J. of Nuclear Sci. and Tech.
No. 44, pp. 45-50, 2008
Archive of SID
مجله علوم و فنون هسته‌ای
شماره ٤٤، صفحات ٥٠-٤٥، ١٣٨٧

Sci. and Tech. note
یادداشت علمی و فنی

طراحی و پیاده‌سازی شبکه‌ای بهینه برای سیستم مانیتورینگ پرتوهای یونساز با کنترل کامپیوتری

امیررضا سیمین‌فر*، فتح‌اله شهیدی، محمدرضا حسن‌زاده
پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج-ایران

چکیده: در این مقاله نحوه طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار لازم برای شبکه‌بندی یک سیستم مانیتورینگ پرتو با کنترل کامپیوتری ارائه شده است. سیستم مانیتورینگ پرتو از تعدادی دستگاه اندازه‌گیری و ثبت پرتو یا رادیومتر محیطی تشکیل شده که به وسیله یک دستگاه واسط به کامپیوتر مرکزی متصل شده و تحت شبکه کنترل قرار می‌گیرند. در این سیستم برای افزودن فاصله محل نصب رادیومترهای محیطی با کامپیوتر مرکزی و کاستن احتمال بروز خطا، یک شبکه گذرگاهی با قابلیت زیاد طراحی و پروتکل ارتباطی مناسبی بکار گرفته شده است که در آن ارتباط رادیومترهای محیطی سیستم با دستگاه واسط که بعنوان کنترل‌کننده گذرگاه عمل می‌کند، برقرار و از طریق آن به کامپیوتر متصل می‌شوند. شبکه‌بندی رادیومترهای محیطی با کابل‌هایی از نوع CAT5، با استفاده از استاندارد RS485 انجام گرفته است که دارای سخت‌افزار ساده و کم‌هزینه می‌باشد. نتیجه اجرای این شبکه، ارائه راه حل مناسب برای مانیتورینگ سیستم‌های توزیع شده است.

واژه‌های کلیدی: *سیستم مانیتورینگ، رادیومتر محیطی، انتقال داده‌ها، شبکه‌های کامپیوتری، پرتو سنج‌ها، تابش‌های یونساز*

Design and Implementation of an Optimized Network for a Computer Controlled Radiation Monitoring System

A.R. Siminfar*, F. Shahidi, M.R. Hassanzadeh
Agricultural, Medical and Industrial Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 31485-498, Karaj-Iran

Abstract: A new design of hardware and software required for networking a computer controlled radiation monitoring system is presented. This radiation monitoring system comprises a network of area radiation monitors connected to a central computer via an interface module. The monitors are employed for area dose-rate measurement and controlled via the network. For increasing the distance between monitors and central control and reducing the transmission error, a kind of bus networking which is controlled by the interface module is used. The interface module is specially designed for network control and acts as an bus master. With this interface, there is no need to Ethernet cards in each dose monitor. Communication between the monitors and bus master is carried out by two transmission lines to send and receive, using RS485 standard to benefit by a low cost and simple hardware. In this communication platform, a special protocol is used to reduce the transmission error. This kind of networking is an optimum solution for distributed monitoring systems.

Keywords: ***Monitoring System, Area Radiation Monitor, Data Transmission, Computer Networks, Radiometers, Ionizing Radiation***

*email: asiminfar@nrcam.org
تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۶/۸/۱

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

دستگاه‌های رادیومتر محیطی یا دزیمترهای محیطی، که در این مقاله ترمینال‌های شبکه نامیده شده‌اند، میزان پرتوهای یونساز را در محیط محل نصب، اندازه‌گیری نموده و نمایش می‌دهند. برای مانیتورینگ محیط‌هایی با ابعاد گسترده مانند آزمایشگاه‌ها، ساختمان‌ها و مراکز تحقیقاتی نصب این رادیومترها در نقاط مختلف ضروری است. برای مشاهده شدت دز اندازه‌گیری شده به وسیلهٔ رادیومترهای محیطی نصب شده در نقاط مختلف، همچنین تنظیم سطح دز مجاز در این دستگاهها از یک نقطه مرکزی، نیاز به یکپارچه نمودن سیستم از طریق شبکه‌بندی رادیومترهای محیطی و کنترل آنها از طریق یک سیستم مرکزی می‌باشد [۱ تا ۴]. چنین سیستم‌هایی با قابلیت‌های مختلف توسط چندین شرکت در دنیا ساخته شده‌اند ولی بسیار پرهزینه هستند [۵]. علاوه بر این تعمیر و نگهداری اینگونه سیستم‌های ساخت خارج نیز معمولاً پرهزینه بوده و در بسیاری از مواقع به دلیل عدم دسترسی به مدارک فنی مشکل می‌باشد.

