته بندی خواهند شد. در ابتدا یک طبقه بندی برای انواع ابر خودرویی بر اساس ویژگی‌های آن ارائه می‌شود. سپس مقالات مرتبط و دسته بندی‌های موجود معرفی و در نهایت دسته بندی پیشنهادی و شاخص‌های آن ارائه خواهد شد.

## ۵-۱ طبقه بندی ابر خودرویی

ابر خودرویی برخی از خصوصیات منحصر به فرد را در مقایسه با پردازش ابری سیار ارائه می‌دهد به خصوص در مورد نقش اجزای مختلف ابر. در واقع در پردازش ابری سیار سرویس دهنده‌ها و کاربران به ترتیب مراکز داده و دستگاه‌های موبایل هستند. اما در

سیاست‌ها برای مهاجرت ماشین‌های مجازی پیشنهاد شده است تا از سرویس دهی روان هنگام حرکت خودروها اطمینان حاصل شود [Yu et al. 2013; Refaat et al. 2014]. مهاجرت‌های متناوب و تاخیرهای پروسه مهاجرت که اتفاق می‌افتد می‌تواند تداوم سرویس دهی را تحت تاثیر قرار دهد.

- نوع سرویس‌ها و اپلیکیشن‌ها: سرویس‌ها و اپلیکیشن‌های شبکه خودرویی نیازمندی‌های متفاوتی از نظر منابع و کیفیت سرویس دارند [Sharma et al. 2015]. بعضی از اپلیکیشن‌ها نیاز به پهنای باند زیاد دارند (مثل پخش ویدئو)، برخی دیگر نیاز به ظرفیت پردازش بالا دارند (مثل پیش بینی ترافیک). پس یافتن ارائه دهنده‌گان منابع (خودروها یا سرویس‌های ابری) با منابع کافی و کیفیت سرویس خوب، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین برآورده شدن نیازمندی‌های مربوط به کیفیت تجربه، لازم خواهد بود تا همراه یک سرویس قابل اعتماد به کاربر ارائه شود. در [Mazloom et al. 2015] مولفان به بررسی انتخاب RSUهای مناسب به عنوان یک "تکه ابر"<sup>۱۸</sup> جهت برآورده کرده نیاز کاربر، پرداخته‌اند. خودروها درخواست خود را که شامل "توافق نامه سطح سرویس"<sup>۱۹</sup> است را به یک ابر مرکزی ارسال می‌کنند. سرویس درخواستی بررسی شده و آن‌هایی که مرکب هستند به سرویس‌های ساده تجزیه می‌شوند، سپس RSU مناسب برای هر سرویس ساده انتخاب می‌شود (برای مثال RSU که بتواند به کیفیت سرویس که در SLA مشخص شده دست یابد). در پایان سرویس به درخواست کننده ارائه خواهد شد. پروسه پیشنهاد شده به دلیل مراحل زیادش می‌تواند باعث تاخیر طولانی شود.

## ۴- پردازش داده

در شبکه خودرویی داده‌هایی که توسط حسگرهای خودرو جمع آوری می‌شوند یا از خودروهای مجاور دریافت می‌شوند قبل از اینکه به دست راننده برسند پردازش می‌شوند. ایده ابر خودرویی امکان بیشتری برای پردازش داده از طریق بهره برداری بهتر از منابع پردازشی خودروها و ابرهای متداول را فراهم می‌کند. انتخاب موجودیتی که مسئول این وظیفه است و توسعه ماژول‌های مورد نیاز جز چالش‌های باقی مانده است. پردازش از طریق خودروها،



## بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

ابر خودرویی می تواند یک ترکیب حداقلی داشته باشد (برای مثال فقط مجموعه ای از خودروها) که باعث استقلال خودروها از موجودیت های دیگر (به عنوان مثال تجهیزات زیرساخت و سرورهای ابری) می شود.

- **پشتیبانی از تحرک**<sup>۱۱</sup>: موجودیت های ابر خودرویی می توانند در حال حرکت یا ثابت باشند: کاربران، ارائه دهندگان منابع یا هر دو. پیش بینی الگوی حرکتی خودروها برای انتخاب اعضای مناسب و ضمانت پایداری ابر خودرویی، ضروری است. این پیش بینی را می توان با استفاده از مدل های تحرک [Harri et al. 2009] انجام داد تا رفتار خودروها را بر اساس مناطق و توپولوژی جاده ها مدل سازی کرد.

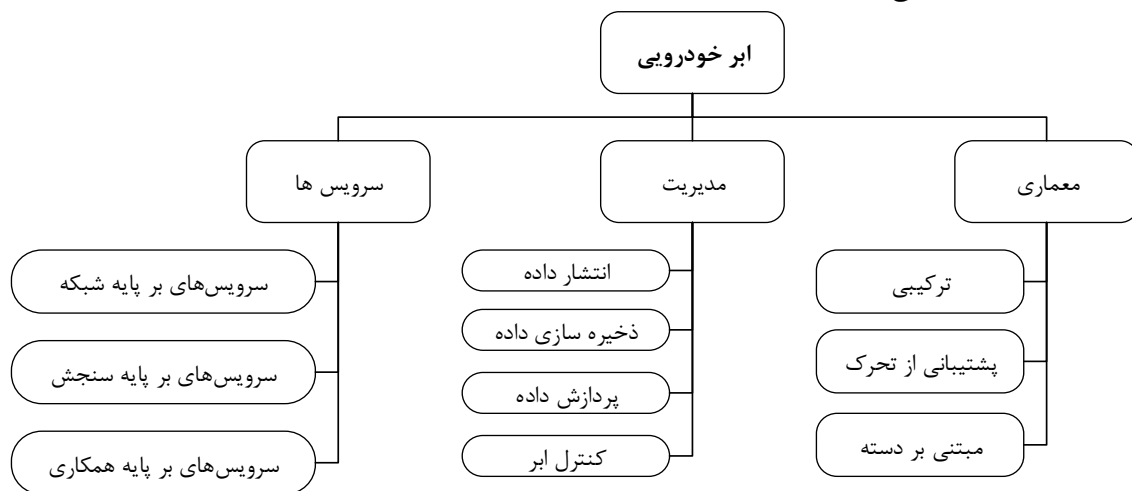
- **مبتنی بر دسته**<sup>۱۲</sup>: در شبکه خودرویی، تجهیزات زیرساخت و خودروها می توانند با تشکیل دسته ها یا بدون آن به تبادل اطلاعات بپردازند. در مورد ابر موقت که منابع خودرویی در یک مخزن جمع می شوند، برخی از خودروها به شکل دسته سازماندهی می شوند. پایداری ابر خودرویی برای حفظ آن تا به پایان رسیدن ماموریت درخواستی مهم است، که این امر از طریق انتخاب سردهسته ابر حاصل خواهد شد. انتخاب این کنترل کننده از طریق رویکردهای مختلف قابل اجراست (مثل درهم<sup>۱۳</sup> یا تحلیلی).

ابر خودرویی کاربران و ارائه دهندگان منابع بر اساس شرایط تغییر می کنند. برای مثال زمانی که خودروها در حال حرکت هستند، هم مراکز داده و هم خودروها می توانند ارائه دهنده سرویس باشند. خودروهایی که به پردازش ابری دسترسی دارند یا از منابع دیگر خودروها استفاده می کنند، کاربران هستند. در سناریوی ثابت خودروهای پارک شده ارائه دهندگان سرویس هستند. این منابع توسط مسئولین مورد بهره برداری قرار می گیرند (برای مثال مسئولین فرودگاه از منابع پردازشی و ذخیره سازی خودروهای پارک شده استفاده می کنند). به علاوه مخازن منابع برای مدت کوتاهی در دسترس هستند. به طور دقیق تر زمانی که ماموریت درخواست شده به ثمر می رسد، ابر آزاد می شود و منابع نیز آزاد خواهد شد. بر اساس این بررسی ها، یک طبقه بندی از ابر خودرویی ارائه شده که شامل سه محور است: معماری، مدیریت و سرویس ها. شکل ۳ طبقه بندی پیشنهادی را نمایش می دهد.

