

## اتوماسیون صنعتی و شبکه های ارتباطی

حسام الدین فتاحیان - مسئول انفورماتیک اداره کل آموزش فنی و حرفه ای همدان

### خلاصه

پیشرفت فن آوری اینترنت و شبکه های ارتباطی در دهه های اخیر ایجاب می نماید تا به لزوم بکارگیری شبکه های ارتباطی در صنعت و در این راستا شبکه ای کردن دستگاهها و سنسورهای صنعتی بپردازیم. در این مقاله نگاهی اجمالی به اتوماسیون صنعتی و نقش شبکه های ارتباطی در توسعه صنعت داریم. در ابتدا با بیان تاریخچه اتوماسیون صنعتی، به ذکر اطلاعات پایه اعم از سطوح سلسله مراتبی اتوماسیون صنعتی و پروتکل MAP ( پروتکل اتوماسیون صنعتی) می پردازیم.

در ادامه ملزومات اساسی طراحی و ارتباطات قسمت های مختلف یک شبکه صنعتی شرح داده می شود و با اشاره به توسعه شبکه های ارتباطی به نقش ارزنده اتصال دستگاهها و سنسورها در دنیای صنعت می پردازد. انواع شبکه های صنعتی با ذکر محاسن و معایب هر یک بررسی شده و نشان می دهد که چگونه می توانیم شبکه های سرعت بالا مانند Ethernet را با شبکه های سطح پایین تر (مانند: Fieldbus) جهت افزایش کارایی ترکیب نمود و همچنین اهمیت استفاده از پردازنده ها و رابط های کامپیوتری در مدیریت هرچه بیشتر اطلاعات تبادلی و chip های از قبل برنامه ریزی شده (Asic) شرح داده می شود. در پایان با بیان پیشنهادهایی جهت طراحی یک شبکه ارتباطی در صنعت به کار خود خاتمه می دهد.

هنگامیکه در دهه شصت تکنولوژی های اتوماسیون دیجیتال در دسترس قرار گرفت از آنها جهت بهبود و توسعه سیستمهای اتوماسیون صنعتی استفاده شد. مفاهیمی مانند: صنایع خودکار<sup>۱</sup> (CIM) و سیستمهای کنترلی خودکار توزیعی<sup>۲</sup> (DCCS). در زمینه اتوماسیون صنعتی معرفی گردید و کاربرد شبکه های ارتباطی تقریباً رشد قابل توجهی نمود.

کاربرد سیستمهای اتوماسیون صنعتی گسترش پیدا کرد بطوری که تعدادی از مدلهای دیجیتالی آن برای شبکه های ارتباطی جهت جمع آوری اطلاعات و عملیات کنترلی سطح پائین (سطح دستگاههای عمل کننده) با هم در ارتباط بودند.

در یک سیستم مدرن اتوماسیون صنعتی، ارتباط داده ها بین هر یک از دستگاههای اتوماسیون نقش مهمی ایفا می کند، هدف از استانداردهای بین المللی برقراری ارتباط بین همه دستگاههای مختلف اتوماسیون است. از این رو کوششهایی جهت استانداردسازی بین المللی در زمینه شبکه ها صورت گرفت که دستاورد مهم آن پروتکل اتوماسیون صنعتی (MAP) در راستای سازگاری سیستم های ارتباطی بود. پروتکل MAP جهت غلبه بر مشکلات ارتباطی بین دستگاههای مختلف اتوماسیون گسترش پیدا کرد و بعنوان یک استاندارد صنعتی جهت ارتباطات داده ای در کارخانه ها پذیرفته شد.

عملکرد و قابلیت اطمینان یک سیستم اتوماسیون صنعتی در حقیقت به شبکه ارتباطی آن بستگی دارد. در یک شبکه ارتباطی اتوماسیون صنعتی، بهبود عملکرد شبکه و قابلیت اطمینان آن و استاندارد بودن ارتباطات با توجه به اندازه سیستم و افزایش حجم اطلاعات تعیین می گردد.

یک شبکه ارتباطی جهت یک سیستم اتوماسیون صنعتی باید دارای شرایط زیر باشد:

- ۱ - قابل استفاده بودن شبکه ۲ - توان عملیاتی مناسب شبکه ۳ - میانگین تاخیر انتقال اطلاعات قابل قبول. به علاوه عوامل موثر بر عملکرد صحیح یک سیستم اتوماسیون صنعتی می تواند شامل موارد زیر باشد:
- ۱ - ارزیابی کارایی یک شبکه ارتباطی توسط یکی از روشهای شبیه سازی یا تحلیلی.
- ۲ - مطالعه کارایی شبکه در یک محیط نویزی. (نویز حاصل از روباتهای جوشکاری و موتورهای بزرگ و غیره)
- ۳ - تنظیم صحیح پارامترهای ارتباطی شبکه. در یک سیستم اتوماسیون صنعتی شبکه ارتباطی یک جز مهم می باشد. زیرا عهده دار تبادل اطلاعات است. بنابراین جهت دست یافتن به مقادیر صحیح بایستی اتصالات ارتباطی بین ایستگاههای مختلف شبکه ارتباطی بدرستی صورت گرفته باشد.

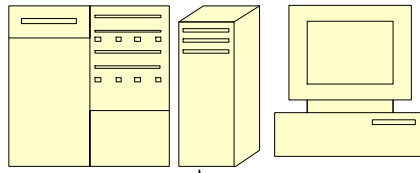
<sup>۱</sup> CIM (Computer Integrated Manufacturing) - صنعت مجتمع خودکار

<sup>۲</sup> DCCS (Distribute Computer Control System) - سیستم کنترلی خودکار توزیعی

۱-۲ سطوح سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون صنعتی

سیستم های اتوماسیون صنعتی می توانند خیلی مجتمع و پیچیده باشند ولی عموماً به سطوح سلسله مراتبی ساختار بندی می شوند. هر سطح شرایط متفاوتی در شبکه ارتباطی دارد. در مثال فوق یک ساختار سلسله مراتبی از یک سیستم اتوماسیون صنعتی نشان داده شده است.

**Plant Level**



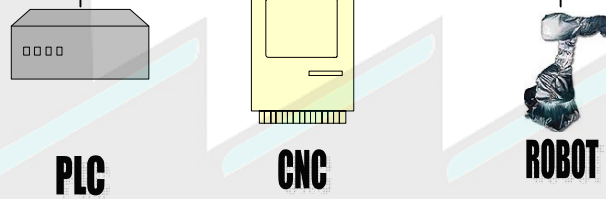
**Area Level**



**Cell Level**



**Field Level**



**Element Level**



Power Plant Academy

## سطح Element

سطح فیزیکی اتوماسیون شامل دستگاهها و سنسورهای عمل کننده است که پردازش های فنی را انجام می دهند.

## سطح فیلد Field Level

پایین ترین سطح اتوماسیون سطح Field است که شامل دستگاههای کنترلی مانند PLC<sup>۳</sup> و CNC<sup>۴</sup> است. دستگاههای فیلد اصلی معمولاً "طبقه بندی شده اند، کار دستگاهها در سطح فیلد انتقال اطلاعات بین پروسه تولید محصول و پردازش های فنی است. اطلاعات ممکن است باینری یا آنالوگ باشد.

جهت ارتباط سطح فیلد معمولاً از کابلهای چند رشته ای موازی و رابطهای سریال استفاده می شود. استانداردهای ارتباطی سریال مانند: RS422, RS232C و RS485 و نوعهای عمومی دیگر با استاندارد ارتباطی موازی IEEE488 با هم استفاده می شود.

روشهای ارتباطی<sup>۵</sup> نقطه به نقطه در شبکه ارتباطی از لحاظ قیمت کابل کشی و کیفیت ارتباط مقرون به صرفه بودند. امروزه Field Bus (یک نوع شبکه صنعتی) اغلب برای انتقال اطلاعات در سطح فیلد بکار می رود. از آنجاییکه در یک فرایند اتوماسیونی زمانبندی درخواستها باید بطور دقیق اجرا شود، برنامه های کنترل کننده های این سطح عملیات انتقال چرخشی نیاز دارند که اطلاعات را در فواصل زمانی مشخص انتقال دهند و اطلاعات تعیین شده را برای کم کردن زمان انتقال به قسمتهای کوچکتر تقسیم کنند.

## سطح Cell (Cell Level)

در سطح Cell جریان داده ها اساساً شامل: بارگزاری برنامه ها، مقادیر و اطلاعات است که در طول فرایند تولید انجام می شود.

جهت دستیابی به درخواستهای ارتباطی در این لایه از شبکه های سرعت بالا استفاده می شود. بعد از تعریف اصطلاحات CIM و Dccs بسیاری از شرکتهای قابلیت های شبکه هایشان را جهت سطح Cell سیستم اتوماسیون افزایش دادند

Ethernet<sup>۶</sup> همراه با TCP/IP<sup>۷</sup> بعنوان یک استاندارد واقعی برای این سطح مورد قبول واقع شد هرچند نتوانست یک ارتباط وابسته به زمان (Real-Time) را فراهم کند.

Power Plant Academy

<sup>۳</sup> PLC (Programmable Logic Controller) - کنترل کننده منطقی قابل برنامه ریزی

<sup>۴</sup> CNC (Computer Numeric Control) - ماشینینی که بطور خودکار توسط کامپیوتر اجرا می شود.

<sup>۵</sup> Peer to Peer - مدل شبکه ای که در آن هر ایستگاه به ایستگاه بعدی متصل است و هر ایستگاه خود مستقلاً می تواند در نقش یک کنترل کننده ظاهر شود

<sup>۶</sup> Ethernet - شبکه توپولوژی ستاره ای که داده ها با سرعت بالا (مگابایت) ارسال می شوند

<sup>۷</sup> TCP/IP - پرو توکل کنترلی انتقال/پروتکل اینترنت در TCP داده بصورت بسته در می آید و خطاهای آنها بررسی می شود

### سطح Area (Area Level)

در سطح Area, Cell ها گروه بندی شده و توسط یک برنامه عملاً "شبیه سازی و مدیریت می شوند. توسط لایه Area, عملکرد کنترل کننده ها بررسی شده و فرایند و اعمال کنترل کننده ای مانند: تنظیمات تولید, خاموش و روشن کردن ماشین و فعالیتهای ضروری تولید می شود.

### سطح Plant (Plant Level)

بالاترین سطح یک سیستم اتوماسیون صنعتی است که کنترل کننده آن اطلاعات مدیریتی سطح Area را جمع آوری و کل سیستم اتوماسیون را مدیریت می کند.

### ۱-۳ وسیله انتقال

معیار اصلی در انتخاب یک شبکه ارتباطی, سیستم کابل بندی فیزیکی یا وسیله انتقال است. که اغلب کابلهای کواکسیال یا Twisted می باشد. فن آوری های فیبر نوری و بی سیم هم به تازگی استفاده می شوند. کابل کواکسیال جهت انتقال سریع داده در مسافتهای چندین کیلومتری استفاده می شود که عموماً "در دسترس بوده و قیمت نسبتاً پائینی دارد و به آسانی نصب و نگهداری می شود برای همین در شبکه های ارتباطی صنعتی زیاد استفاده می شود.