در این مقاله با استفاده از روشی ابتکاری و اقتصادی نحوه شبکه‌بندی رادیومترها یا ترمینال‌های سیستم و اتصال آنها به یک کامپیوتر مرکزی ارائه شده است. در کامپیوتر مرکزی شدت دز نقاط اندازه‌گیری شده با خطای زیر ۵ درصد در محل نصب ترمینال‌ها نمایش داده شده و در فایل‌هایی ذخیره می‌شود. این اطلاعات بصورت عددی یا نمودارهای ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه قابل مشاهده است و داده‌های تنظیم ترمینال‌ها از جمله محدوده‌های دز غیرمجاز و هشدار به ترمینال‌ها ارسال می‌گردد. یک سیستم کامل مانیتورینگ پرتو با کنترل کامپیوتری که نحوه شبکه‌بندی ارائه شده در آن مورد استفاده است، در بخش الکترونیک هسته‌ای پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی ساخته شده و از مهرماه ۱۳۸۳ در بخش سیکلوترن و پزشکی هسته‌ای پژوهشکده نصب و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است [۶]. شکل ۱ عکس یک نمونه از رادیومترها یا ترمینال‌های سیستم را در محل نصب نشان می‌دهد.

۲- شرح کلی سیستم مانیتورینگ

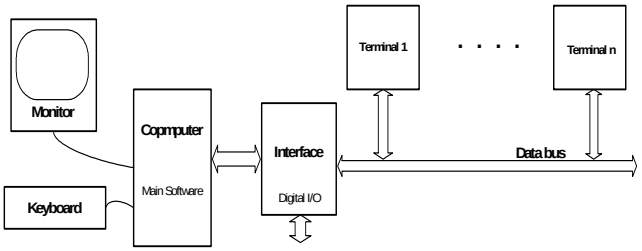
به لحاظ سخت‌افزاری، سیستم از تعدادی رادیومتر یا دزیمتر محیطی به عنوان ترمینال‌های سیستم، دستگاه واسط[۱] ارتباطی

شکل ۱- عکس یک نمونه از ترمینال‌های نصب شده در آزمایشگاه داغ سیکلوترون.

بین ترمینال‌ها و کامپیوتر و یک دستگاه کامپیوتر تشکیل شده است. تعداد دزیمترهای محیطی قرار گرفته در سیستم با توجه به وسعت محیط مانیتورینگ تعیین شده و ممکن است از یک تا ۲۵۶ عدد باشد. شکل ۲ بلوک دیاگرام کلی سیستم را نشان می‌دهد. دزیمترهای قرار گرفته در سیستم یا ترمینال‌ها، دستگاه‌های میکروپرسوری بوده که با استفاده از آشکارسازهایی از نوع گایگر مولر شدت پرتوهای یونساز اطراف خود را اندازه‌گیری کرده و با دقت $0.1\mu Sv/hr$ در صفحه نمایشگر دیجیتال خود نشان می‌دهند. این ترمینال‌ها بصورت شبکه‌ای که در قسمت بعد توضیح داده شده است به دستگاه واسط متصل می‌شوند. دستگاه واسط دارای پردازشگر و نرم‌افزار لازم است که مدیریت شبکه و مدیریت نقل و انتقال اطلاعات بین ترمینال‌ها و کامپیوتر را بعهده دارد. این دستگاه علاوه بر مدیریت شبکه و اطلاعات، عملیات پردازش، تعیین میانگین و ذخیره اطلاعات ترمینال‌ها را نیز انجام می‌دهد و در صورت خاموش بودن کامپیوتر این اطلاعات را در حافظهٔ خود ذخیره می‌کند. در کامپیوتر مرکزی نرم‌افزاری گرافیکی و پیشرفته و سهولت کاربری[۲] جهت نمایش داده‌های ترمینال‌ها بصورت همزمان[۳]، یا داده‌های زمانهای گذشته بصورت‌های عددی و نموداری، با استفاده از زبان برنامه‌نویسی Visual C++ طراحی شده است [۷]. این نرم‌افزار مقادیر اندازه‌گیری شده توسط رادیومترها را نمایش داده و ضمن مدیریت داده‌ها، آنها را در فایل‌هایی از نوع *.mdb ذخیره می‌نماید [۶] که بر اساس توصیه‌های بین‌المللی نگهداری اطلاعات پرتوکاران تا سی سال پس از خاتمه کار با پرتو ضروری است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- بلوک دیاگرام کلی سیستم مانیتورینگ پرتوهای یونساز با کنترل کامپیوتری.