### ۱-۱-۵ معماری ها

این سه مورد در ابر خودرویی از نظر ساختاری تمایز ایجاد می کند:

- **ترکیبی**<sup>۲۰</sup>: در مقایسه با شبکه خودرویی که خودروها و تجهیزات زیرساخت موجودیت های آن هستند، سرورهای ابر می توانند جزئی از ابر خودرویی باشند. زیرساخت به تجهیزات ثابت و خودروهایی که منابع شان را اجاره می دهند اشاره دارد.



شکل ۳. طبقه بندی ابر خودرویی

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

۵-۱-۲ مدیریت

چهار جنبه مرتبط با مدیریت ابر خودرویی مطرح است:

- **انتشار داده:** در ابر خودرویی خودروها تنها علاقه‌مند به دریافت سرویس نیستند بلکه همچنین خواهان استفاده از منابع هستند. یک الگوی جدید به نام ICN برای ابر خودرویی توسعه یافته تا امکان درخواست منابع و سرویس‌ها را ایجاد کند [Talebifard and Leung 2013].
- **ذخیره سازی داده:** در مورد رایانش ابری داده‌ها در سرورها ذخیره می‌شوند. در ابر خودرویی داده که توسط تعدادی از اعضای ابر جمع آوری شده می‌تواند به صورت محلی (داخل خودروها) ذخیره شود [Wang, 2011] یا می‌تواند در یک مکان دور (مثل سرورها یا تجهیزات زیرساخت) ذخیره شود [Qin et al. 2012].
- **پردازش داده:** در ابر خودرویی همانطور که قبل‌تر اشاره شد، وظایف پردازشی می‌تواند به صورت توزیع شده صورت گیرد یا در یک مکان متمرکز (مثل ابرهای متداول) باشد [Qin et al. 2012].
- **کنترل ابر:** اکثر اوقات ابر خودرویی برای مدتی شکل می‌گیرد. اعضای ابر خودرویی همکاری می‌کنند تا ماموریت خواسته شده (برای مثال دانلود یک فایل) را به انجام برسانند. خودروها ممکن است در هر زمان ابر را ترک کنند یا عضو آن شوند. برای حفظ و ادامه فعالیت ابر، یک موجودیت [Lee et al. 2014; Arkian et al. 20115] (مثل یک خودرو یا RSU) یا مجموعه‌ای از خودروها [Zhang et al. 2013] مسئول مدیریت ابر خواهد بود. کنترل کننده یک دیدگاه کلی از ابر خودرویی دارد همچنین به وسیله تبادل پیام بین اعضای ابر از آن‌ها آگاهی کامل دارد (شناسه، مکان، منابع در دسترس و غیره). کنترل کننده مسئول توزیع وظایف نیز خواهد بود همچنین زمانی که یک عضو تصمیم به ترک ابر می‌گیرد برای انتخاب

جایگزین مناسب مداخله می‌کند. ابر خودرویی ثابت توسط یک مدیر کنترل می‌شود که منابع را بر اساس خواسته‌ها برنامه ریزی می‌کند و اطلاعاتش در مورد منابع در دسترس را بر اساس ورود و خروج خودروها به روز رسانی می‌کند.

### ۵-۱-۳ سرویس‌ها

علاوه بر سرویس‌هایی که توسط ابرهای متداول ارائه می‌شوند (فضای ذخیره سازی، نرم افزار، منابع پردازشی)، سرویس‌های دیگری با ابر خودرویی پیدایش یافتند.

- **سرویس‌های بر پایه شبکه:** خودروهایی با قابلیت اتصال اینترنت، پهنای باند خود را با کاربرانی که نیاز با اینترنت دارند به اشتراک می‌گذارند.
- **سرویس‌های بر پایه سنجش<sup>۴</sup>:** اطلاعاتی که توسط خودروها از طریق حسگرهایشان جمع آوری می‌شود، نمی‌تواند اطلاعات کافی در مورد منطقه عبوری را به راننده ارائه کند. در ابر خودرویی، خودروها می‌توانند اطلاعات حس شده را به اشتراک بگذارند که باعث افزایش آگاهی رانندگان خواهد شد.
- **سرویس‌های بر پایه همکاری:** خودروها وظایف را میان خود به اشتراک می‌گذارند تا سرویس‌ها را به رانندگان و مسافران ارائه دهند.

### ۵-۲ دسته بندی های موجود

دسته بندی‌های مختلفی که در مقالات پیشنهاد شده در جدول ۱ ارائه شده است. دسته بندی‌های مذکور بر اساس شاخص‌های اصلی هستند و به طور عمده بر روی جنبه‌های ساختاری (وجود داشتن یا نداشتن زیر ساخت، نقش خودروها) و سرویس‌های ارائه شده متمرکز شده‌اند. برای دسته بندی شاخص‌های دیگری را نیز می‌توان به حساب آورد. به منظور ارائه یک دسته بندی دقیق تر، یک دسته بندی از ابر خودرویی و شاخص‌های آن در بخش بعدی پیشنهاد می‌شود.

بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

جدول ۱. دسته بندی معماری های ابر خودرویی

مقاله	دسته بندی پیشنهادی	شاخص	مزایا	محدودیت ها
Hussain et al. 2012	۳ نوع -Vehicular Cloud (VC) -Vehicles using Cloud (VuC) -Hybrid Cloud (HC)	نقش خودروها (ارائه دهنده منابع، مصرف کننده سرویس ابری، هم ارائه دهنده و هم مصرف کننده)	سه دسته بر اساس نقش خودروها معرفی میکند	سایر موجودیت هایی که میتوانند در معماری حضور داشته باشند در نظر گرفته نشده
Wan et al. 2014	۳ نوع ابر آگاه از زمینه -Vehicles to Clouds (VTC) -Vehicles with Clouds (VWC) -Vehicles as Clouds (VAC)	نقش خودروها	همانند قبلی با در نظر گرفتن اطلاعات آگاه از زمینه	همانند قبلی
Jabbarpour et al. 2015	دو دسته بندی اصلی: معماری های عمومی یا خاص، هر یک از این ها شامل این زیر مجموعه میشود: - ثابت و بدون زیرساخت (خودروهای پارک شده). - ثابت و بر اساس زیرساخت (خودروها + زیرساخت) - متحرک (خودروها به عنوان زیرساخت متحرک در نظر گرفته میشوند).	هدف معماری (خاص یا عمومی) نوع زیرساخت نوع سرویس ارائه شده	این دسته بندی از جنبه های عمومی به سمت جنبه های خاص معماری تکامل یافته و میان آنها تمایز قائل شده	علاوه بر سرویس هایی که توسط ابر خودرویی ارائه میشود، سایر شاخص ها امکان تمایز بهتر را میدهد.