کابل Twisted Pair (زوج به هم تابیده) جهت انتقال اطلاعات با سرعت چندین مگابایت در ثانیه بر روی مسافتهای ۱ کیلومتر یا بیشتر استفاده می شود اما همین که سرعت افزایش می یابد حداکثر طول کابل کاهش می یابد. این کابل سالهاست که در شبکه های ارتباطی صنعتی استفاده می شود و از کابل کواکسیال ارزانتر است اما ظرفیت انتقال بالائی ندارد و نسبت به امواج الکترومغناطیسی آسیب پذیر است.

کابل فیبر نوری مقاوم در برابر امواج الکترومغناطیسی بوده و دارای ظرفیت انتقال داده بالایی در حد گیگا بایت است. هرچند که تجهیزات آن گران و بکاربردن آن برای ارتباطات چند منظوره مشکل ترمی باشد ولی باعث انعطاف پذیری بیشتر می شود. استفاده از Wireless نیز در بسیاری از کارهای موقتی و موبایلی بهترین راه حل است که زیاد استفاده می شود.

### ۱-۴ روشهای انتقال

انتقال اطلاعات می تواند بصورت دیجیتال یا آنالوگ باشد, مقادیر داده ای آنالوگ دائماً "تغییر می کند ولی در ارتباط دیجیتال مقادیر داده فقط می تواند شامل ۰ یا ۱ باشد.

فرستنده اطلاعات می تواند خود را همزمان یا غیر همزمان نماید که بستگی به مسیر ارسال اطلاعات دارد. در روش انتقال همزمان کاراکترها با استفاده از کدهای Start, Stop ارسال می شوند و هر کاراکتر می تواند مستقلاً "و با سرعت یکنواخت ارسال شود.

روش ارسال همزمان روش کارآمدتری می باشد زیرا اطلاعات در بلوکهایی از کاراکترها ارسال می شود و مسیر صحیح و زمان رسیدن هر بیت قابل پیش بینی است زیرا زمان ارسال و دریافت با هم همزمان (هماهنگ) هستند. روشهای ارسال در شبکه های ارتباط صنعتی شامل Base Band و Broadband و Carrier Band می باشد در روش Base Band ارسال توسط مجموعه ای از سیگنالها صورت می گیرد بدون تبدیل شدن به فرکانس ولی در Broadband داده ها بصورت رنجی از فرکانسها که در یک کانال تقسیم می شوند ارسال می شوند. در روش Carrie Band فقط از یک فرکانس جهت ارسال و دریافت اطلاعات استفاده می شود.

شبکه های ارتباطی جهت اتوماسیون صنعتی توسعه یافتند. تا قبل از آن اغلب شرکتها از شبکه های ارتباطی خصوصی خودشان جهت انجام کارها استفاده می کردند. ولی زمانی که اتوماسیون صنعتی برای اولین بار آمده بود پایه ای برای سایر محصولات سیستم های کنترلی شد. بطوریکه سیستم های اتوماسیون گسترده شده و از محصولات مختلف با یکدیگر متصل شدند. اما مشکل بزرگی که بر سر راه اتوماسیون صنعتی قرار داشت این بود که آنها دریافتند در یک شبکه، اتصال تجهیزات از نوعهای مختلف به یکدیگر خیلی گران و مشکل است .

بعنوان نمونه در اواخر دهه ۱۹۷۰ شرکت ژنرال موتور متوجه شد که بیشتر از نیمی از بودجه اتوماسیون صرف بکارگیری رابطهای سفارشی بین دستگاههای مختلف اتوماسیون شده است به علاوه اغلب دستگاههای مورد استفاده در آن زمان قادر به برقراری ارتباط شبکه ای با محیط بیرونی خود نبودند. وضعیت مشابهی نیز در شرکت Boeing موقعی که آنها در نظر گرفتند چندین مرکز اطلاعاتی مختلف را بهم متصل کنند بوجود آمد. کامپیوترهای مختلفی از بیش از ۸۵ محصول متفاوت با هم در ارتباط بودند . این دو تجربه یک تصویر روشن از جهان ارتباطی در یک نمونه صنعتی بود و شرکتهای GM و Boeing را وادار به یافتن راه حل کرد تا اینکه در پروژه پروتکل اتوماسیون صنعتی (MAP) نتیجه داد.

اولین نسخه MAP فقط یک محصول با ویژگیهای خاص بود که در پائیز ۱۹۸۲ پذیرفته شد. زیربنا گروه استفاده کنندگان MAP در سال ۱۹۸۴ نقطه عطفی در تاریخ MAP برجای گذاشت برای اینکه با پشتیبانی عظیم صنعتی جهت استاندارد کردن مواجه شد.

در سال ۱۹۸۴ نمایشی ساخته شد که امکان استفاده از شبکه MAP را در نسخه اول آن (MAP 1.0) نشان داد. در سال ۱۹۸۵ نسخه جدید آن (MAP 2.0) منتشر شد، این نسخه جدید مدل مرجع OSI را برای سطوح پائین تر خود پذیرفت.

نسخه اول MAP که کاربردهای تجاری داشت MAP 2.1 بود. این مدل پروتکل هایی را که در نسخه قبلی وجود نداشت در خود جای داد و در سال ۱۹۸۵ در نمایشگاه Auto fact به نمایش گذاشته شد. تا قبل از بوجود آمدن نسخه ۲.۱ ویژگی خاص MAP تنها این بود که شبکه های ارتباطی را به وسایل اتوماسیون در سطح بالاتر در ساختار سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون مرتبط می ساخت. هدف از MAP 2.2 فراهم کردن روشهایی برای ایجاد شبکه های ارتباطی با کارایی بالا در سیستم های اتوماسیون بود. نسخه ۳.۰ آن در سال ۱۹۸۸ در نمایشگاه ENE در Baltimore به نمایش گذاشته شد که اولین نسخه ثابت بود. بحث بر سر موضوع MAP بر پایه همین نسخه خواهد بود.

نقشه پروتکل Full-Map نشان داده شده در شکل ۲.۳ شامل یک ۷ لایه ای کامل OSI<sup>^</sup> است. Full Map قابلیت انعطاف زیادی برای ایستگاههای ارتباطی دارد

File transfer access and management (FTAM) - ISO8571 Manufacturing message specification (MMS) - ISO9506 MAP/TOP Network management (NM) Directory service (DS) - ISO9594 Association control service element (ACSE) - ISO8649	Layer 7
Presentation kernel - ISO8822	Layer 6
Session kernel - ISO8326	Layer 5
Transport class 4 service - ISO8072	Layer 4
Connectionless network service - ISO8348	Layer 3
Logical link control classes 1 and 3 - ISO8802/2 Token bus medium access control - ISO8802/4	Layer 2
Token bus 10 Mbps broadband - ISO8802/4 Token bus 5 Mbps carrierband - ISO8802/4	Layer 1

شکل ۲.۳ پروتکل MAP

<sup>^</sup> OSI - يك مدل استاندارد معماری لایه ای است که توسط سازمان ISO برای ارتباطات کامپیوتر به کامپیوتر ارائه شد. که در آن عملیات تبادل اطلاعات در شبکه های ارتباطی بصورت ۷ لایه بیان می شود.

## ۲-۱ ملاحظات طراحی :

طراحی شبکه ارتباطی از لحاظ دقت و ارزیابی متفاوت از سایر طراحی ها می باشد. طراحان جهت رسیدن به بالاترین کارایی شبکه با قیمت مناسب در تلاش هستند و جهت رسیدن به این هدف بایستی تجهیزات ارتباطی و ملاحظات طراحی برای یک سیستم اتوماسیون بررسی شود.

تعیین استراتژی کلی مهمترین قدم در طراحی شبکه ارتباطی است. سیستم اتوماسیونی که از شبکه ارتباطی استفاده خواهد کرد بایستی بررسی شده و اهداف شبکه ارتباطی آن احراز شود.

موارد اصلی که در طراحی یک شبکه باید لحاظ شوند عبارتند از: هزینه، کارایی، قابلیت اعتماد و در دسترس بودن، سرویس یا عملکرد شبکه، تحمل پذیری محیط، وسیله انتقال، قابلیت توسعه، نگهداری و امنیت.

## هزینه COST

هزینه شبکه کردن به دو هزینه اولیه و اجرائی تقسیم می شود. هزینه اولیه شامل: خریداری نرم افزار، سخت افزار، طراحی، نصب و شروع بکار است و هزینه اجرائی، نگهداری سخت افزار و نرم افزار، پرداخت دستمزد و هزینه های عیب یابی شبکه، توسعه و تنظیم تغییرات شبکه می باشد.

## عملکرد (کارایی) Performance

عملکرد مناسب در یک شبکه ضروری است و بدون آن فعالیتهای ارتباطی نرمال مختل می شود و برنامه های کنترل پردازش، مدام درخواست اجرای محاسبه کرده و مدار تولید دچار مشکل می شود.

در یک برنامه ریزی موثر بایستی حداقل یک برآورد از درخواستهای اجرائی داشته باشیم. بارگزاری و سرعت شبکه فاکتورهای اصلی در تجزیه و تحلیل عملکرد شبکه هستند. تحلیل و تعریف برنامه های شبکه همچنین عملکرد و تعیین ترافیک ارتباطات نیز از موارد مهم هستند.

عوامل تعیین کننده عملکرد شبکه های ارتباطی عبارتند از:

- ۱ - Transmission Speed: سرعت انتقال شبکه (میزان انتقال بیتهای اطلاعاتی بر روی کابل شبکه است).
- ۲ - Response Time: زمان پاسخ، زمانی است که صرف پاسخ به عمل اجرائی یک کاربر یا برنامه هایی که درخواستی را ارسال می کنند می شود. همچنین شامل زمانی است که سیستم های دریافت و ارسال کننده صرف پردازش درخواست و پیغام پاسخ می کنند همچنین زمانی که صرف تاخیر انتقال اطلاعات در شبکه می شود.
- ۳ - Utilization: ابزار Bandwidth به استفاده از حداکثر ظرفیت (پهنای باند) اشاره دارد و معمولاً "بصورت نمودار نشان داده می شود. در ارتباط با حداکثر ظرفیت شبکه ارتباطی اصول واضحی وجود ندارد.
- ۴ - Throughput: توان عملیاتی یک شبکه ارتباطی، نسبت تعداد بیتهای اطلاعاتی به واحد زمان جهت انتقال است.

## قابلیت اعتماد و در دسترس بودن Reliability Or Availability

قابلیت اعتماد یک وسیله یعنی احتمال اینکه یک وسیله مطابق با ویژگیهایش در یک دوره زمانی عمل خواهد کرد. و طریقه معمول تعیین قابلیت اعتماد یک وسیله MTBF نامیده می شود (Mean Time Between Failure). قابلیت دسترسی یک وسیله مدت زمانی است که انتظار می رود وسیله در این مدت عملکرد کاملی داشته باشد. قابلیت دسترسی می تواند توسط MTBF و MTTR (Mean Time To Repair a Fault) نشان داده شود.

$$\text{Availability} A = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

دست یافتن به بالاترین قابلیت دسترسی یک شبکه ارتباطی با تشخیص و رفع بموقع خطاها امکان پذیر است بنحوی که طراح شبکه بتواند در صورت بروز سیگنالهای خطا در قسمتی از شبکه بلافاصله خطوط و یا دستگاههای پشتیبان را برای نقاط بحرانی جایگزین کند.