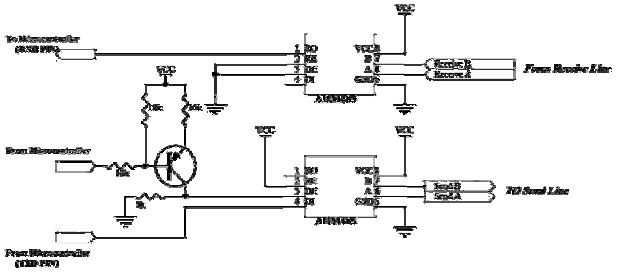
۳- نحوه شبکه‌بندی سیستم

شبکه‌بندی سیستم بصورت شبکه گذرگاهی[۴] انجام گرفته و دستگاه واسط بعنوان مدیر یا ارباب شبکه[۵] آنرا کنترل می‌کند. در این شبکه برای ارتباط ترمینال‌ها با دستگاه واسط دو خط ارتباطی در نظر گرفته شده است. خط اول داده‌های ارسالی از دستگاه واسط را به کلیه ترمینال‌ها منتقل می‌نماید و خط دوم داده‌های ارسالی از ترمینال‌ها را به دستگاه واسط انتقال می‌دهد. برای افزایش فاصله ترمینال‌ها از یکدیگر و از دستگاه واسط از استاندارد RS485 که بصورت دو سیم تفاضلی بوده و قابلیت انتقال اطلاعات برای فواصل طولانی با نرخ بالا را دارد استفاده شده است [۸]. داده‌های ارسالی از دستگاه واسط که بصورت سریال است، توسط مدار مبدل الکترونیکی به استاندارد RS485 تبدیل شده و روی گذرگاه مشترک که به ورودی همه ترمینال‌ها متصل است قرار داده می‌شود (شکل ۳).

با توجه به اینکه هر ۴ ثانیه یکبار ترمینال‌ها مقدار پرتوهای محیط را اندازه‌گیری و در نمایشگرهای خود نمایش می‌دهند، می‌توان با انتخاب نرخ ارسالی[۶] ۴۸۰۰ بیت در ثانیه، داده‌های همهٔ ترمینال‌ها را در مدتی کمتر از ۴ ثانیه جمع‌آوری کرد؛ زیرا در صورت وجود ۲۵۶ ترمینال در سیستم و با در نظر گرفتن عدد سه بایتی برای مقدار دز هر ترمینال و با احتساب بیت شروع و بیت پایانی، زمان لازم برای ارسال داده‌های همه ترمینال‌ها بصورت زیر بدست می‌آید:

$$(256*3*10)/4800=1.6\ \text{Sec}$$

در باقیمانده مدت ۴ ثانیه، صحت ارسال داده‌ها تست شده و داده‌های کنترلی از جمله مقدار دز غیرمجاز و هشدار به ترمینال‌ها ارسال می‌شود.



شکل ۳- مدار الکترونیکی جهت تبدیل داده‌های استاندارد TTL به RS485، خطوط A و B در قسمت فرستنده و گیرنده دو خط تفاضلی استاندارد RS485 را نمایش می‌دهند.