۵-۳ دسته بندی پیشنهادی

بر اساس طبقه بندی که برای ابر خودرویی مطرح شد، سه شاخص برای دسته بندی برگزیده شد: ۱- حالت ابر بر اساس ساختار آن، ۲- سطح متمرکز سازی برای انجام یک وظیفه (ذخیره سازی، پردازش، کنترل)، و ۳- رویکردهای پیاده سازی شده برای مقابله با چالش های مختلف. در این دسته بندی، جنبه های مختلفی که بین معماری ها ایجاد تمایز می کند در نظر گرفته می شود.

۵-۳-۱ حالت ابر خودرویی

ابر خودرویی می تواند به صورت دائمی یا بر اساس تقاضا تشکیل شود. ابر بر اساس تقاضا برای مدتی شکل می گیرد و تنها برای اعضای مشترک یا کاربران نزدیک مجاز است. ابر دائمی (مشابه

ابراهای متداول) از همه جا و توسط تمامی خودروها از طریق زیرساخت (برای مثال دسترسی به یک RSU و سپس دسترسی به اینترنت) یا مستقیما از طریق اتصال 3G,4G در دسترس خواهد بود. بر اساس معیار حالت ابر، معماری های ابر خودرویی را می توان به سه دسته تقسیم کرد: موقت، دائمی و ترکیبی.

- معماری های بر پایه ابر موقت: در این مورد خودروها به طور موقت به عنوان یک زیرساخت خدمت می کنند تا یک وظیفه را ذخیره یا انجام دهند. خودروها همچنین می تواند از طریق به اشتراک گذاری منابع وظایف را با همکاری انجام دهند مثل دانلود یک فایل در طول سفرشان. وجود زیرساخت همیشه اجباری نخواهد بود و بستگی به اپلیکیشن ها و وضعیت محیط (تعداد همسایگان، منطقه: روستایی، شهری، اتوبان) دارد. برای مثال زمانی که یک فاجعه رخ می دهد، می تواند به زیرساخت

حجت الله حمیدی، علی خطیبی

۵-۳-۲ سطح متمرکز سازی

در ابر خودرویی، وظیفه‌ها از جمله پردازش، ذخیره سازی و کنترل ابر می‌تواند توسط یک موجودیت صورت پذیرد یا بین تعدادی از اعضا توزیع شود. با در نظر گرفتن این معیار، هر دسته از معماری‌های ابر خودرویی می‌تواند بر اساس سطح متمرکز سازی به سه زیر مجموعه تقسیم شود: متمرکز، نیمه متمرکز و کاملاً توزیع شده.

- **معماری‌های متمرکز:** یک موجودیت مسئولیت وظیفه‌های مختلف را بر عهده دارد. برای مثال، ابرهای متداول یا RSU، داده‌هایی که از خودروها جمع آوری شده ذخیره می‌کند، آن‌ها را پردازش کرده، سرویس‌ها را میزبانی می‌کند و نتایج را به خودروها ارسال می‌کند.

- **معماری‌های نیمه متمرکز:** حالتی است که یک عضو ابر مسئول مجموعه وظایف و اعمال مشخصی است. برای مثال زمانی که گروهی از خودروها یک ابر موقت را ایجاد می‌کنند، یک خودرو که کنترل کننده نامیده می‌شود مسئولیت کنترل ابر و مدیریت منابع را بر عهده دارد در حالی که هر خودرو داده‌ها پردازش می‌کند و به صورت محلی ذخیره می‌کند و بر اساس درخواست ارسال می‌نماید.

- **معماری‌های کاملاً توزیع شده:** حالتی است که وظایف مختلف بین اعضای ابر تقسیم می‌شوند. ابر خودرویی می‌تواند توسط تمامی اعضا کنترل شود (هر عضو آگاهی کامل از ابر دارد)، و با همکاری هم کار می‌کنند. ابرهای متداول و ابرهای موقت با یکدیگر تعامل می‌کنند تا به کاربران ارائه سرویس کنند. (برای مثال داده‌ها در خودروها جمع آوری و فیلتر شده سپس برای نتیجه گیری به سرورها ارسال می‌شوند).

۵-۳-۳ رویکردهای پیاده سازی شده

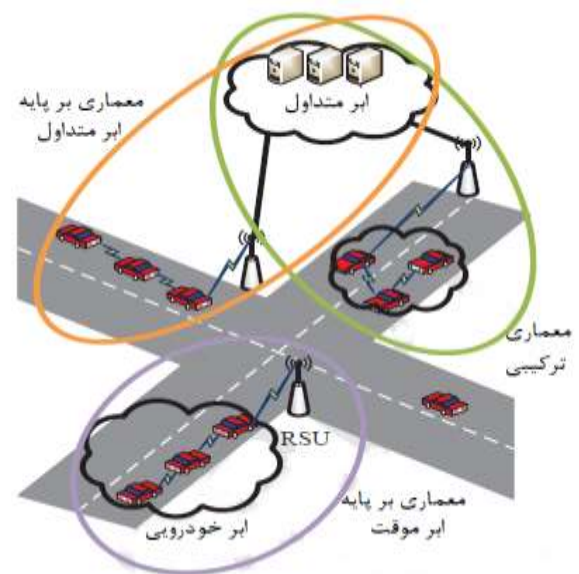
معماری‌های ابر خودرویی رویکردهای مختلفی را جهت مقابله با چالش‌ها پیاده سازی می‌کنند. این رویکردها را می‌توان در سه گروه دسته بندی کرد: بر پایه سیستم، بر پایه شبکه و بر پایه سرویس.

- **رویکردهای بر پایه سیستم:** به علت طبیعت پویای ابر خودرویی و اعضای مختلفی که می‌توانند جز آن باشند طراحی

آسیب بزند. در این صورت خودروها وابسته به ظرفیت‌های خودشان هستند و یک ابر موقت را شکل می‌دهند تا اطلاعاتی درباره منطقه به دست آورند. داده‌های به اشتراک گذاشته شده تا زمانی که دسترسی به اینترنت موجود نباشد محدود به داده‌های جمع آوری شده توسط حسگر خودروها است.

- **معماری‌های بر پایه ابر دائمی:** خودروهایی که یک شبکه خودرویی را شکل می‌دهند به مرکز داده ابری (یا ابرهایی که توسط RSU میزبانی می‌شوند) از طریق انواع ارتباطات (شبکه موبایل یا بیسیم) دسترسی دارند. آن‌ها اطلاعات را با یکدیگر و با ابر به اشتراک می‌گذارند، اما منابعشان را به اشتراک نمی‌گذارند و تنها در نقش کاربر ظاهر می‌شوند.

- **معماری‌های ترکیبی:** این نوع از معماری به ترکیب دو نوعی که در بالا ذکر شد اشاره دارد. خودروها به ابر دائمی دسترسی دارند و می‌توانند به صورت انعطاف پذیر کار کنند و تشکیل یک ابر موقت دهند تا یک وظیفه خاص را انجام دهند. تفاوت این دسته‌ها در اعضای ابر و ارتباطات بین آن‌ها است. شکل ۴ فعل و انفعالات بین اجزای هر نوع از معماری را نمایش می‌دهد [Mekki et al. 2016].



شکل ۴. معماری‌های ابر خودرویی

بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

تعریف لایه های ابر خودرویی، نقش موجودیت ها، روش های کنترل). در زمینه ابر خودرویی موقت، مدیریت ابر خودرویی مورد بحث قرار گرفته. [Arkian et al. 2013; Yu et al. 2015]. همچنین در [Bitam and Mellouk., 2012] مولفان بر روی توضیح نقش لایه های ابر و فعل و انفعالات بین اعضا تمرکز کرده اند.