برای بالا بردن قابلیت دسترسی یک شبکه ارتباطی یکی از قواعد زیر را می توان بکار برد:

۱- پردازشهای حساس بایستی در زیر شبکه هایی قرار گیرند که حتی در صورت خرابی کانال اصلی شبکه بتوانند مستقلاً اجرا شوند. بعنوان مثال پردازشهای خط تولید که توسط یک کنترل کننده در سطح Cell بازبینی (monitoring) می شوند می توانند بدون وقفه و حتی طولانی تر از کنترل کننده ای که برق سیستم را بازبینی می کند ادامه یابند.

۲- پیکربندی شبکه بایستی ساده باشد. زیرا وسعت زیاد، پیچیدگی زیاد شبکه و تکنولوژی می تواند مشکل ساز باشد.

۳- تا جایی که ممکن است دستگاهها با بالاترین قابلیت بکار گرفته شوند.

## سرویس یا عملیات شبکه Service Or Network Functionality

طراح شبکه در هر لحظه باید بداند چه قسمتی از اطلاعات شبکه و چه عملیاتی برای رسیدن اطلاعات به مقصد مورد نیاز است.

عملیات لازم در شبکه های ارتباطی صنعتی می تواند شامل موارد زیر باشد: انتقال فایل - ارتباط ایستگاههای مختلف به یکدیگر - download یا upload کردن مجموعه ای از اطلاعات - احضار برنامه - ارسال و دریافت اطلاعات - پشتیبانی برنامه های توزیع شده.

## تحمل پذیری محیط Tolerance For Environment

شبکه های ارتباطی صنعتی اغلب در نواحی مضر پیاده می شوند و می توانند در معرض نویزهای ناخواسته قرار گیرند. بنابراین شبکه های ارتباطی برای سیستم های اتوماسیون صنعتی بایستی در برابر امواج الکترومغناطیسی<sup>۱</sup> (EMI) و تداخل فرکانسهای رادیویی همچنین هوای آلوده، حرارت بالا و تغییرات آب و هوا مقاوم طراحی شوند.

پیاده سازی شبکه در یک محیط صنعتی با EMI بالا ممکن است خرابی Packet های اطلاعاتی، تداخل در بارگزاری برنامه ها و در نهایت کاهش توان عملیاتی شبکه را بدنبال داشته باشد.

<sup>۱</sup> Electro-Magnetic Interference - EMI

## وسیله فیزیکی انتقال Physical Media

انتخاب مناسب وسیله فیزیکی انتقال یک تکنیک و یک تصمیم گیری مهم اقتصادی است زیرا پایداری یک شبکه ارتباطی به پایداری تجهیزات فیزیکی آن بستگی دارد.

## قابلیت توسعه Expandability

شبکه های اندکی هستند که می توانند در برابر سرعت رو به رشد تکنولوژی و نیازهای کاری، پایدار باقی بمانند. لذا طراح شبکه باید همیشه یک فاکتور قابل انعطاف برای رشد داشته باشد.

## نگهداری Maintenance

همه شبکه ها باید نگهداری و سرویس شوند. یک طراح خوب بایستی نگهداری پیش گیرانه، به روز و ساختار بندی شده ای بدون وقفه عملیاتی از شبکه داشته باشد.

## امنیت Security

اهداف اصلی از اقدامات متقابل در برابر حمله به امنیت شبکه عبارتند از:

- به حداقل رساندن احتمال حمله توسط تهیه روشها و دستگاههای حفاظتی.
- مشخص کردن هر تجاوزی با سرعت ممکن.
- توانائی مشخص کردن اطلاعاتی که ممکن است موضوع حمله باشند و تعیین اطلاعات کنترلی و وضعیت ها برای نجات یافتن از حمله.

## ۲-۲ ملزومات ارتباطی سیستم های اتوماسیون صنعتی

ملزومات ارتباط ممکن است به سطح سلسله مراتبی سیستم های اتوماسیون صنعتی که در بخش ۲.۱ گفته شد وابسته باشد. این بخش راجع به ملزومات ارتباطی سطح فیلد و سطح Cell نمودار سلسله مراتبی توضیح می دهد.

## ارتباطات سطح فیلد

در این سطح برای تبادل اطلاعات از سنسورهای ویژه و محرکهایی که روی آن سنسورها به تجهیزات کنترلی مجهز هستند استفاده می شود.

ملزومات ارتباطی در این سطح عبارتند از:

- ۱- زمانهای پاسخ خیلی کوتاه: برای مدار کنترلی سریع و سیستمهای ایمنی زمانهای پاسخ در حد میکرو تا میلی ثانیه لازمند.
- ۲- تحمل پذیری در برابر محیطهای شلوغ: دستگاههای سطح فیلد معمولاً در محیطهای مضر پیاده می شوند در نتیجه پوشش حفاظتی یا سطح ایمنی احتیاج دارند.
- ۳- فاصله زیاد: اتصال دستگاهها در فاصله های دور جهت عملیات راه دور باید ممکن باشد مانند: ایستگاههای پمپاژ.
- ۴- قدرت توزیع: قدرت ( تغذیه) بطور نرمال بر روی دو کابل سیمی جهت دستگاههای این سطح توزیع شده. این تغذیه از سایر تغذیه های محیط جداست و در مواقع ضروری پشتیبان دارد.

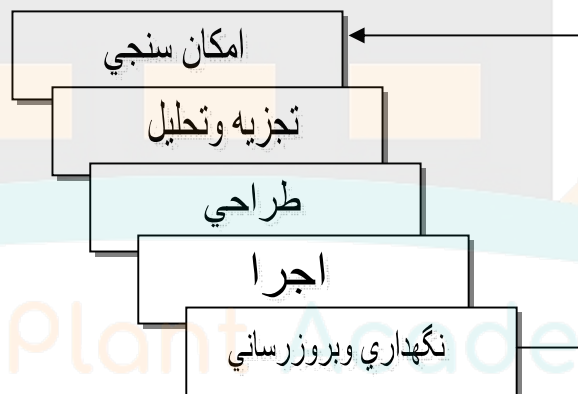
در سطح Cell دستگاههای کنترلی، کنسولهای عملیاتی و ایستگاهها با هم در ارتباطند.

ملزومات ارتباط در لایه Cell:

- ۱- زمانهای پاسخ کوتاه: جهت ارتباط کنترلی بین ایستگاههای شبکه و برای ارسال سیگنالهای خطا. زمانهای میلی ثانیه تا ثانیه ای لازمند زیرا مقدار زیادی از اطلاعات ممکن است در یک زمان درخواست شود.
- ۲- تحمل پذیری در برابر محیطهای شلوغ: چنانچه ایستگاههای شبکه به سطح فیلد انتقال یابند سخت افزار سیستم بایستی نسبت به امواج الکترومغناطیسی، فرکانسهای رادیویی و درجه حرارت بالا و شرایط جوی مقاوم طراحی شده باشند.
- ۳- قابلیت دسترسی به مقدار زیاد: برای غلبه بر وابستگی های عملیاتی، قابلیت دسترسی سیستم باید به ۱۰۰٪ برسد. لذا در برخی موارد ممکن است بکار بردن کانالهای ارتباطی اضافی لازم باشد.
- ۴- امنیت: دسترسی به سیستم کنترلی باید طوری طراحی شده باشد که از تصادفات داده ای و کاربرد غیرمجاز که منجر به مختل کردن عملکرد محیط می شود جلوگیری شود و از اطلاعات مهم عملیاتی نگهداری شود.
- ۵- پشتیبانی تغذیه: در صورت خرابی تغذیه الکترونیکی از بکاپ برای منابع قدرت اضافی، باتری ها و ژنراتورهای تولید برق استفاده می کنند.
- ۶- مدیریت شبکه: مدیریت شبکه باید روشهای ترمیم خطا، پیکربندی مجدد سیستم، امنیت، تشخیص کارایی، حسابداری، عیب یابی خطا، نگهداری و آموزش را برای کاربران ویژه فراهم کند.

### ۲-۳ فرایند طراحی شبکه ارتباطی

طراحی یک شبکه ارتباطی پیچیده بوده و بایستی روشهای تحلیل سیستم استاندارد را دنبال کند. روش طراحی معمولی شامل چرخه زندگی سیستم و فازهای مربوط به آن می شود. چرخه زندگی یک سیستم ممکن است مانند شکل ۳.۱ ترسیم شود هرچند فازهای چرخه زندگی بصورت رشته ای پشت سر هم است ولی طراح ممکن است یک برگشت به یکی یا بیشتر از فازها داشته باشد.



شکل ۳.۱ چرخه زندگی یک سیستم

## امکان سنجی Feasibility Study

امکان سنجی جهت تعریف موضوعات آشکار موجود در سیستم است و مشخص می کند آیا یک شبکه ارتباطی برای سیستم اتوماسیون صنعتی قابل استفاده می باشد یا خیر.

البته شامل مشخص شدن نوع شبکه ای که اجرا می شود نمی باشد هرچند طراح نیاز دارد همه مسائل و احتیاجات لازم جهت ایجاد سیستم اتوماسیون را بداند.

فاز امکان سنجی به مراحل زیر تقسیم می شود: تعریف مسئله، تحلیل مسئله و مرحله مشخص کردن راه حل ها. تعریف مسئله اولین مرحله در امکان سنجی جهت تمایز مسائل و راه حل ها است. دومین مرحله تحلیل مسئله است، مسائل باید تحلیل شوند که چگونه ممکن است منجر به تعیین یک شبکه جدید یا به روز کردن یک شبکه موجود شوند و آیا امکان پذیر است یا خیر. سومین مرحله امتحان راه حل های ممکن جهت تعریف مسئله است و همچنین مشخص شدن بهترین راه حل و اینکه آیا به طور واقعی مبتنی بر اطلاعات جمع آوری شده می باشد یا خیر.

## تجزیه و تحلیل Analysis

در این فاز نیازهای شبکه ابتدا از روی اطلاعات جمع آوری شده در فاز امکان سنجی توسط مدیر پروژه قطعی و تایید شده و سپس توسط طراح بکار گرفته می شود.

نیازهای تنظیم شده بایستی برنامه های کامپیوتری و سیستم های اطلاعاتی را به درخواستهای دستگاههای اتوماسیون، نرم افزار و سخت افزار ارتباطی، محل های ورود و خروج داده و تولید داده مرتبط سازند. و تعیین اینکه اطلاعات چگونه پردازش و استفاده شوند.

در یک نتیجه گیری کلی تنظیم نیازها، فعالیتهای کاری را که شبکه ای و خودکار خواهند شد مشخص می کند. آنها فعالیتهای را به اطلاعات ورودی و خروجی، میانگین انتقال اطلاعات، محل و چگونگی استقرار اطلاعات و جغرافیای محلی که اطلاعات در آن باید تولید و پردازش شوند مرتبط می سازند.

تجزیه و تحلیل اطلاعات خام که در فاز امکان سنجی صورت می گیرد به مشخص شدن حجم اطلاعاتی که باید در شبکه منتقل شود کمک می کند. به علاوه موارد زیر نیز بایستی در فاز تجزیه و تحلیل در نظر گرفته شود:

۱- قابلیت سخت افزار و نرم افزار پشتیبان باید ارزیابی شود.

۲- امنیت شبکه ارتباطی بررسی شود.

۳- قابلیت اعتماد و دسترسی شبکه ارتباطی بررسی شود

۴- سازگاری محیط و سیستم های موجود با OSI و نوع های دیگر سیستم عامل شبکه نیز بررسی شود.