با توجه به مطالب فوق، نرخ ارسال ممکن است 4800b/Sec انتخاب شود که نرخ نسبتاً پایینی است، بنابراین فاصله ترمینال‌ها با دستگاه واسط تا چند برابر فاصله تضمین شده برای ارسال صحیح اطلاعات با نرخ‌های بالا (۱۵۰۰ متر با نرخ ده میلیون بیت در ثانیه) می‌تواند افزایش یابد [۹].

خروجی خطوط ارسالی همه ترمینال‌ها نیز بهم متصل شده و نهایتاً به دستگاه واسط متصل می‌گردد. بنابراین در صورتیکه ترمینال‌ها داده‌های خود را همزمان نفرستند، داده‌های ارسالی تمام ترمینال‌ها توسط دستگاه واسط بدرستی قابل دریافت می‌باشد. با بکارگیری پروتکل ارتباطی مناسب، که در قسمت بعدی توضیح داده می‌شود، داده‌های ترمینال‌ها بصورت همزمان در گذرگاه قرار نمی‌گیرند، در نتیجه با بکارگیری یک خط ارتباطی بین ترمینال‌ها و دستگاه واسط، اطلاعات ترمینال‌ها را می‌توان انتقال داد. اطلاعات ترمینال‌ها نیز، که بصورت سریال به دستگاه واسط فرستاده می‌شوند، توسط مبدل‌های الکترونیکی به استاندارد RS485 تبدیل شده و روی گذرگاه قرار می‌گیرند (شکل ۳).

گذرگاه ارتباطی در هر لحظه تنها به ترمینالی اختصاص داده می‌شود که در حال ارتباط با دستگاه واسط است. برای این منظور بجز ترمینال مورد نظر، بقیه ترمینال‌ها خروجی‌های آی‌سی ADM485 خود را در حالت امپدانس زیاد[۷] قرار داده و تأثیری در «باس» ندارند. با این روش نه تنها تعداد خطوط ارتباطی بین ترمینال‌ها و دستگاه واسط مرکزی به دو خط کاهش می‌یابد، بلکه لزومی به داشتن سخت‌افزارهایی مانند سوئیچ گرداننده[۸] و بافر[۹]، که در روش شبکه ستاره‌ای مورد نیاز می‌باشند، نیست.

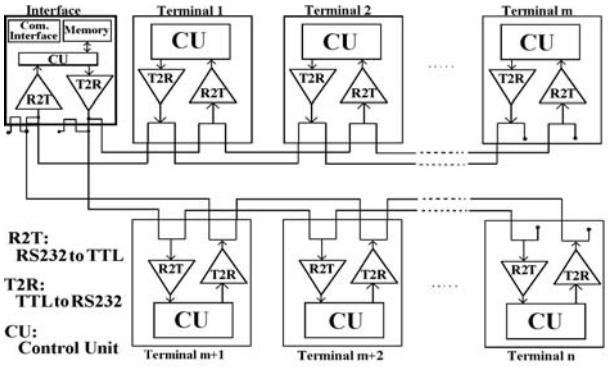
www.SID.ir

Archive of SID

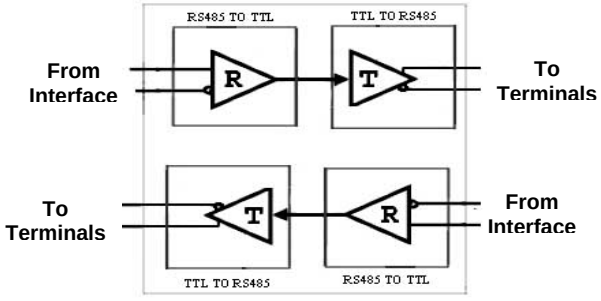
برای کاستن نویز در خطوط ارتباطی از هر زوج سیم بهم تابیده CAT5 (چهار زوجه) یک سیم آن به زمین مدار دستگاه واسط متصل شده و چهار سیم باقیمانده آن برای دو خط تفاضلی فرستنده و گیرنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این روش بدون نیاز به سوئیچ گرداننده، هر ترمینال بصورت موازی به گذرگاه ارتباطی متصل می‌شود (شکل ۴) و در صورت نیاز به اضافه شدن یک ترمینال جدید، تنها یک خط ارتباطی از آن ترمینال به نزدیکترین نقطه باس مشترک لازم می‌باشد. با جدا کردن خط گیرنده و فرستنده از همدیگر علاوه بر بهینه‌سازی سخت‌افزار و پروتکل ارتباطی سیستم، در صورت افزایش فاصله ترمینال‌ها از دستگاه واسط (بیش از چندین کیلومتر) می‌توان از تکرارکننده‌ای که دارای سخت‌افزار ساده باشد برای جلوگیری از تضعیف آنها استفاده کرد (شکل ۵).