- **رویکردهای بر پایه شبکه:** پرداختن به مسائل مربوط به شبکه (قواعد انتشار داده، مدیریت منابع، معیارهای کیفیت سرویس) باعث اطمینان از رضایت کاربران خواهد شد. راه حل های سازگار شده برای ابر خودرویی در مقالات پیشنهاد شده، در واقع در برخی از معماری های ابر خودرویی، مجموعه ای از رویکردها برای مقابله با انتشار داده [Lee et al. 2014]، مسئله تاخیر [Aloqaily et al. 2014]، کمبود پهنای باند [Kumar et al. 2012]، مسیریابی پویا و مدیریت انعطاف پذیر ماشین های مجازی [Salahuddin et al. 2015] پیاده سازی شده.

- **رویکردهای بر پایه سرویس:** این دسته شامل رویکردها و فناوری هایی است که برای ارائه سرویس های جدید به کاربران و پرداختن به چالش های سرویس دهی، پیاده سازی شده اند. برخی از معماری های ابر خودرویی بر روی جنبه سرویس متمرکز شده اند.

جدول ۲ و ۳ دسته بندی معماری های مذکور را بر اساس معیارهای پیشنهادی و رویکردهای به کار برده شده را نمایش می دهد [Mekki et al. 2016].

معماری چالش برانگیز است. ساختار ابر خودرویی و نقش اعضایش موضوع تعدادی از مطالعات بوده است. این رویکردها را می توان به دو زیر مجموعه تقسیم کرد:

○ **رویکردهای بر پایه ابعاد کوچک<sup>۲۰</sup>:** به رویکردهایی اشاره دارد که بر روی بهره برداری از خودروها به عنوان یک موجودیت مستقل تمرکز دارند. بهره برداری از ظرفیت های خودرویی می تواند مزایایی به همراه داشته باشد و خودرو اجازه تصمیم گیری دهد. از طریق دستگاه های هوشمند و حسگرهایی که به راننده متصل شده اند، یک خودرو می تواند درباره وضعیت و محیط اطرافش و همچنین رفتار راننده، داده جمع آوری کند. برخی از رویکردها پیشنهاد داده اند تا به خودرو اجازه داده شود اقدامات مناسب انجام دهد. در [Wang et al. 2011] یک "شبکه حسگر حوزه بدن"<sup>۲۱</sup> که از لایه های مختلف تشکیل شده برای پایش وضعیت سلامت راننده پیشنهاد شده. در [Abid et al. 2011] دو ماژول برای کنترل وضعیت خودرو و سلامت راننده معرفی شده. در ۷۰٪ یک ابر خصوصی در هر خودرو ساخته شده که برای ذخیره و میزبانی سرویس های داخل خودرو و پاسخ به پرس و جوهای<sup>۲۲</sup> خودروهای همسایه، استفاده می شود. در [Kumar et al. 2012] یک ماژول برنامه ریز داخل خودرو پیاده سازی شده تا اطلاعات مناسب را به ابر ارسال کند.

○ **رویکردهای بر پایه ابعاد بزرگ<sup>۲۸</sup>:** مقالات مختلفی برای ساختار کلی ابر خودرویی پیشنهاد ارائه کرده اند (از جمله

حجت الله حمیدی، علی خطیبی

جدول ۲. دسته بندی پیشنهادی برای معماری های ابر خودرویی

معماری های ترکیبی		معماری های بر پایه ابر دائمی			معماری های بر پایه ابر موقت				معماری ها
معماری های نیمه متمرکز	معماری های توزیع شده	معماری های متمرکز	معماری های نیمه متمرکز	معماری های کاملاً توزیع شده	معماری های متمرکز	معماری های نیمه متمرکز	معماری های کاملاً توزیع شده	معماری های متمرکز	
						✓			VCN [Lee et al. 2014]
						✓			COHORT [Arkian et al. 2015]
✓				✓					Cloud-based vehicular architecture [Yu et al. 2013]
				✓					Three-tier V-cloud [Wang et al. 2011]
				✓					Carcel [Kumar et al. 2012]
					✓				Vehicloud [Shahzad, 2014]
					✓				Cooperation-Aware VANET Clouds [Hussain et al. 2014]
				✓					CVC with Cloud [Wan et al. 2014]
✓									V-Cloud [Abid et al. 2011]
✓									VCR Baby et al. 2013]
	✓								ITS Cloud [Bitam et al. 2015]
						✓			ICCDMS [Alazawi et al. 2012]
						✓			KGIC-ITS [Alipour et al. 2012]
			✓						Provisioning delay-based architecture [Aloqaily et al. 2014]
			✓						RSU-Cloud [Salahuddin et al. 2015]
			✓						Cloud-based architecture for network selection scheme [Xu et al. 2015]
				✓					VC Mia [Wan et al. 2014]
					✓				SCCV [Hu et al. 2014]
	✓								IOT-based vehicular data Cloud [He et al. 2014]
							✓		VCC-SSF [Kang et al. 2015]

بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

جدول ۳. طبق بندی معماری های ابر خودرویی بر اساس رویکردهای پیاده سازی شده

رویکرد ها				معماری ها
رویکرد های بر پایه سرویس	رویکرد های بر پایه شبکه	رویکردهای بر پایه سیستم		
		رویکرد های بر پایه ابعاد بزرگ	رویکرد های بر پایه ابعاد کوچک	
		✓		VCN [Lee et al. 2014]
		✓		COHORT [Arkian et al. 2015]
		✓		Cloud-based vehicular architecture [Yu et al. 2013]
			✓	Three-tier V-cloud [Wang et al. 2011]
	✓		✓	Carcel [Kumar et al. 2012]
✓				Vehicloud [Shahzad, 2014]
✓				Cooperation-Aware VANET Clouds [Hussain et al. 2014]
✓				CVC with Cloud [Wan et al. 2014]
		✓	✓	V-Cloud [Abid et al. 2011]
			✓	VCR Baby et al. 2013]
		✓		ITS Cloud [Bitam et al. 2015]
		✓		ICCDMS [Alazawi et al. 2012]
		✓		KGIC-ITS [Alipour et al. 2012]
	✓	✓		Provisioning delay-based architecture [Aloqaily et al. 2014]
	✓	✓		RSU-Cloud [Salahuddin et al. 2015]
	✓			Cloud-based architecture for network selection scheme [Xu et al. 2015]
✓				VCMA [Wan et al. 2014]
✓			✓	SCCV [Hu et al. 2014]
✓				IOT-based vehicular data Cloud [He et al. 2014]
✓				VCC-SSF [Kang et al. 2015]

۶-۱ تحلیل و بررسی و ادغام داده ها

در شبکه خودرویی داده هایی که از طریق ارتباطات V2V و V2I در یک بازه خاص و در یک منطقه مشخص تبادل می شوند، مرتبط هستند. به علت حرکت خودروها، مکان و اطلاعات در مورد محیط اطراف به صورت دوره ای به روز می شوند تا از خطرات ممکن و راه بندها ترافیکی جلوگیری شود. در واقع بعد از اتمام زمان و تغییر مکان خودرو، داده های مربوط به مناطق قبلی دیگر مرتبط نخواهد بود. در واقع انتقال داده به مناطق دور دست از نظر ابزار و منابع پر هزینه خواهد بود. پس دوره عمر و منطقه ارسال

۶. مسائل باز و مسیرهای پیشنهادی برای تحقیقات

آینده

بسیاری از مطالعات به چالش های مطرح شده در بخش ۴ رسیدگی کرده اند با این حال باید به برخی از مشکلات پرداخته شود. در این بخش مسائل باز و مسیرهای ممکن مطرح می شود.