۵- هزینه کابل، دستگاههای رابط (پل ها، روترها، دروازه ها) مودم ها، نصب و طراحی شبکه، توسعه و نگهداری نرم افزار کاربردی نیز مشخص شده باشد.

## طراحی Design

فاز طراحی یکی از فازهای بزرگ چرخه زندگی سیستم است. در این فاز یکسری از مشخصه های داخلی و خارجی ارائه می شود. مشخصه های داخلی شامل تعیین اجزا کل شبکه و عملکرد آنها و مدلهای ساخت شبکه است.

مشخصه های خارجی شامل زوایای دید کاربر وقتی که از شبکه استفاده می کند می باشد.

جهت برآوردن نیازهای شبکه باید آنها را به نیازهای ضروری و نیازهای مطلوب درجه بندی نمود.

فاز طراحی طبق مراحل زیر دنبال می شود :

- ۱- تعریف هدف نهائی جهت معماری شبکه و نیازهای ضروری.
- ۲- تعیین سرویسهای کاربری مورد نیاز , توابع و رابطهای برنامه کاربردی.
- ۳- تعیین عوامل موثر بر کارایی شبکه مانند: ظرفیت انتقال شبکه , روشهای دسترسی وسیله ارتباطی , نوع وسیله ارتباطی و مکانیزم ترمیم خطا.
- ۴- طراحی معماری کل سیستم شبکه
- ۵- طراحی سیستم شبکه محلی در هر قسمت از سیستم شبکه
- ۶- طراحی سطوح ارتباطی بین سیستم های شبکه محلی
- ۷- طراحی سیستم مدیریت شبکه

### اجرا Implementation

در طی فاز اجرا , اجزا شبکه خریداری و نصب می شوند. این فاز را می توان به موارد زیر تقسیم نمود: مالکیت نرم افزار و سخت افزار, نصب , تست , مستند سازی و Switch-Over .

در صورت اجرا یک شبکه جدید باید سیستم عامل مورد نیاز شبکه , نرم افزار کاربردی و مدیریتی و پروتکل های ارتباطی تهیه شوند.

تست کردن به روش مجتمع اجرا می شود یعنی سخت افزار و نرم افزار باید از لحاظ کاربردی تست شوند همچنین سعی در انجام پردازش هایی که ترافیک شبکه را کاهش می دهند و یا یک FeedBack برای هماهنگی ایجاد نمود. با تست کردن یکپارچه که در طی فاز طراحی باید انجام شود از عملکرد صحیح همه قسمت های سیستم اطمینان حاصل می شود و باید روش کاملی باشد تا نتایج حاصله عملیات کل شبکه را در شرایط واقعی منعکس کند.

هر مرحله ای از فاز طراحی شبکه باید مستند شده و در فاز اجرا تکمیل شود . مستند باید شامل هر وضعیت شبکه از زمان آغاز تا اجرای نهائی باشد. این مستندات می تواند از راهنماهای مرجع , دستورالعملهای نگهداری و کاربری و همه منابع استفاده شده در فاز امکان سنجی باشد.

مرحله Switch-Over شامل انتقال همه تغییرات از سیستم قدیمی به جدید است و محصول نهائی این مرحله شبکه کاری فعال است.

### نگهداری و به روز رسانی Maintenance and Upgrade

آخرین فاز از چرخه زندگی سیستم شبکه, نگهداری و بروز رسانی اجزا شبکه است. در طی دوره نگهداری و بروز رسانی , سیستم جهت نگهداری سطوح اجرائی و اصلاح مشکلات فعال و هماهنگ است .

## فصل ۲ - شبکه های صنعتی

### قسمت اول

اینترنت به صورت یک نیروی فراگیر گسترش یافته است بطوریکه نحوه زندگی و کار ما را تعریف می کند. هر نوع دستگاهی را که تصور کنید سرانجام شبکه ای می شود. و اتصال فراگیر سنسورها<sup>۱۱</sup> قبل از اینکه در عرصه مصرفی ظاهر شود در دنیای صنعت دارای ارزش می شود و در حقیقت سنسورها را از دستگاههای اطلاعاتی به دستگاههای ارتباطی تبدیل کرده است.

اما دنیای سنسورها خیلی متنوع تر از دنیای کامپیوتر است و در اغلب موارد شبکه کردن یک سنسور با قابلیت پاسخ خودکار خیلی گرانتر از اتصال یک کامپیوتر است و روشهای متفاوتی برای انجام آن وجود دارد. ازدیاد استانداردهای شبکه ای و مشکلات اساسی در پشتیبانی بیشتر از یک پروتکل بسیاری از تلاشهای مهندسين را متوقف کرده است. در این قسمت درباره شبکه ای کردن سنسورها توضیح داده می شود.

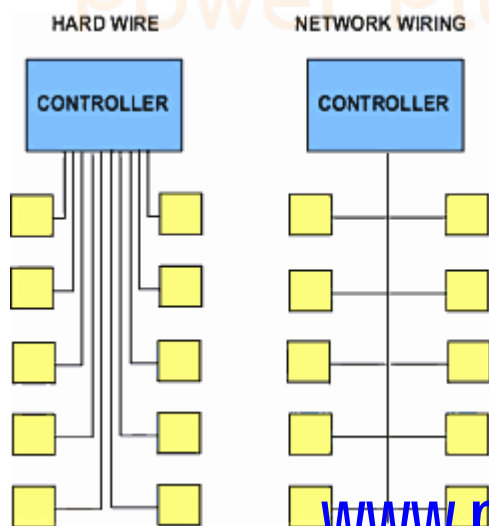
### ۲-۱-۲ چرا یک سنسور را شبکه ای می کنیم؟

هنگامی است که چندین دستگاه را بهم متصل می کنیم اولین و واضح ترین دلیل صرفه جویی در سیم کشی است. اتوماسیون تولید و برنامه های کنترلی بطور وسیع از شبکه های صنعتی استفاده می کنند. کاهش کابلهای بزرگ بخصوص اگر به صورت سیم پیچ در آمده باشند یک مزیت آشکار محسوب می شود (رجوع شود به تصویر ۱).

تصویر ۱ - در سمت چپ تابلو (پانل) کنترلی یک سیستم اتوماسیون وجود دارد که بصورت نقطه به نقطه سیم پیچی شده است و درست راست همین تابلو با مدل Device Net به صورت شبکه ای سیم کشی شده است. به کاهش چشمگیر سیم ها وساختار ساده فیزیکی سیستم توجه کنید. هرچند که هزینه تجهیزات در سیستم های شبکه ای بیشتر است ولی در فاکتورهای مانند: سیم کشی و خطاهای آن و نیروی انسانی صرفه جوئی می شود و مدیریت قسمتهای مختلف سیستم از طریق شبکه آسانتر است.



شبکه کردن این امکان را به ما می دهد که چند صد دستگاه را به یک مسیر ارتباطی اصلی بدون از سیم کشی اضافی متصل نماییم. بویژه وقتی که سیستمها از آستانه ۱۰۰ اتصال I/O (ورودی /خروجی) گذشتند هزینه اضافی سخت افزار شبکه با صرفه جویی در زمان سیم کشی خنثی می شود. پیمانانه ای بودن<sup>۱۱</sup> یکی دیگر از مزایای مهم شبکه است. (رجوع شود به شکل ۱)



شکل ۱ - صرفه جویی در هزینه با اندازه سیستم خود را نشان می دهد معمولاً سیستم های با ۱۰۰ دستگاه یا بیشتر اگر از شبکه استفاده نمایند هزینه کاهش می یابد. سیستم های شبکه شده می توانند سریعتر از پیکربندی

<sup>۱۰</sup> سنسور - قطعه الکترونیکی که عمل خاصی را انجام می دهد.

<sup>۱۱</sup> سیستم پیمانانه ای - سیستمی که از واحدهای مستقل تشکیل شده باشد

فیزیکی توسط نرم افزار پیکربندی شوند. پیمانان ای بودن امکان جالبی برای طراحی دستگاه است.

از آنجاییکه ارتباط دستگاهها با نرم افزار دست یافتنی است لذا جابجایی یک سیستم بزرگ، سوار کردن آن روی یک مسیر و دوباره بستن قطعات آن در هر مکانی بسیار آسان است. به علاوه سه دلیل عمده برای صرفه جویی سیم کشی و پیمانان ای بودن سیستم، در شبکه کردن یک سنسور وجود دارد:

## ۱- امکان عیب یابی

یک دستگاه شبکه ای اگر خوب کار نکند یا خرابی پیش بیاید در اغلب موارد از طریق سیستم به کاربر اطلاع داده می شود این اطلاعات می تواند کمک بزرگی باشد. ارزش آن وقتی بیشتر می شود که اطلاعات از راه دور و از طریق اینترنت در دسترس باشد.

## ۲- پیکر بندی مناسب

کنترل کننده ها بطور خودکار می توانند مشخص کنند کدام اجزا مستقل به شبکه متصلند و تعیین کنند چه تنظیم نرم افزاری انجام شده. این در حقیقت می تواند زمانهایی را که یک سیستم بزرگ بدون انتقال داده می ماند و زمان راه اندازی مجدد را کوتاه کند.

## ۳- سیستم های اطلاعاتی اقتصادی

با به هم پیوستن هر سیستم بعنوان مثال در یک شرکت تجاری کلیه عملیات از حسابرسی تا لیست حقوق و فروش بین چندین دستگاه تقسیم و توسعه می یابد و هر اطلاعات با ارزشی، به شرطی که درست استفاده شود در انتها منجر به افزایش سرمایه می گردد.

## امکان برنامه ریزی مجدد (تغییر کارایی) یک سنسور از طریق شبکه ای کردن

برای صرفه جویی در زمان سیم کشی و یا ایجاد یک سیستم پیمانان ای اتصال صدها سوئیچ و محرک از طریق شبکه یک کار مقرون به صرفه و یک واقعیت دیگر از کاربرد شبکه جهت جمع آوری اطلاعات بیشتر نسبت به یک سیستم های غیر شبکه ای است. برای مثال بخش تجهیزات شرکت Brooks کنترل کننده های جریان توده ای<sup>۱۲</sup> (MFCs)، را برای ماشینهای ساخت نیمه هادی تولید می کند. این تجهیزات دقیقاً "جریان گازها را در یک فرایند، کنترل و تنظیم می کنند. (رجوع شود به تصویر ۲)

با شبکه کردن MFCs می توان کارایی آنها گسترش داد. بطوریکه علاوه بر هفت نوع متغیر کنترلی که در مدل غیر شبکه ای بکار می رفت در مدل شبکه ای صدها متغیر از ۳۹ نوع عمل متفاوت را بکار می برد. که این عملیات مربوط به کنترل و تنظیم گاز می باشد. این مجموع اطلاعات، نگرشی را در مورد فرایندی که در دسترس ما نیست فراهم می نماید و این امکان را به ما می دهد که منشأ بروز اشکال را پیدا کنیم بطوریکه تولید کننده در یک کارخانه می تواند تعیین کند که مشکل از خود MFCs است یا از جای دیگر. از نظر تجاری یک سازنده می تواند سنسور خود را با توجه به اطلاعات تخصصی با ارزشی که فراهم می کند به فروش برساند.