۴- ساختار پروتکل ارتباطی

بطوریکه اشاره شد برای عملی و آسان ساختن ارتباط بین ترمینال‌ها و دستگاه واسط، در طراحی شبکه گذرگاهی سیستم دو خط فرستنده و گیرنده در نظر گرفته شده است. از طریق خط فرستنده داده‌های دستگاه واسط به ترمینال‌ها و از خط گیرنده داده‌های ترمینال‌ها به دستگاه واسط فرستاده می‌شود.



شکل ۴- شمای کلی شبکه ارتباطی ترمینال‌ها با دستگاه واسط.

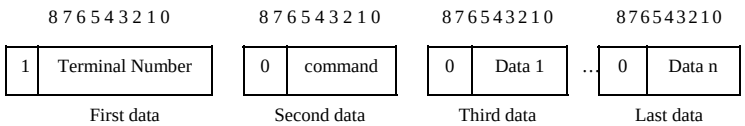


شکل ۵- نحوه بازسازی داده‌ها در گذرگاه ارتباطی برای فواصل خیلی طولانی.

برای جلوگیری از تداخل داده‌های ترمینال‌ها روی خطوط گذرگاه، شروع ارتباط با دستگاه واسط بوده و ترمینال‌ها در پاسخ به درخواست دستگاه واسط داده‌های خود را در خط ارسالی قرار می‌دهند. یعنی دستگاه واسط حکم ارباب[۱۰] را داشته و ترمینال‌ها بصورت تابع یا برده[۱۱] عمل می‌کنند و همواره بنوعی در حال انتظار برای اجرای فرمان ارباب هستند. در شروع ارتباط دستگاه واسط داده ۹ بیتی که ۸ بیت اول آن شماره ترمینال و بیت نهم آن مقدار یک را داشته، از خط ارسال به ترمینال‌ها ارسال می‌نماید، تنظیمات درگاه سریال میکروکنترلر ترمینال‌ها در وضعیتی قرار داده شده که داده‌های نه بیتی تنها با بیت نهم یک توسط درگاه آنها قابل دریافت باشد [۱۰]. بنابراین اولین داده ارسالی از دستگاه واسط توسط همه ترمینال‌ها دریافت می‌گردد، بعد از اخذ اولین داده نه بیتی توسط همه ترمینال‌ها، ترمینال مربوطه، درگاه سریال خود را در وضعیتی قرار می‌دهد که همه داده‌های نه بیتی بعدی قابل دریافت باشد. داده‌های بعدی بصورت نه بیتی با بیت نهم صفر (مخالف بیت نهم اولین داده) جهت تکمیل عملیات، از دستگاه واسط به ترمینال مورد نظر ارسال یا از آن اخذ می‌شود (شکل ۶). در حالیکه ترمینال‌های دیگر بعد از دریافت اولین بایت و با اخذ شماره ترمینال از آن، به داده اخذ شده ترتیب اثر نداده و داده‌های بعدی نیز (با بیت نهم صفر) توسط درگاه سریال آنها دریافت نمی‌شود، لذا نرم‌افزار آنها درگیر ارتباط دستگاه واسط با ترمینال دیگر نمی‌گردد.

با این روش ارتباط دستگاه واسط با ترمینال خاص، بدون آنکه ترمینال‌های دیگر درگیر آن باشند، براحتی صورت می‌گیرد.