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

## ۶-۲-۲ دستگاه‌ها و فناوری‌های ناهمگون

اخیراً صنعت خودرو سازی رشد قابل توجهی در فناوری‌ها و دستگاه‌های جدید داشته. این فناوری‌ها از چندین تولیدکننده و سازنده هستند. بنابراین مشکل ناسازگاری به وجود می‌آید و ارتباط بین خودرویی می‌تواند با شکست مواجه شود. استاندارد سازی فناوری‌ها یک راه حل برای غلبه به این مشکل است. از نظر ارتباطی، ابر خودرویی شامل تعداد زیادی از دستگاه‌ها (زیرساخت، تجهیزات درون خودرو) است که قابلیت‌های ارتباطی مختلفی دارند (فناوری‌های موبایل و بیسیم). مجموعه‌ای از دستگاه‌ها یک شبکه ماشین به ماشین شکل می‌دهند که در آن داده‌ها میان دستگاه‌های مختلف تبادل می‌شوند. با اینکه اطلاعات مرتبط را می‌توان از ارتباطات ماشین به ماشین جمع‌آوری کرد، اما برخی از چالش‌ها باید مورد بررسی قرار گیرد. به علت تعداد بالای دستگاه‌ها، دسترسی همزمان به کانال رادیویی یکسان افزایش می‌ابد که منجر به تصادم خواهد شد و تاخیرهای طولانی و گم شدن بسته‌ها اتفاق می‌افتد. تداخل و نویز نیز مشکلات دیگر هستند. استفاده از روش‌های تجمیع داده می‌تواند به عنوان راه حلی برای بهینه سازی بره برداری از منابع، استفاده شود.

## ۶-۲-۳ انتخاب فناوری‌های مناسب

ابر خودرویی به عنوان ترکیب چندین فناوری شناخته می‌شود. پس لازم است انتخاب شود که کدام فناوری برای انجام برخی وظایف استفاده شود. برای مثال در مواردی دستگاه‌های عضو می‌خواهند منابع خود را آزاد کنند، پس باید ترافیک (داده‌ها) آن‌ها تخلیه شود. یک راه حل کلاسیک ارسال این ترافیک به ابرهای متداول است که می‌تواند چالش برانگیز باشد. در واقع ارتباط بد و پهنای باند محدود باعث افزایش نرخ گم شدن بسته‌ها و تاخیر می‌شود. پس در نظر گرفتن خودروهای مجاور یا RSUها به عنوان یک تکه ابر می‌تواند راه حل مناسبی برای غلبه به این مشکل باشد، اگرچه برخی چالش‌ها لازم است مورد بررسی قرار گیرد از جمله امنیت تکه ابر و استراتژی‌های پیاده سازی شده برای مدیریت منابع آن.

فناوری دسترسی کانال رادیویی نیز یک مثال دیگری از چالش‌های فناوری است. افزایش چشم گیر ترافیک بیسیم باعث پیدایش

برای اپلیکیشن‌های مختلف باید به درستی تعیین شود تا از سربرابر شدن شبکه با داده‌های بی استفاده جلوگیری شود و به رانندگان کمک شود تا در کمترین زمان تصمیم مناسب بگیرند. برای مثال همانطور که در [Lee et al. 2014] اشاره شده، هشدار منطقه کارگاهی هنگام تعمیرات جاده در شعاع یک کیلومتری انتشار می‌ابد در حالی که پیام راه بندان برای مدت ۳۰ دقیقه و شعاع ۵ کیلومتری معتبر خواهد بود.

در ابر خودرویی که باید منابع به صورت بهینه مورد استفاده قرار گیرند، این مسئله یک نگرانی خواهد بود. خودروها از طریق حسگرهایشان داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند و به صورت محلی ذخیره می‌کنند که مقادیر زیادی از منابع را مصرف می‌کند که می‌تواند پس از اتمام اعتبار داده‌ها، آزاد شوند. وقتی که اطلاعات ترافیکی تنها برای مسئولان حمل و نقل مورد نیاز است، ارسال تمامی داده‌ها همیشه مفید نخواهد بود. پس به روز رسانی داده‌ها و پاک کردن قدیمی‌ها به افزایش بهره‌وری منابع و دقت اطلاعات ارسال شده کمک می‌کند. استراتژی‌های اعلام و ارسال داده‌ها باید پیاده سازی شود تا اطلاعات مورد نیاز و مفید برای کاربران بر اساس درخواست، ارائه شود.

## ۶-۲-۴ همزیستی فناوری‌ها

## ۶-۲-۱-۱ کمبود منابع شبکه

تنوعی از فناوری‌های موبایل و بیسیم ارتباطات در شبکه خودرویی و در نتیجه ابر خودرویی را ممکن می‌سازند. اما مشکل کمبود پهنای باند و ارتباط بد هنوز یک نگرانی اساسی است. ابر خودرویی که امکان جمع‌آوری منابع و استفاده مشترک را می‌دهد، منابع اضافی از جمله پهنای باند را به کاربران ارائه می‌کند. فناوری 5G می‌تواند راه حل امیدوار کننده‌ای باشد که این مشکل را کاهش می‌دهد. در واقع بسیاری از محققان بر روی استفاده از فناوری‌های امواج می‌لیمتری برای 5G به منظور داشتن پهنای باند بیشتر (1-2 GHz) متمرکز شده‌اند [Rappaport et al. 2013]. همچنین در فناوری 5G برای ارائه نرخ داده بالاتر و اتصال بهتر نسبت به LTE برنامه ریزی شده.



## بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

مورد بررسی قرار گیرند. تعامل بین مجموعه‌ای از ابرهای خودرویی، در دسترس بودن سرویس‌ها را افزایش خواهد داد، زمانی که تعداد زیادی ابر سرویس مشابهی را ارائه می‌کنند.

سرویس‌های ابر خودرویی نیازمندی‌های متفاوتی از نظر منابع و فنآوری‌های پیاده سازی شده دارند. این موضوع علت طراحی‌های مختلف معماری ابر خودرویی را بیان می‌کند: تعداد اعضا، موجودیت‌های شرکت کننده و تغییر فنآوری. برای مثال برخی معماری‌ها شامل تجهیزات زیرساخت هستند تا قادر به دسترسی به سرویس‌هایی که روی سرورها میزبانی می‌شوند باشند. سایر زیرساخت‌ها تنها شامل خودروها هستند.

### ۶-۴ هزینه سرویس‌ها

چالش دیگری که ابر خودرویی را تحت تاثیر قرار می‌دهد هزینه سرویس است. حتی اگر ابر خودرویی به هدف استفاده بهینه از منابع دست یابد، هزینه‌هایی از نظر مصرف منابع شبکه و سیستم ایجاد می‌کند. در واقع برخی منابع مصرف می‌شوند تا ابر راه اندازی شود، نگهداری شود و اطلاعات در مورد اعضا به روز نگه داشته شود. هزینه شبکه شامل تاخیرهای اضافی و پهنای باند مصرفی به علت انتقال داده به خودروهای مربوط، می‌شود. از نقطه نظر سیستم، سردهستی ابر (مثل یک خودرو، مجموعه‌ای از خودروها) باید اطلاعاتی در مورد ابر را نگهداری کند (منابع در دسترس، شناسه اعضا، مکان و غیره) که بخشی از منابع ذخیره سازی را مصرف می‌کند. رخدادهای غیر منتظره (مثل ترک ابر توسط یک خودرو) نیاز به تصمیم‌گیری خواهد داشت (مثل پیدا کردن عضو جایگزین) که نیاز به منابع محاسباتی خواهد داشت. هزینه سرویس‌های ابری باید از طریق کاهش مقدار داده تبادل شده مرتبط با نگهداری، به حداقل برسد.