<sup>۱۲</sup> Mass Flow Controllers - MFCs (کنترل کننده جریان توده ای)

تصویر ۲ - کنترل کننده جریان توده ای (MFCs) در دو مدل ساخته شده :  
 ۱ - مدل آنالوگی که هفت اتصال دارد ۲ - مدل شبکه ای که یک اتصال دارد و قادر است متغیرهای زیادی را بکار ببرد و بیش از ۱۰۰ نوع داده اضافی را ردیابد کند



## ۲-۱-۳ چه کسی از شبکه های سنسوری استفاده می کند؟

در شرکتها و تاسیسات بزرگ و کاربردهای پیچیده احتمال استفاده از شبکه زیاد است. شرکت های بزرگی مانند General Motors و Chrysler از شبکه های صنعتی Device Net و Profibus برای اتصالات دستگاه های خود بطور وسیع استفاده کردند. استفاده از Ethernet<sup>۱۳</sup> علاوه بر کاربرد در موسسات

اقتصادی، کنترل کننده ها و PLC ها را نیز به یکدیگر اتصال می دهد.

## ۲-۱-۴ چگونه یک شبکه صنعتی بازارهای جدید ایجاد می کند؟

اگر می توان در یک شبکه یک سنسور را دوباره برنامه ریزی (تغییر کرائی) کرد همچنین می توان مشتری های آنرا نیز دوباره تعیین کرد و اینکه برای چه کاری استفاده شود. البته این مشکل وجود دارد که اگر مشتری ها بخواهند یک شبکه مخصوص را برای یک سیستم کنترلی یا اطلاعاتی انتخاب کنند با محدودیت سنسورهای شبکه ای مواجه می شوند. امروزه تعداد کمی از سنسورها می توانند در شبکه بکار روند. بنابراین اگر سنسورهای شما قابلیت شبکه شدن دارند در یک گروه ممتاز قرار دارید. در این راستا مشتری هایی که فقط روی افزایش قیمت سیستم شبکه ای تمرکز دارند نکته اصلی را گم کرده اند این درباره قیمت نیست بلکه درباره ارزش اطلاعات و کاری است که شما با این اطلاعات می خواهید انجام بدهید.

تعدادی از شبکه های صنعتی عبارتند از: Ethernet, ModbusRTU/ASCII, CAN, Profibus و Field bus که در ادامه مختصراً شرح داده می شوند.

### (۱) ۲-۱-۵ Ethernet

امروزه استانداردهای شبکه زیادی وجود دارد. اگر شما بخواهید سنسور خود را شبکه ای کنید کدام یک را تایید می کنید؟ بدلیل استانداردهای شبکه ای فراوان و همچنین تجهیزات متفاوت برای شروع بهتر است شبکه را از لحاظ شرایط کاری در محیط بررسی کرد. جدول ۱ مجموعه ای از اطلاعات Bus های مختلف (نوع مسیر ارتباطی اصلی در شبکه) که می توانند اجرا شوند را نشان می دهد

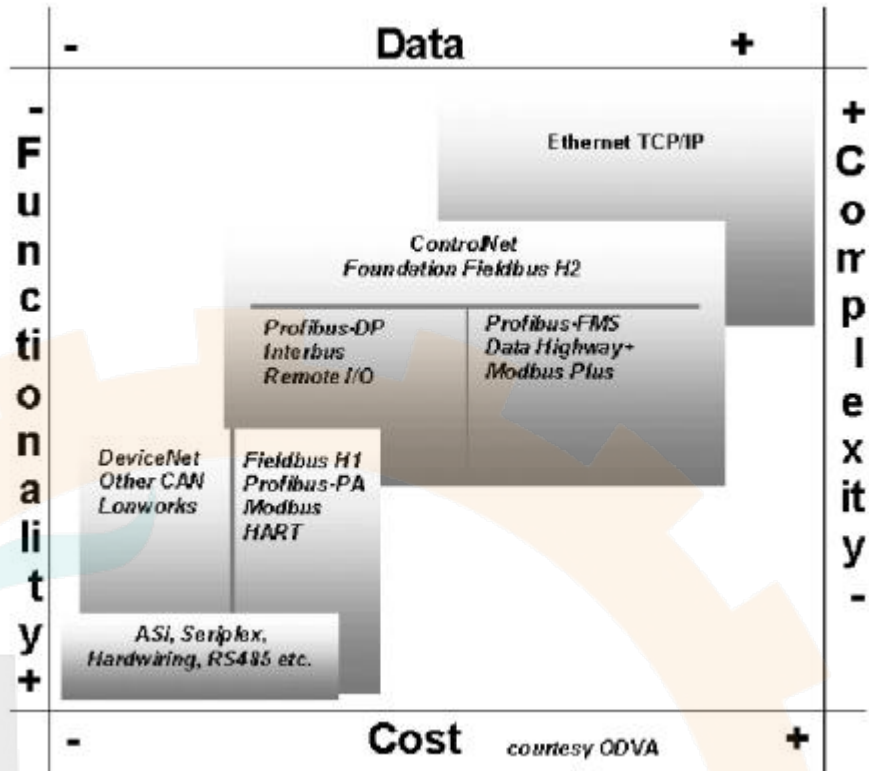
<sup>۱۳</sup> Ethernet - شبکه ای با توپولوژی Star و معمولاً با کابل زوج سیم بهم تابیده که داده را تا سرعت مگابیت نیز انتقال می دهد

مشخصات شبکه ها در يك نگاه

	Ethernet	Modbus RTU/ASCII	Profibus	Foundation Fieldbus	DeviceNet	CANopen	J1939
بنیاد	Digital Equipment Corp., Intel, and Xerox - 1976	Modicon - 1978	German govt. and automation manufacturers - 1989	ISA - 1998	Allen-Bradley - 1994	CAN in Automation - 1993	SAE 1994
اجرا	Produced on chips by many vendors; based on IEEE 802.3	Produced on any medium, but it is typically found on RS-232, -422, or -485; no special ASICs required	Produced on ASICs by multiple vendors; based on RS-485 and the European EN50170	Produced on chips by multiple vendors	Produced on chips by many vendors; based on CAN	Produced on chips by many vendors; based on CAN	Produced on chips by many vendors; based on CAN
نوع	10Base-2, 10Base-T, 100Base-T, 100Base-FX, 1 Gb; copper (twisted pair/thin coaxial), and fiber	Typically RS-232, RS-422, RS-485	Profibus DP (master/slave), Profibus FMS (multimaster/ peer to peer), and Profibus PA (intrinsically safe)	H1 intrinsically safe and High-Speed Ethernet (HSE); based on ISA SP50/ IEC61158			
اتصال دهنده ها	RJ-45 or coaxial	Typically DB9 or terminal block	9-pin D-shell connector (impedance terminated) or 12 mm IP 67 quick disconnect	Application dependent	Mini 18 mm and micro 12 mm waterproof quick disconnect plugs and receptacles; 5-pin Phoenix terminal block	Mini 18 mm and micro 12 mm waterproof quick disconnect plugs and receptacles; 9-pin D-shell	Application dependent
ماکزیم تعداد نودها	1024, expandable with routers	250	127	240/ segment; 65,000 possible segments	64	64	30/ segment
مسافت	100 m (10Base-T) to 50 km (mono mode, fiber with switches)	350 m for RS-485	100 m (copper, no repeaters, max. speed) to 24 km (with repeaters and fiber optic transmission)	1900 m for H1	100-500 m	100-500 m	40 m
سرعت	10 Mbps to 1 Gbps	Can run at any speed, but it is most commonly used between 9600 and 38,400 bps	9600 bps to 12 Mbps	H1 31.25 Kbps and HSE 100 Mbps	125, 250, and 500 Kbps	125, 250, and 500 Kbps	250 Kbps
اندازه پیغام	46-1500 bytes	0-254 bytes	Max. 244 bytes/ node / message	128 octets	8 bytes/ node/ message	8 bytes/ node/ message	4-8 bytes/ node/ message
نوع پیغام دهی	Peer to peer	Master/ slave; discrete and analog I/O and parameters	Polling (DP/PA) and peer to peer (FMS)	Client/ server, publisher/ subscriber, and event notification	Polling, strobing, change-of-state, cyclic; explicit messaging for configuration and parameter data; UCMM for peer to peer messaging; producer-consumer-based model	Polling, strobing, change-of-state, cyclic, and others	Broadcast, one-to-one
سازمان پشتیبانی کننده	<a href="#">Industrial Ethernet Assoc. and Industrial Automation Open Networking Assoc.</a>	<a href="#">Modicon/ Groupe Schneider</a>	<a href="#">Profibus Trade Org.</a>	<a href="#">Fieldbus Foundation</a>	<a href="#">Open DeviceNet Vendor Assoc.</a>	<a href="#">CAN In Automation</a>	<a href="#">Society of Automotive Engineers</a>

یکی از استانداردهای پذیرفته شده Ethernet است که جهت انتقال مقادیر زیادی از اطلاعات در سرعتها بالا طراحی شده. (رجوع شود به شکل ۲)

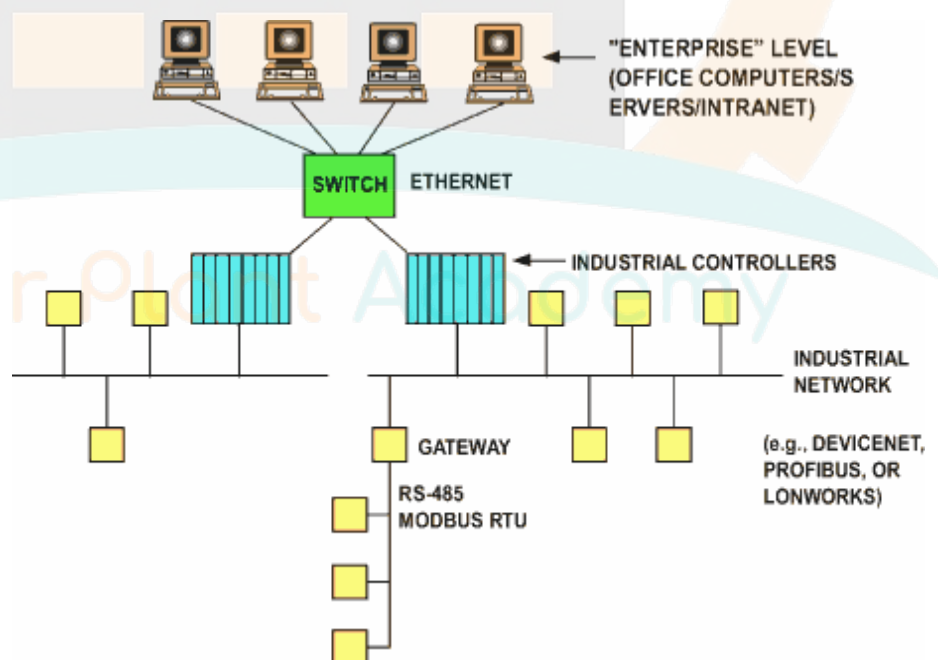
شکل ۲ - نشان می دهد که کدام یک از شبکه های استفاده شده تا حد زیادی وابسته به میزان اطلاعات ارسالی می باشد. Ethernet برای جابجایی حجم بالایی از اطلاعات طراحی شده (بیشتر از ۱۰۰۰ Byte در زمان) سایر شبکه ها برای مقادیر اطلاعات کمتر مناسب هستند این مثال اطلاعاتی نسبی که شبکه ها براساس آن طراحی شده اند را نشان می دهد.