دومین داده ارسال شده توسط دستگاه واسط که تنها به وسیله ترمینال موردنظر دریافت می‌گردد، فرمانی را مشخص می‌کند که با توجه به آن داده‌های بعدی از دستگاه واسط به آن ترمینال یا برعکس فرستاده می‌شود. پس از تبادل اطلاعات یک ترمینال با دستگاه واسط، وضعیت درگاه سریال آن ترمینال مانند بقیه تنظیم می‌شود تا داده‌های بعدی تنها در صورت یک بودن بیت نهم قابل دریافت باشند.



شکل ۶- بسته‌های داده ازسالی از دستگاه واسط به ترمینال‌ها.

www.SID.ir

Archive of SID

در تبادل اطلاعات در هر مرحله‌ای با دریافت هر بایت توسط دستگاه واسط یا ترمینال‌ها، دستگاه گیرنده همان بایت اخذ شده را بعنوان سیگنال اعلام دریافت به واحد فرستنده ارسال می‌کند. با این عمل نه تنها از صحت ارسال اطلاعات کنترل شده، بلکه از فعال‌بودن گیرنده نیز اطمینان حاصل می‌شود.

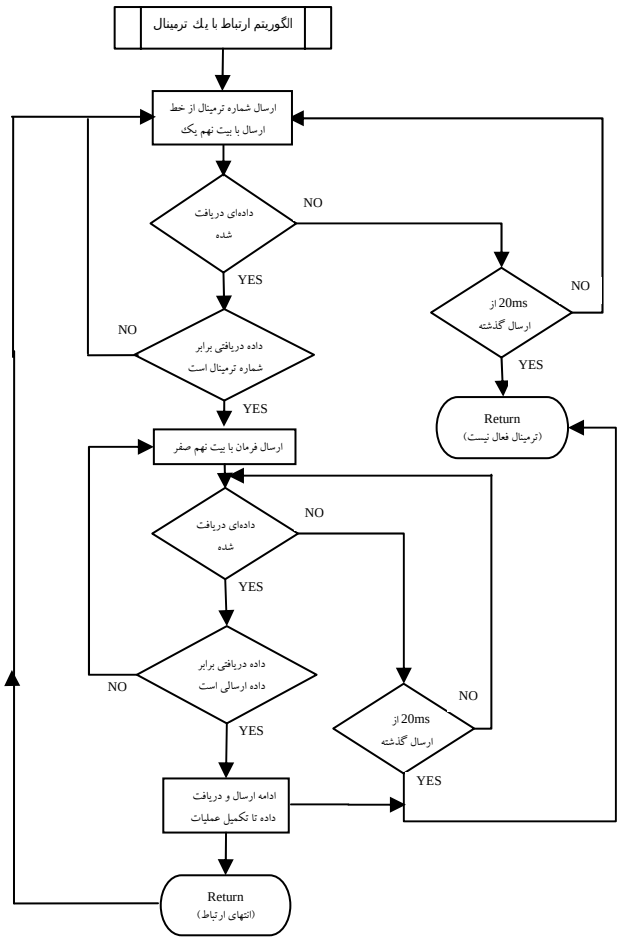
الگوریتم نحوه ارتباط دستگاه واسط با یک ترمینال که در دستگاه واسط اجرا می‌شود در شکل ۷ نشان داده شده است. از دستگاه واسط فرمانهایی همچون درخواست ارسال مقدار دز، درخواست ارسال وضعیت آلارم، ارسال مقادیر تنظیم دز غیرمجاز و محدوده هشدار و ... به ترمینال‌ها فرستاده شده و هر فرمان دیگر نیز قابل افزودن است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

استفاده از استاندارد RS485 برای انتقال داده‌های ترمینال‌ها به دستگاه واسط و بالعکس، موجب افزایش فاصله بین ترمینال‌ها و دستگاه واسط و سادگی در سخت‌افزار شبکه سیستم نیز می‌شود. این نوع شبکه‌بندی و پروتکل ارتباطی بکار برده شده در آن توانسته بدون نیاز به کارت‌های شبکه کامپیوتری یا مداراتی در این سطح سخت‌افزارهای ساده مبتنی بر میکروکنترلرهای 8051 را با سیم‌های CAT5 شبکه‌بندی نماید. بکارگیری پروتکل ارتباطی مناسب سخت‌افزار کلی سیستم را بهینه نموده و از بروز خطا و اشتباه جلوگیری می‌شود.