هزینه سرویس تنها محدود به منابع مصرف شده نیست، قیمت گذاری نیز یک مشکل خواهد بود. سرویس‌ها همیشه به صورت رایگان به مصرف کنندگان ارائه نخواهد شد. برخی سرویس‌ها نیاز به عضویت و پرداخت هزینه خواهد داشت. برخی از خودروها منابعشان را اجاره خواهند داد و کاربران برای منابع اجاره شده

فنآوری بیسیم ادراکی<sup>۳۰</sup> شد [Mitola et al. 1999]. که شامل مدیریت دسترسی به کانال رادیویی به صورت پویا و امکان ارتباطات هوشمند بین تجهیزات، می‌شود. برای برگزیدن این فنآوری باید به فعالیت تجهیزات دارای مجوز و مسئله حریم خصوصی توجه داشت.

فعل و انفعالات بین تعداد قابل توجهی از تجهیزات در ابر خودرویی باعث افزایش مصرف انرژی خواهد شد در حالی که هدف ابر خودرویی بهینه سازی استفاده از منابع است. پیاده سازی رویکردهای سبز از جمله پروتکل‌های انرژی-آگاه<sup>۳۱</sup> (مثل OSLR<sup>۳۲</sup> انرژی-آگاه در شبکه خودرویی [Toutouh et al. 2013] یا تعدیل نرخ انتقال با توجه به وضعیت ترافیک می‌تواند مصرف انرژی را به شکل قابل توجهی کاهش دهد.

### ۶-۳ مقیاس پذیری معماری

در یک محیط پویا مثل شبکه‌های خودرویی، مقیاس پذیری معماری یک اصل مهم خواهد بود. ممکن است با تغییرات و موانع مختلفی در طول سفر مواجه شویم، بنابراین معماری ابری خودرویی باید با موقعیت‌های مختلف سازگار شود. چالش‌های مقیاس پذیری مربوط به طرف سازمانی، ادغام فنآوری و توپولوژی جاده‌ها باید مورد بررسی قرار گیرند. از دید سازمانی، شکل‌گیری ابر (تعداد اعضا، شاخص‌های انتخاب و غیره) و نگهداری باید با ماموریت‌های درخواستی و شرایط مختلف مثل نوع منطقه (شهری، روستایی) و وضعیت آب و هوا سازگار شود. برای مثال زمانی که یک فاجعه رخ می‌دهد، می‌تواند به زیرساخت آسیب بزند. در این شرایط ابر خودرویی که شامل تعدادی از خودروها می‌شود می‌تواند اطلاعات دقیق به همراه نقشه مسیرهای در دسترس را به رانندگان ارائه کند.

افزایش تعداد اعضای ابر باعث افزایش تعداد ارتباطات خواهد شد که منجر به مشکل مدیریت منابع و کاهش کارایی شبکه خواهد شد. در محیط‌های سخت اتصال بین خودروها متناوب خواهد بود و ارتباطات قابل اطمینان نیست. پس راه اندازی ابر خودرویی مشکل به نظر می‌رسد و نخواهد توانست نیازهای کاربران را بر آورده کند. در مورد ابرهای موقت، ارتباطات بین خودرویی باید

## حجت الله حمیدی، علی خطیبی

در ادامه این مسیر مسائل موارد مطرح شده در بخش آخر و چالش‌های نو ظهور دیگر باید مورد توجه قرار گیرند تا از ارضاء نیاز کاربران اطمینان حاصل شود، تلاش مشترک و همکاری سازمان‌های مرتبط، صنعت و دانشگاه برای پیشرفت این فنآوری ضروری خواهد بود.

### ۸. پی نوشت‌ها

1. Vehicular ad-hoc network
2. Cloud Computing
3. Mobile Cloud Computing
4. intelligent transportation system (ITS)
5. intra-vehicle
6. vehicle-to-vehicle
7. vehicle-to-infrastructure
8. Pool
9. Media Access Control
10. Ad-hoc mode
11. Collision
12. Tasks
13. Multi-hop
14. Information centric network (ICN)
15. Load balancing
16. Path
17. Migration
18. Cloudlet
19. Service level agreement (SLA)
20. Hybrid
21. Mobility support
22. Cluster based
23. Fuzzy
24. Sensing-based services
25. Micro dimension based approaches
26. Body Area Sensor Networks (BASN)
27. Query
28. Macro dimension based approaches
29. Vehicular Cyber-Physical Systems
30. Cognitive
31. Energy aware
32. Optimized Link State Routing

هزینه پرداخت می‌کنند. در نتیجه یافتن یک سیستم اعتباری قابل اعتماد برای پرداخت هزینه‌ها باید در نظر گرفته شود.

### ۶-۵ تخمین ترافیک و تحرک در آینده

تخمین ترافیک و تحرک خودروها رانندگان را قادر می‌سازد تا درباره شرایط جاده و رویدادهای فعلی بدانند و برای جلوگیری از راه‌بندان و تصادفات ممکن مسیرهای جایگزین را انتخاب کنند. این تخمین از طریق همکاری بین اعضای ابر خودرویی و سازمان‌های مسئول ترافیک قابل دستیابی خواهد بود. خودروها داده‌ها را از طریق حسگرها جمع‌آوری و پردازش می‌کنند و به اشتراک می‌گذارند، همچنین این داده‌ها می‌تواند به سازمان‌های مسئول انتقال یابد تا در مورد آن‌ها تصمیم‌گیری شود و به سایر رانندگان انتقال یابند.

### ۷. جمع بندی

تمرکز بر روی بهره‌برداری بهتر از منابع خودرویی و پیشرفت‌های فنآوری موبایل منجر به پیدایش ایده ابر خودرویی شده. با این الگوی جدید همکاری بهینه تر خودروها قابل دست‌یابی است و تنوع بالایی از سرویس‌ها و اپلیکیشن‌ها پیدایش خواهد یافت.

در این مقاله مفهوم ابر خودرویی به طور اجمالی بررسی شد. در ابتدا انگیزه و علت پیدایش را به طور خلاصه مطرح، سپس چالش‌های ابر خودرویی را بر اساس مشخصات آن و نقاط مشترک با شبکه خودرویی و پردازش ابری، مشخص کردیم. در ادامه تمامی معماری‌های موجود که به مقابله با این چالش‌ها پرداخته‌اند مورد بررسی قرار گرفته و یک طبقه بندی کلی بر اساس ویژگی‌های ابر خودرویی ارائه شد. علاوه بر این با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد ابر خودرویی بر روی معماری آن متمرکز شدیم: دسته بندی‌های موجود در مقالات گذشته مورد مطالعه قرار گرفته و در ادامه دسته بندی پیشنهادی و شاخص‌های آن برای بهبود دسته بندی‌های گذشته و رفع نواقص آن‌ها مطرح شد. در انتها مسائل باقی‌مانده از جمله همزیستی فنآوری‌ها، تخمین ترافیک و هزینه سرویس که باید مورد توجه قرار گیرند را مطرح کردیم.

Communications, IEEE, Vol. 22, No. 1, pp.96–102.

-Bitam, S. and Mellouk, A. (2012) “Its-cloud: Cloud computing for intelligent transportation system”, In Global Communications Conference (GLOBECOM), 2012 IEEE, pp 2054–2059.