شبکه کردن میلیونها کامپیوتر در ادارات و گسترش اینترنت در سراسر دنیا Ethernet را به یک استاندارد عمومی تبدیل کرده است. امروزه برای اینکه کاربران بی تجربه بتوانند شبکه های ساده ای ایجاد و کامپیوترها را بهم متصل نمایند، سخت افزار و نرم افزار شبکه توسعه یافته اند.

در اتوماسیون Ethernet عموماً با Field bus های دیگری استفاده می شود. (رجوع شود به شکل ۳)

شکل ۳ - شبکه کردن سه لایه ای که در آن Ethernet بعنوان Backbone شبکه ( کانال اصلی ) و اتصالات آن به کنترل کننده ها و کامپیوترهای صنعتی اطلاعات مهم را برای موسسه تجاری فراهم می کند. یک شبکه صنعتی یا Fieldbus سنسورها و دستگاههای خودکار را متصل می کند و یک Gateway یا دروازه دستگاههایی را که فقط پورت RS232 یا RS485 برای اتصال به Fieldbus دارند را متصل می کند.



سخت افزار Ethernet ارزان است و می توان آنها را در هر جا خریداری کرد. پیدایش پروتکل برای همه کسانی که در استانداردهای فراوان غوطه ور شده بودند و کسانی که معتقدند Fieldbus ها گران و برای کارکردن دشوار هستند یک راه حل ایده ال شد. به علاوه تحقیقی که توسط سه تولید کننده بزرگ صنایع اتوماسیون انجام گرفت نشان می دهد که Ethernet بطور بالقوه می تواند در خدمت ۷۰٪ از کاربردهای شبکه ای سطح بالا قرار گیرد. بعنوان مثال (در شکل ۳) Ethernet بدلیل سرعت بالا در سطح کامپیوترهای اداری و ارتباطات داخلی و سرورها بکار رفته است. از طرفی دیگر Ethernet مشکلاتی هم داشت علائم<sup>۴</sup> Overhead زیادی برای مجموع کوچکی از اطلاعات دارد و قدرت لازم را بر روی Bus های صنعتی ندارد. اتصال دهنده های RJ-45 آن از لحاظ فیزیکی آسیب پذیر بوده و نسبت به امواج الکترومغناطیسی حساس هستند و حتی امروزه استانداردهای اختصاصی و باز چندگانه آن در صنعت گمراه کننده می باشد.

## با Ethernet صنعتی چه کاری می توان داشت؟

پروتکل های کاربردی چندگانه شامل: Modbus/TCP و Ethernet/IP و Profinet و Fieldbus. بعنوان استانداردهائی جهت اتصال سنسورها، ورودی/خروجی های آنالوگ و دستگاه های خودکار پدید آمدند. این فصل جدیدی از جنگ های Field bus است که از ۱۰ سال پیش در عرصه صنعت جنگیده است. مگر اینکه TCP/IP برای بودن همزمان چندین پروتکل در یک کانال ارتباطی مجوز صادر کند.

حداقل سه موضوع اصلی وجود دارد تا Ethernet را به یک Field bus قوی و محبوب تبدیل کند:

ابتدا یک لایه کاربردی عمومی در آن در نظر گرفته شود. بعنوان مثال وقتی که دستگاه شما یک Packet (بسته اطلاعاتی) را دریافت می کند، آن داده از چه نوعی می باشد؟ آیا یک رشته از مقادیر I/O است و یا یک سند متنی است؟ - دوم اینکه در بسیاری از کاربردهای صنعتی باید از اتصال دهنده های صنعتی (کانکتور) مقاوم استفاده کرد کانکتورهای معمولی پلاستیکی و کانکتورهای RJ-45 برای این منظور مناسب نیستند. یک کانکتور صنعتی محکم (رجوع شود به تصویر ۳) فایده بیشتری خواهد داشت.

تصویر ۳ - کانکتور صنعتی



<sup>۴</sup> Overhead (سربار) - مقدار اطلاعات کنترلی که به اول داده ارسالی جهت مسیر یابی اضافه می شود

نه TCP/IP و نه Ethernet توانائی اینکه دو وسیله بتوانند با هم تبادل اطلاعات داشته باشند را تضمین نمی کنند. Ethernet فقط یک استاندارد لایه فیزیکی است. استاندارد برای وسایل ارتباطی فیزیکی جهت انتقال اطلاعات است. پروتکل‌های زیادی می توانند بر روی Ethernet استفاده شوند. یکی از پروتکل‌های رایج که در web نیز استفاده می شود TCP/IP (پروتکل اینترنت) است. TCP/IP فقط یک مکانیزم انتقال است که تحویل اطلاعات مثلاً از A به B را قطعی می سازد. بهر حال امروزه همه از TCP/IP استفاده می کنند.

تاکنون Download کردن یک فایل بزرگ را تجربه کرده اید که پس از دریافت، کامپیوتر نتوانسته برنامه ای برای باز کردن آن پیدا کند و باید برنامه های جانبی مانند Winamp و RealAudio و یا Acrobat Reader را نیز Download کنیم. مشابه همین مشکل در سنسورها نیز وجود دارد، شما می توانید هر فایل یا قطعه اطلاعاتی را بر روی Ethernet یا Internet ارسال کنید اما در خاتمه چه کاری می خواهید با داده دریافتی انجام دهید؟ TCP/IP نمی تواند تضمین نماید که شما بتوانید فایل دریافتی را باز کنید فقط می تواند رسیدن اطلاعات را تضمین نماید. به طوریکه اطلاعات می توانند در غالب Field bus های موجود بسته بندی شده و سپس با پروتکل TCP/IP منتقل شوند.

### Fieldbus ها همراه Ethernet

احتیاجی نیست که از آغاز پروتکل‌های Ethernet برای کاربرد در صنایع تعریف شوند. در عوض اغلب پروتکل‌ها در TCP/IP جا سازی شده اند. اخیراً "۴ رقیب در این زمینه هستند: Modbus/TCP (پروتکل Modbus همراه Ethernet/IP) و (Ethernet/IP همراه Controlnet/devicenet) و FieldBus با Ethernet سرعت بالا و ProfiNet (همراه Ethernet).

شما می توانید تعداد بیشماری از پروتکل‌های لایه کاربردی را پیشنهاد کنید. در حقیقت امروزه علاوه بر پروتکل‌های بالا استانداردهای اختصاصی زیادی از محصولات مختلف وجود دارد. اما چند مزیت عمده در استفاده از ساختارهای شبکه های بالا وجود دارد:

۱- مشخصه ها برای بسیاری از دستگاهها از قبل تعریف شده است و آنها می توانند با اندک تلاشی بر روی Ethernet بکار روند.

۲- در سیستمی که استفاده می شود داده ها می توانند به آسانی بین شبکه بالایی و پائینی (لایه های مختلف شبکه) انتقال یابند بعنوان مثال: یک شبکه Profibus برای سطح I/O بکار می رود و Profibus همراه Ethernet در سطح Supervisory (سطح بالاتر) استفاده می شود، ارتباط بین این دو شبکه نسبتاً راحت و شفاف است.

۳- بسیاری از کاربران و شرکتها با پروتکل‌های موجود آشنا هستند.

۶-۱-۲ RS-232/422/485

پورت های سریال RS-232 مانند دستگاههای پخش اتومبیل هستند. RS-232 برای برقراری ارتباط اطلاعاتی بین دو دستگاه بکار می رود. RS-422 و 485 در یک مسیر ارتباطی امکان چند شبکه ای را فراهم می سازد. توجه کنید که RS-232 یک پروتکل نیست بلکه یک استاندارد لایه فیزیکی شامل تعداد پین ها، مشخصه های کابل و سطوح سیگنالی است.

برای برقراری ارتباط بین دو دستگاه هر دو وسیله باید پروتکل و اتصالات فیزیکی یکسانی را به اشتراک بگذارند. هزار نوع پروتکل است که بیشتر آنها اختصاصی بوده و تعداد کمی از آنها پروتکل‌های باز عمومی هستند.

## Modbus RTU/ASCII ۷-۱-۲

Modbus شاید محبوب ترین پروتکل سریال در صنعت اتوماسیون و کنترل فرایند باشد. امروزه همه چیز را از بهم پیوستن سریالی دستگاههای خودکار تا شبکه کردن گسترده تعداد زیادی دستگاه فراهم می سازد. Modbusها معمولاً با Gateway (دروازه ها، وسیله ای که دو شبکه غیرمشابه را بهم وصل می کند) بکار می روند و بخوبی در TCP/IP کار می کنند. و حدود ۲۵ سال است که توسعه یافته.

ModBus می تواند بیشتر از ۲۵۰ دستگاه را بر روی یک کانال ارتباطی متصل نماید همچنین امکان استفاده از Gateway های زیادی جهت ارتباط Field Bus با شبکه های دیگر را نیز دارد. بنابراین اگر محصول شما پورت سریال آن دارای پروتکل ModBus است می توانید آنرا به هر شبکه ای با استفاده از مبدل جعبه سیاه (Black Box Converter) متصل نمایید. هرچند که سرعت انتقال در مسیر سریال پائین است و همچنین این پروتکل قابلیت های<sup>۱۵</sup> Peer to peer را نیز ندارد (وابسته به یک دستگاه کنترل کننده مرکزی است)، اما در صنعت زیاد استفاده می شود.

## ۲-۱-۸ شبکه کنترل کننده محلی (CAN)

در اوایل دهه ۱۹۸۰ شرکت Bosch شبکه کنترل کننده خود را توسعه داد. بطوریکه اجزا کنترلی مثلاً "یک ماشین (چراغهای خطر، کیسه هوا، چراغها، شیشه برقی و قفلهای درب) همگی به یک کانال ارتباطی مشترک متصل می شوند. کارخانه های اتوماتیک دریافته بودند که در حالت عادی و بدون شبکه اگر سیم کشی یک قسمت دچار مشکل شود دورانداختن ماشین شاید ارزانترین راه حل باشد تا رفع عیب آن.

توسط شبکه شما می توانید با استفاده از یک نرم افزار به صورت مجازی یک تابلو (پانل) کنترلی را سریعتر از حالت فیزیکی سیم کشی نمایید. البته هزینه سخت افزار شبکه بیشتر از هزینه های جاری است. در نتیجه کارخانجات نیز باید هزینه زیادی بابت تجهیزات سخت افزار پرداخت نمایند. مطمئناً نقش ارتباطات در یک ماشین می تواند بیانگر تفاوت بین مرگ و زندگی باشد. CAN یک شبکه پایدار در برابر شرایط سخت کاری است و امکان بروز خطا در آن بسیار پائین است.

این استاندارد یک BUS حداقل سه سیمه شامل یک زمین (Ground) و دو سیم سیگنال متضاد است. سیگنالها شامل یک رشته پالس متمرکز در حدود ۲/۵ تا حداکثر ۳/۵ ولت و حداقل ۱/۸ ولت.

ایجاد مصونیت نویزی مسئله مهمی در یک ماشین است. CAN یک پروتکل پیغامی سطح پائین است که می تواند روی یک Chip ارزان (کمتر از ۱\$) اجرا شود. البته برای داشتن یک پروتکل شبکه ای عملیاتی یک لایه نرم افزار هم باید اضافه شود.