سیستم بهره گرفته از این نوع شبکه‌بندی دارای مزیت‌هایی از قبیل سادگی و کاربردی بودن، قابلیت اطمینان بالا، قابلیت توسعه و امکان اضافه شدن ترمینال بدون لزوم به اعمال تغییرات در نرم‌افزار و سخت‌افزار سیستم، امکان افزایش فاصله ترمینال‌ها از دستگاه واسط به فواصل طولانی در حد دهها کیلومتر با تقویت‌کننده بسیار ساده و ارزان، به حداقل رساندن کابل‌کشی و امکان ارسال و دریافت داده‌ها با سرعت بالا می‌باشد [۱۱ و ۱۲].

برای بهبود وضع سیستم پیشنهاد می‌شود که هر یک از ترمینال‌های سیستم امکان اتصال به شبکه اینترانت داخلی[۱۲] را نیز داشته و با اختصاص IP به هر یک از آنها و اتصال شبکه داخلی به شبکه جهانی اینترنت از هر مکان و هر کامپیوتری بتوان به ترمینال‌های سیستم دسترسی یافت و آنها را کنترل نمود [۱ و ۱۲].



شکل ۷- الگوریتم نحوه ارتباط دستگاه واسط با ترمینال‌ها.

پی‌نوشت‌ها:

۱- Interface
۲- User Friendly
۳- Online
۴- Bus Networking
۵- Bus Master
۶- Baud Rate
۷- High Impedance
۸- Router
۹- Buffer
۱۰- Master
۱۱- Slave
۱۲- LAN: Local Area Network

www.SID.ir

Archive of SID

References:

1. A. Saponjic, V. Vojislav, “Hyperion net-a distributed measurement system for monitoring background ionizing radiation,” Int. J. of Nuclear Tech. and Radiation Protection, **1**, 42-46 (2003).

2. W. Lee, G. Cho, H.D. Kim, “A radiation monitoring system with capability of gamma imaging and estimation of exposure dose rate,” IEEE. Trans. on Nuclear Sci. **49**, 1547-1551 (2002).

3. M. Yamada, M. Karui, H. Shintani, K. Okamoto, T. Nakamura, “On-line corrosion product monitor for monitoring of corrosion products in the secondary side of pressurized water reactors (PWRs),” J. of Nuclear Sci. and Tech. **41**, 207-213 (2004).

4. D.P. Eichenlaub, “A microcomputer-based radiation monitoring system for nuclear power plants,” IEEE.Trans. on Ind. Elec.and Control Inst. **25**, 112-116 (1978).

5. Gamma Monitoring with Gamma TRACER, Germany,http://www.genitron.de/products/products.html (2004).

6. ف. شهیدی، ا.ر. سیمین‌فر، ا. شاهور، ”گزارش علمی و فنی سیستم مانیتورینگ پرتوهای یونساز با کنترل کامپیوتری،“ سازمان انرژی اتمی ایران، پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، شماره NRCAM-83-10-129 (دی‌ماه ۱۳۸۳).

7. Ted Faison, “Borland C++4 object oriented programming,” SAMS Publishing, 3rd Edition (1994).

8. “EIA RS-485 Transceiver ADM485 Datasheet,” Analog Devices (2003).

9. M.E. Hazen, “Understanding some basic recommended standards for serial data communications-a comparison of RS-232, RS-422 and RS-485,” Intersil Corporation (2003).

10. I.S. Mackenzie, “The 8051 Microcontroller,” Prentice-Hall (1999).

11. A. Mota, J.A. Fonseca, F. Santos, “Low cost data acquisition systems based on standard interfaces,” IEEE. Int. Con. on Elec. Cir. and Sys. **3**, 433-437 (1998).

12. F.C. Montiel, S.F.H. Machuca, D.H. Ventura, “Microcontrollers hybrid network for distributed instrumentation,” J. of Applied. Res. and Tech. **2**, 179-187 (2004).

www.SID.ir