-Bravo-Torres, J. F., Ordonez-Morales, E. F., Lopez-Nores, M., Blanco- Fernandez, Y. and Pazos-Arias, J. J. (2014) “Virtualization in vanets to support the vehicular cloud—experiments with the network as a service model”, In Future Generation Communication Technology (FGCT), 2014 Third International Conference, pp. 1–6. IEEE.

-Campolo C. and Molinaro, A. (2013) “Multichannel communications in vehicular ad hoc networks: a survey”, in Communications Magazine, IEEE, Vol. 51, No. 5, pp. 158–169.

-Chaqfeh, M., Lakas, A. and Jawhar, I. (2014) “A survey on data dissemination in vehicular ad hoc networks”, in Vehicular Communications, Vol. 1, No. 4, pp. 214–225.

-Chen, W., Guha, R. K., Kwon, T. J., Lee, J. and Hsu, Y.-Y. (2011) “A survey and challenges in routing and data dissemination in vehicular ad hoc networks”, in Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 11, No. 7, pp.787–795.

-Cheriton, D. R. and Gritter, M. (2000) “Triad: A new next-generation internet architecture”, <http://www.dsg.stanford.edu/triad/>.

-Cordeschi, N., Amendola, D., Shojafar, M. and Baccarelli, E. (2015) “Distributed and adaptive resource management in cloud-assisted cognitive radio vehicular networks with hard reliability guarantees”, in Vehicular Communications, Vol. 2, No. 1, pp. 1–12.

-Dinh, H.T., Lee, C., Niyato, D. and Wang P. (2011) “A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches”, Proceedings of the wireless communications and mobile computing, Vol. 13, No. 18, pp. 1587–1611.

## ۹. مراجع

-Abdel Hamid, S., Hassanein, H. S. and Takahara, G., (2015) “Vehicle as a resource (VAAR)”, In IEEE Network, Vol. 29, No. 1, pp. 12–17.

-Abid, H., Phuong, L. T, Wang, J., Lee, S. and Qaisar, S. (2011) “V-cloud: vehicular cyber-physical systems and cloud computing”, In Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, pp. 165. ACM

-Abuelela, M., and Olariu, S. (2010) “Taking vanet to the clouds”, In Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, MoMM, pp. 6–13, New York, NY, USA.

-Aloqaily, M., Kantarci, B. and Mouftah, H. T. (2014) “Provisioning delay effect of partaking a trusted third party in a vehicular cloud”, In Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS), IEEE, 2014, pp. 1–3.

-Al-Sultan, S., Al-Doori, M. M., Al-Bayatti, A. H., and Zedan., H. (2014) “A comprehensive survey on vehicular ad hoc network” In J. Network Computer Application., Vol. 37, pp. 380–392.

-Arif, S., Olariu, S., Wang, J., Yan, G., Yang, W., and Khalil, I. (2012) “Datacenter at the airport: Reasoning about time-dependent parking lot occupancy”, In Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on, Vol. 23, No. 11, pp. 2067–2080.

-Arkian, H. R., Atani, R. E., Diyanat, A. and Pourkhalili, A. (2015) “A cluster-based vehicular cloud architecture with learning-based resource management”, in The Journal of Supercomputing.

-Baby, D., Sabareesh, R. D., Saravanaguru, R. and Thangavelu, A. (2013) “VCR: vehicular cloud for road side scenarios”, In Advances in Computing and Information Technology, Springer, pp. 541–552.

-Bitam, S., Mellouk, A. and Zeadally, S. (2015) “Vanet-cloud: a generic cloud computing model for vehicular ad hoc networks”, in Wireless

- IEEE Transactions on, Vol. 10, No. 2, pp. 1587–1595.
- Hu, X., Wang, L., Sheng, Z., TalebiFard, P., Zhou, L., Liu, J. and Leung, V. (2014) “Towards a service centric contextualized vehicular cloud”, In Proceedings of the 4<sup>th</sup>. ACM International Symposium on Development and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications, pp. 73–80.
- Hussain, R. and Oh, H. (2014) “Cooperation-aware vanet clouds: Providing secure cloud services to vehicular ad hoc networks”, in JIPS, Vol. 10, No. 1, pp. 103–118.
- Hussain, R., Son, J., Eun, H., Kim, S. and Oh., H. (2012) “Rethinking vehicular communications: Merging vanet with cloud computing”, In Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), IEEE 4th International Conference, pp. 606–609.
- Jabbarpour, M. R., Jalooli, A., Marefat, A. and Noor, R. (2015) “A taxonomybased comparison of vehicle cloud architectures”, In Information and Computer Networks (ICIN’15), 2015 3<sup>rd</sup>. International Conference.
- Kang, W. M., Lee, J. D., Jeong, Y.-S. and Park, H. (2015) “VCC-SSF: service oriented security framework for vehicular cloud computing”, Sustainability, Vol. 7, No. 2, pp. 2028–2044.
- Karagiannis, G., Altintas, O., Ekici, E., Heijenk, G., Jarupan, B., Lin, K. and Weil, T. (2011) “Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions”, In IEEE Communications Surveys and Tutorials, Vol. 13, No. 4, pp. 584–616.
- Kim, R., Lim, H. and Krishnamachari, B. (2016) “Prefetching-based data dissemination in vehicular cloud systems”, in IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 65, No. 1, pp. 292–306.
- Kumar, N., Iqbal, R., Misra, S. and Rodrigues, J. (2015) “Bayesian coalition game for contention-aware reliable data forwarding in vehicular mobile cloud”, in Future Generation Computer Systems, Vol. 48, pp. 60–72.
- Eltoweissy, M., Olariu, S. and Younis, M. (2010) “Towards autonomous vehicular clouds”, In Ad hoc networks, pp. 1–16. Springer.
- Fernando, N., Loke, S. W. and Rahayu, W. (2013) “Mobile cloud computing”, Future Gener. Comput. Syst., Vol. 29, No. 1, pp.84–106.
- Gillani, S. A., Shah, P. A., Qayyum, A. and Hasbullah, H. B. (2015) “Mac layer challenges and proposed protocols for vehicular ad-hoc networks”, In Vehicular Ad-hoc Networks for Smart Cities, pp. 3–13. Springer.
- Gkatzikis L. and Koutsopoulos, I. (2013) “Migrate or not? Exploiting dynamic task migration in mobile cloud computing systems”, Wireless Communications, IEEE, Vol. 20, No. 3, pp. 24–32.
- Gu, L., Zeng, D. and Guo, S. (2013) “Vehicular cloud computing: A survey”, In Globecom Workshops, 2013 IEEE, pp. 403–407.
- Haddadou, N., Rachedi, A. and Ghamri, Y. (2011) “Modeling and performance evaluation of advanced diffusion with classified data in vehicular sensor networks”, in Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 11, No. 12, pp. 1689–1701.
- Harri J. and Kenney, J. (2015) “Multi-channel operations, coexistence and spectrum sharing for vehicular communications”, In Vehicular Ad hoc Networks, pp. 193–218. Springer.
- Harri, J., Filali, F. and Bonnet, C. (2009) “Mobility models for vehicular ad hoc networks: a survey and taxonomy”, in Communications Surveys & Tutorials, IEEE, Vol. 11, No. 4, pp. 19–41.
- Hashemi, H. T. and Khorsandi, S. (2012) “Load balanced vanet routing in city environments”, In Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75th, pp. 1–6.
- Hayes, B. (2008) “Cloud computing”. Commun. ACM, Vol. 51, pp. 9–11.
- He, W., Yan, G. and Da, Xu. L. (2014) “Developing vehicular data cloud services in the IOT environment”, in Industrial Informatics,

in vehicular networks”, In Trust, Security and Privacy in Computing and Communications (TrustCom), 2012 IEEE 11th International Conference on, pp. 1438–1445.