<sup>۱۵</sup> peer to peer - در این نوع شبکه ها هر وسیله می تواند مستقلاً بعنوان سرویس دهنده یا کنترل کننده استفاده شود و این شبکه متکی به کنترل

کننده خاصی نیست. مانند: شبکه Ethernet و Profibus

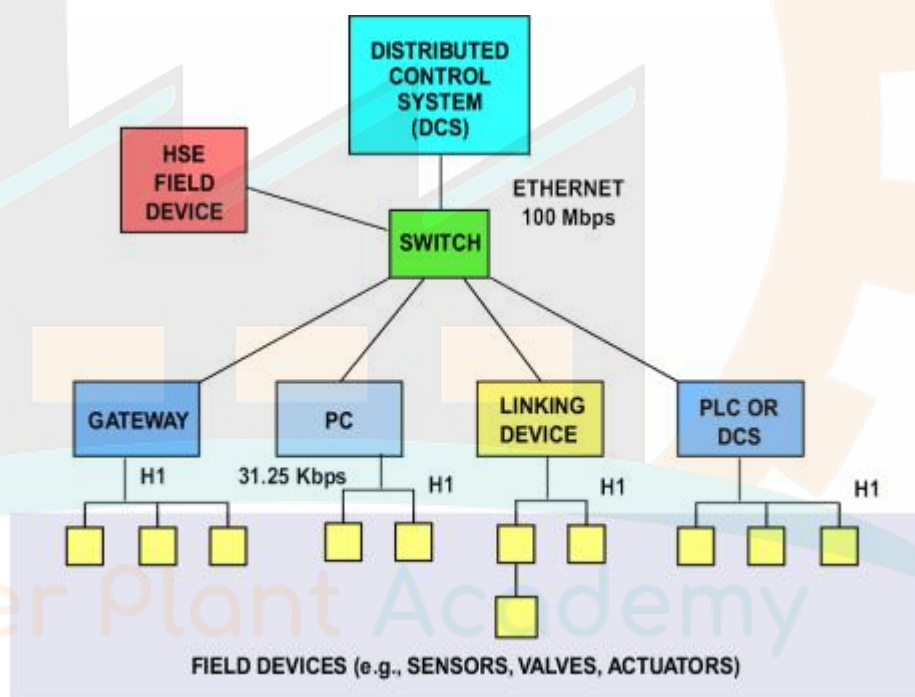
## ۹-۱-۲ Profibus

**Profibus** عموماً در کنترل فرایند و سیستم های بزرگ، دستگاههای خودکار و زیر شبکه ها در صنعت اروپا و آمریکا و قسمتی از آسیا و آفریقا بکار می رود. **Profibus** در بسیاری موارد استانداردهای شبکه ای بین المللی را پذیرفته و می تواند مقدار زیادی اطلاعات را در سرعت بالا جابجا کند. نسخه های **DP** و **FMS** و **PA** آن در بسیاری از کاربردهای اتوماسیون بکار می رود. متأسفانه همانند **Ethernet** سرایند زیادی (**Overhead** داده های کنترلی که به اول پیغام ارسالی اضافه می شوند) برای مقدار کمی از اطلاعات دارد. و هزینه های آن از سایر **Bus** های موجود بیشتر است.

## ۱۰-۱-۲ Field bus

این شبکه خود را بسرعت به استانداردهای جدید جهت شبکه ای کردن صنعت فرایند مجهز کرد. بعد از اینکه رسماً در سال ۱۹۹۷ معرفی شد بسیاری از فروشندگان سیستم های کنترلی این پروتکل را بکار برده و توسعه دادند. اکثر دستگاهها نیز با ویژگیهای سازگارند. **Field bus** یک پروتکل پیشرفته قابل انعطاف است. نگهداشت آن بدلیل ایمن بودن آسان است. در شکل زیر در یک **Field bus** دو لایه شبکه ای: لایه سطح دستگاه (شامل محرکها و سنسورها، **H**) و لایه **Ethernet** سرعت بالا، با هم در ارتباطند. (رجوع شود به شکل ۴)

شکل ۴ - **Fieldbus** با فناوری بزرگ در صنعت کنترل فرایند. در این مثال شامل دو لایه شبکه ای برپایه یک پروتکل مشابه است. **H1**: که برای کاربرد در سطح دستگاههای عمل کننده مانند سنسورها، فشار و محرکها و زیر شبکه **Ethernet** سرعت بالا (100mbs).

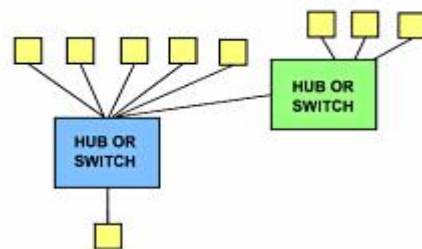


این استاندارد معمولاً در کنترل‌های توزیعی، کنترل فرایند عملیات دسته بندی و پردازشی گاز و نفت بکار می رود. (شکل ۵ را ببینید)

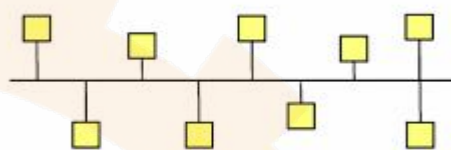
شکل ۵- قسمت A: Ethernet 10baseT و 100baseT توپولوژی Star نیاز دارد (یعنی یک ایستگاه به هر سیم متصل شود) و دستگاه‌های جداگانه توسط یک HUB یا Switch از هم جدا می شوند. شبکه های سرعت پائین مانند Field bus (H) می توانند تقریباً با هر ساختاری سیم کشی شوند. حتی بصورت Star و بدون نیاز به HUB یا دستگاه‌های ایزوله کننده زیرا سرعت و بازتاب سیگنال پائین در آن مشکلی ندارد.

قسمت B: توپولوژی TrunkLine/DropLine بیانگر یک کانال ارتباطی اصلی با انشعابات گرفته شده جهت دستگاه‌های مجزا است.  
قسمت C: یک شبکه Daisy-chain که کانال اصلی انشعاب ندارد و هر دستگاه به دستگاه بعد از خود متصل است.

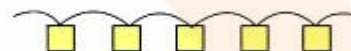
(A) STARTOPOLOGY



(B) TRUNK/DROP TOPOLOGY



(C) DAISY CHAIN



## ۲-۱-۱۱ آیا فن آوری شبکه جدید است؟

Ethernet و Internet در دهه ۱۹۷۰ و CAN در نزدیک دهه ۱۹۸۰ توسعه یافتند. این شبکه ها امروزه بیشتر از قبل عمومی و محبوب هستند. اغلب فن آوری های دیگر که در این جا ذکر شد حدود ۱۰ سال یا بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند اما به این معنی نیست که دیگر منسوخ شده اند. این شبکه ها رشد یکنواختی داشته اند که نتیجه آن دو نیروی قدرتمند است: سقوط قیمت تکنولوژی درونی و تجهیزات و رشد مهارت و اتصال پردازشهای کامپیوتری توسط اینترنت.

## شبکه های صنعتی

### – قسمت دوم ( شبکه کردن و پیچ و خم های عملیات نرم افزاری و سخت افزاری)

جهان کامپیوتر توسط شبکه ها و اینترنت به بالاترین درجه خود رسیده است. امروزه یک نیروی جدید شبکه های سنسوری را معرفی می کند. اما برای دادن حرکت به سنسورها بصورت متصل و موفقیت آمیز شما با استانداردهای فراوانی مواجه هستید. در قسمت اول از این فصل شبکه های صنعتی عمومی شرح داده شد و اشاره ای نیز به پروتکل های کمتر رایج ولی مهم داشت و نشان داد که سنسورهای شبکه ای بدلیل تحویل اطلاعات با ارزش مفید تر از سنسورهای معمولی هستند.

موقعی که شما ایده شبکه کردن سنسورها را می دهید مرحله بعدی یافتن روشی برای شبکه کردن طرح با بالاترین میزان کارایی می باشد. برای شروع باید در مورد برخی سوالات درباره طراحی و احتیاجات سخت افزاری پایه پاسخی داشته باشیم. چه ساختار اطلاعاتی بکار می رود و چه کسی آنرا تعریف می کند؟

آیا ASIC ها لازمند؟

چه عملیات سخت افزاری لازم است و کدام توسط نرم افزار مدیریت می شود؟

چه ابزار پیشرفته نرم افزاری مورد نیاز است؟  
مشخصه و ملزومات پشتیبانی کدامند؟



### ۲-۲-۲ لایه های اطلاعاتی

هر چیزی که شبکه ای می شود یا هر نوع اطلاعات دیجیتالی که ارسال می شود برای موضوعیت گرفتن در لایه هائی بیان می شوند. شما می توانید یک فایل را با استفاده از برنامه Word ایجاد نمایید که ترکیبی از متن، جدول یا تصاویر باشد و ممکن است آنرا فشرده کرده (zip) و سپس با نرم افزار کد گذاری مناسب (PGP) رمز نگاری کنید بعد آنرا به پیغام Email خود اضافه کرده و با مودم توسط پروتکل TCP/IP ارسال نمایید. پیغام در Mail Server من ذخیره می شود و وقتی پیغام را دریافت می کنم به ترتیب ۶ لایه زیر را طی می کنم: TCP/IP, Modem, PGP, ZIP, باز کردن فایل و مشاهده محتویات آن.

TCP/IP فقط یک لایه نیست بلکه خود ترکیبی از ۵ لایه است. لایه کردن اطلاعات، فرایند را در تکه های قابل مدیریت خرد می کند و یک مکانیزم پیچیده را ساده می سازد.

امروزه شما نمی توانید راجع به شبکه کردن و لایه های اطلاعاتی بدون اشاره به مدل ISO/OSI<sup>۱۷</sup> صحبت کنید.

<sup>۱۶</sup> ASIC – (Application Specific Integrated Circute) چیپ یا قطعه ای که برای کاربرد خاصی طراحی شده

<sup>۱۷</sup> مدل ISO/OSI – یک معماری لایه ای استاندارد که نوع عملیات تبادل اطلاعات در شبکه های ارتباطی را مشخص می کند

این مدل سالهای زیادی است که بعنوان روشی برای فهماندن لایه های اطلاعاتی در شبکه استفاده می شود ( رجوع شود به جدول ۱).

جدول ۱		
مدل شبکه ای ISO/OSI		
Layer 7	Application	تعیین محتوی اطلاعات
Layer 6	Presentation	قالب بندی اطلاعات و رمزگذاری
Layer 5	Session	ایجاد ، حفظ و هماهنگی ارتباط
Layer 4	Transport	چک کردن Errorها و تحویل سالم
Layer 3	Network	مشخص کردن مسیرانتقال اطلاعات در شبکه
Layer 2	Data link	آدرس دهی و مخابره اطلاعات
Layer 1	Physical	مشخص کردن سطوح ولتاژ و اتصالات فیزیکی
Layer 0	Transmission	تعیین وسیله فیزیکی انتقال اطلاعات

اغلب شبکه ها واقعا" از همه این لایه ها استفاده نمی کنند. برای مثال Ethernet و RS-232 فقط لایه های فیزیکی هستند. بنابراین RS-232 فقط لایه ۱ را بکار می برد و Ethernet لایه های ۱ و ۲. TCP/IP یک پروتکل است نه یک شبکه و از لایه های ۳ و ۴ استفاده می کند صرفنظر از اینکه لایه های ۱ و ۲ یک خط تلفن ، اتصال بی سیم یا کابل اتر نت 10baseT هستند.