-Rappaport, T. S., Sun, S., Mayzus, R., Zhao, H., Azar, Y., Wang, K., Wong, G. N., Schulz, J. K., Samimi, M. and Gutierrez, F. (2013) “Millimeter wave mobile communications for 5g cellular: It will work!” Access, IEEE, Vol. 1, pp. 335–349.

-Refaat, T. K., Kantarci, B. and Mouftah, H. T. (2014) “Dynamic virtual machine migration in a vehicular cloud”, In Computers and Communication (ISCC), 2014 IEEE Symposium on, pp. 1–6.

-Salahuddin, M. A., Al-Fuqaha, A. and Guizani. M. (2015) “Software-defined networking for rsu clouds in support of the internet of vehicles”, in Internet of Things Journal, IEEE, Vol. 2, No. 2, pp. 133–144.

-Sharma, P., Garg, M. L. and Kaul, A. (2013) “A comprehensive study of requirements for network applications and routing protocols providing resources in vehicular ad hoc networks”, In Advances in Engineering and Technology (AET-ACS’13), 2013 4th International Conference on, pp. 403–411.

-Talebifard, P. and Leung, V. (2013) “Towards a content-centric approach to crowd-sensing in vehicular clouds”, in Journal of Systems Architecture, Vol. 59, No. 10, pp. 976–984.

-Toutouh, J., Nesmachnow, S. and Alba, E. (2013) “Fast energy-aware olsr routing in vanets by means of a parallel evolutionary algorithm”, in Cluster computing, Vol. 16, No. 3, pp. 435–450.

-Wan, J., Zhang, D., Sun, Y., Lin, K., Zou, C. and Cai, H. (2014) “Vcmia: a novel architecture for integrating vehicular cyber-physical systems and mobile cloud computing”, in Mobile Networks and Applications, Vol. 19, No. 2, pp. 153–160.

-Wan, J., Zhang, D., Zhao, S., Yang, L. and Lloret, J. (2014) “Context-aware vehicular cyber-physical systems with cloud support: architecture, challenges, and solutions”, in Communications Magazine, IEEE, Vol. 52, No.8, pp. 106–113.

-Kumar, N., Zeadally, S., Chilamkurti, N. and Vinel, A. (2015) “Performance analysis of Bayesian coalition game-based energy-aware virtual machine migration in vehicular mobile cloud” in Network, IEEE, Vol. 29, No. 2, pp. 62–69.

-Kumar, S., Gollakota, S. and Katabi, D. (2012) “A cloud-assisted design for autonomous driving”, In Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, ACM, pp. 41–46.

-Lee, E., Lee, E.-K., Gerla, M. and Oh., S. Y. (2014) “Vehicular cloud networking: architecture and design principles”, Communications Magazine, IEEE, Vol. 52, No. 1, pp. 148–155.

-Liu, B., Jia, D., Wang, J., Lu, K. and Wu, L. (2015) “Cloud-assisted safety message dissemination in vanet-cellular heterogeneous wireless network”, IEEE Systems Journal, pp.1–12.

-Mazloom, S., Mohadesipour, M. and Babaei, H. (2015) “An ontology-based approach for optimal resource allocation in vehicular cloud computing”, in International Journal of Computer Science and Mobile Computing, pp 176–187.

-Mekki, T., Jabri, I., Rachedi, A. and Jemaa, M. (2016) “Vehicular cloud networks: Challenges, architectures, and future directions”, In Journal of Vehicular Communications Vol. 9, pp. 268–280.

-Mell, P. and Grance, T. (2011) “The NIST definition of cloud computing”, Maryland, US: The National Institute of Standards and Technology.

-Mershad, K. and Artail, H. (2013) “Crown: Discovering and consuming services in vehicular clouds”, In Communications and Information Technology (ICCIT), 2013 Third International Conference, pp. 98–102. IEEE.

-Mitola, J., Gerald, Q. and Maguire, J. (1999) “Cognitive radio: making software radios more personal” Personal Communications, IEEE, Vol. 6, No. 4, pp. 13–18.

-Qin, Y., Huang, D. and Zhang, X. (2012) “Vehicloud: Cloud computing facilitating routing

dissemination in vehicular networks”, In IEEE Access, Vol. 4, pp. 2764-2770.

-Yu, R., Zhang, Y., Gjessing, S., Xia, W. and Yang, K., (2013) “Toward cloud-based vehicular networks with efficient resource management”, in Network, IEEE, Vol. 27, No. 5, pp. 48–55.

-Yu, R., Zhang, Y., Wu, H., Chatzimisios, P. and Xie, S. (2013) “Virtual machine live migration for pervasive services in cloud-assisted vehicular networks”, In Communications and Networking in China (CHINACOM), 2013 8<sup>th</sup> International ICST Conference on, pp. 540–545, IEEE.

-Yu, Y.-T., Gerla, M. and Sanadidi, M. Y. (2015) “Scalable vanet content routing using hierarchical bloom filters”, Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 15, No. 6, pp. 1001–1014.

-Yu, Y.-T., Li, Y., Ma, X., Shang, W., Sanadidi, M. Y. and Gerla, M. (2013) “Scalable opportunistic vanet content routing with encounter information”, In Network Protocols (ICNP), 2013 21<sup>st</sup> IEEE International Conference, pp. 1–6.

-Yu, Y.-T., Punihaole, T., Gerla, M. and Sanadidi, M. Y. (2012) “Content routing in the vehicle cloud”, In Military Communications Conference (MILCOM), pp. 1–6. IEEE.

-Wang, J., Cho, J., Lee, S. and Ma, T. (2011) “Real time services for future cloud computing enabled vehicle networks”, In Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), 2011 International Conference, pp. 1–5. IEEE.

-Wang, X. (2015) “Ipv6-based vehicular cloud networking”, in Communications Letters, IEEE, Vol. 19, No. 6, pp.933–936.

-Whaiduzzaman, Md., Sookhak, M., Gani, A. and Buyya, R. (2014) “A survey on vehicular cloud computing”, In Journal of Network and Computer Applications Vol. 40.

-Wu, D., Luo, J., Li, R. and Regan, A. (2011) “Geographic load balancing routing in hybrid - vehicular ad hoc networks”, In Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011 14<sup>th</sup> International IEEE Conference on, pp. 2057–2062.

-Xu, K., Wang, K.-C., Amin, R., Martin, J. and Izard, R. (2015) “A fast cloud-based network selection scheme using coalition formation games in vehicular networks”, in Vehicular Technology, IEEE Transactions, Vol. 64, No. 11, pp. 5327–5339.

-Yang, Q., Zhu, B. and Wu, S., (2016) “An architecture of cloud assisted information

## بررسی معماری و چالش های رایانش ابری خودرویی

حجت ا... حمیدی، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در رشته برق الکترونیک، به ترتیب در سال های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ از دانشگاه علم و صنعت تهران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۱ موفق به کسب درجه دکتری در رشته کامپیوتر از دانشگاه اصفهان گردید. در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است و زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان سیستم های هوشمند و کسب و کار هوشمنداست.



علی خطیبی، درجه کارشناسی در رشته فناوری اطلاعات را در سال ۱۳۹۶ از دانشگاه آزاد تهران اخذ نموده و در حال حاضر دانش آموخته کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات گرایش تجارت الکترونیک در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان حمل و نقل هوشمند و محیط های هوشمند است.