## وظایف هر لایه

### لایه ۷ – لایه کاربرد Application

این لایه محتوی اطلاعات را مشخص می کند و انتقال آنها بین برنامه های کاربردی. اگر شما بوسیله Email یک فایل PDF را ارسال کنید برنامه ای که برای باز کردن آن استفاده می شود AdobeAcrobat است . بیشتر لایه های پروتکل پیچیده هستند ولی لایه Application آخرین مرحله در ساخت اطلاعات مفید است. در طراحی یک سنسور این جز نرم افزاری است که داده های پردازشی را بین سنسورها و پردازنده مبادله می کند. نرم افزار محتوی پارامترهای دیجیتال و آنالوگ را تنظیم می کند.

### لایه ۶ – لایه نمایش Presentation

این لایه جهت قالب بندی داده های اطلاعاتی (تبدیل آنها به فریم اطلاعاتی) برای ارسال و در گیرنده تبدیل آن به داده اطلاعاتی بکار می رود. مثلا" ممکن است یک مجموعه کاراکتر را به کدهای ASCII تبدیل کند. همچنین عمل رمزگذاری بر روی داده ها نیز ممکن است در این لایه انجام شود. لایه ۶ معمولا" توسط نرم افزار مدیریت می شود و اغلب در شبکه های صنعتی کاربرد ندارد.

### لایه ۵ – لایه جلسه Session

این لایه وظیفه ایجاد و حفظ ارتباط را دارد . مدیریت ورود به سیستم در این لایه انجام می شود. این لایه نیز توسط نرم افزار مدیریت می شود و در شبکه های صنعتی کاربرد ندارد.

### لایه ۴ – لایه حمل و نقل Transport

این لایه کنترل سالم رسیدن اطلاعات را توسط برقراری پروتکل پیغام بر عهده دارد و عمل عیب یابی را انجام می دهد. این لایه توسط نرم افزار مدیریت می شود.

### لایه ۳ – لایه شبکه Network

این لایه وظیفه مسیر یابی اطلاعات از ایستگاهی به ایستگاه دیگر را در شبکه بوسیله باز نگه داشتن مسیر انتقال اختصاصی بعهده دارد همچنین ممکن است در صورت لزوم پیغامهای بزرگ را به بسته های کوچکتر بشکند و در گیرنده آنها را مجدداً پیوند دهد. این لایه توسط نرم افزار مدیریت می شود.

### لایه ۲ – لایه اتصال داده Data Link

این لایه انتقال فیزیکی داده ها بین ایستگاهها را مدیریت می کند. همانطور که می دانید یک بسته اطلاعاتی ( فریم اطلاعاتی) دارای فیلدهای <sup>۱۸</sup>Checksum, آدرس مبدا و مقصد است که با استفاده از این اطلاعات یک اتصال فیزیکی بین ماشین مبدا و مقصد برقرار می کند. این لایه اغلب توسط ASIC ها بصورت سخت افزاری مدیریت می شود.

### لایه ۱ – لایه فیزیکی physical

این لایه ولتاژ سیگنالها و همچنین اتصالات فیزیکی را برای ارسال تحت وسیله انتقال مانند: HUB ها یا Repeater (تکرارکننده) تعریف می کند.

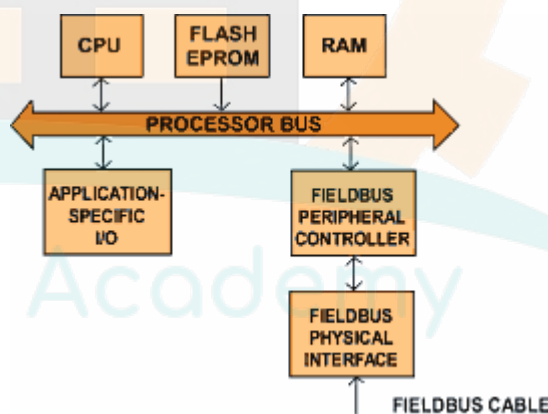
### لایه انتقال Transmission

به وسیله فیزیکی انتقال که معمولاً "سیم، فیبر نوری، یا فن آوری بی سیم است، اشاره می کند. اطلاعاتی که می خواهد ارسال شود از لایه کاربرد شروع شده و تا لایه فیزیکی حرکت می کند تا بر روی کانال ارتباط فیزیکی ارسال شود و در سمت گیرنده تا لایه کاربرد بالا می رود تا کاربر آنرا دریافت کند. اغلب پروتکلها به مدل ISO/OSI وابسته اند، اما اکثراً از مشخصه دقیقی تبعیت نمی کنند، در عوض در صورت نیاز لایه های مختلف را با هم ترکیب می کنند.

## ۲-۲-۳ استفاده از یک پردازنده به تنهایی یا همراه با یک کمک پردازنده دیگر؟

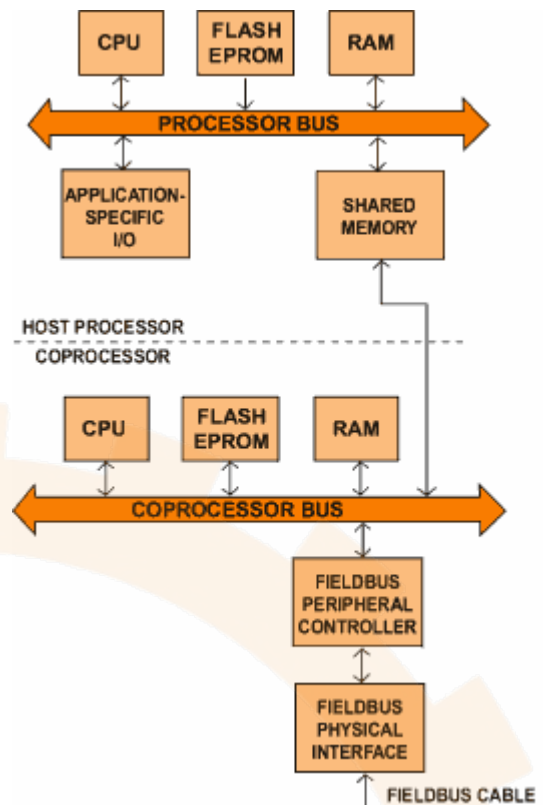
یکی از سوالاتی که از ابتدا پرسیده می شود اینست که آیا می خواهید برای مدیریت ارتباطات شبکه از میکروپروسسوری که در حال حاضر دارید استفاده نمایید یا اینکه یک پردازنده ثانوی نیز اضافه نمایید؟ (رجوع شود به شکل ۱ و ۲)

(۱) شکل ۱- این دیاگرام فرایندی را که از یک پردازنده استفاده کرده نشان می دهد. در این مثال پردازنده همه کارها را مدیریت کرده و یک درصد از پهنای باند را به ارتباطات اختصاص می دهد. این روش اضافه کردن ارتباطات به طرح ارزان تر است ولی در اجرا ممکن است اشکالاتی داشته باشد.



<sup>۱۸</sup>Checksum – برنامه با استفاده از این فیلد کنترلی صحت اطلاعات را بررسی می کند

شکل ۲- (ارتباطات بر پایه کمک پردازنده). عملاً میکرو پردازنده های جداگانه ای برای فرایند تولید طراحی می کند. هرچند که این گونه طراحیها گران هستند ولی انعطاف پذیر و قوی هستند.



جدول ۲

مقایسه وضعیت تک پردازنده با دوبل پردازنده		
	محاسن	معایب
Single Processor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قیمت کمتر</li> <li>• کاهش تعداد قسمتها</li> <li>• یک برنامه کاربردی برای ذخیره سازی</li> <li>• یک فایل باینری</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• باید ترافیک شبکه را به موقع و تحت هر شرایطی مدیریت کند</li> <li>• یک پردازنده نمی تواند همه بار را تحمل کند</li> <li>• عملیات تولید و شبکه ای همزمان و در یک محیط انجام می شود</li> </ul>
Coprocessor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• فضای فیزیکی کمتری احتیاج دارد</li> <li>• کاهش بار ترافیک پردازنده اصلی</li> <li>• نرم افزار و سخت افزار پیمانه ای</li> <li>• پشتیبانی آسان از شبکه های چندگانه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قیمت بالا</li> <li>• تعداد قسمتها دوبل می شود</li> <li>• فضای فیزیکی دوبل می شود</li> <li>• حافظه بیشتری احتیاج دارد</li> </ul>

چگونه سخت افزار شبکه با فرایند تولید ارتباط دارد؟ ASIC های شبکه بوسیله حافظه اشتراکی ( Share Memory) یا یک پورت سریال با کمک پردازنده ارتباط دارد که این روش امکان پذیر است. حافظه های پورتهی دوبل معمولاً بصورت پورت های سریال، I2C و رابطهای سریال بکار می روند.

### ۲-۲-۴ برای چی ASIC ها در طرحهای ارتباطی ضروری هستند؟

قیمت ASIC ها در همه جا بین ۱ تا ۵۰ دلار بیشتر نیست. هر عمل نرم افزاری می تواند توسط سخت افزار اختصاصی انجام شود و برعکس اما یک افت اقتصادی و کارایی وجود دارد. یک میکرو پردازنده در یک لحظه پردازش سیگنالهای ورودی و محاسبه checksum و Parity ها را انجام می دهد که مدیریت هر یک از این کارها

می تواند وقت گیر باشد. نهایتاً استفاده از یک ASIC یا یک کنترل کننده بطور منطقی برای پردازش یک بایت یا بیشتر می تواند فقط اطلاعات مفید و بارزش را بسوی میکرو پردازنده ارسال کند.

یک طرح سخت افزاری با ورودی ها و عملیات منطقی درونی از پیش تعریف شده عملکرد سریعی دارد ولی ممکن است باعث افزایش هزینه گردد. بعنوان مثال Profibus می تواند در هر روشی اجرا شود: با سرعتهای از ۹۶۰۰ bps تا ۱۲ Mbs توسط پورت های RS-485 لایه فیزیکی . توسط نرم افزار خاص در سرعتهای پایین با استفاده از هر پورت سریالی دست یافتنی است و پردازنده می تواند به هر عملی پاسخ دهد.

اما هرچه سرعت بالا می رود تقاضا برای پردازنده ها بیشتر می شود. شما ممکن است قادر به انجام یک طرح Profibus در سرعت ۵۰۰ kbps بدون استفاده از ASIC باشید. ولی استفاده از چیپ های ASPC2 (اصلی) یا SPC3 (فرعی) با صرف ۲۰ تا ۳۰ دلار در هر قسمت جهت دست یافتن به سرعتهای بالا مقرون به صرفه است.

- جزئیات جدول ۳ برخی کاربردهای CHIP های ارتباطی را برای شبکه های مختلف نشان می دهد.

جدول ۳	
اجزا سخت افزاری شبکه	
Network	Common ASIC(s)
Modbus RTU/ASCII	None
CAN-based networks (e.g., DeviceNet, CANOpen, J1939)	SJA1000, 82C251, and others
Profibus DP & PA	Multiple ASICs, from Siemens and Profichip
Ethernet, Web server, Industrial Ethernet, Foundation Fieldbus, HSE	AM79C960 is most popular; many others
LonWorks	Toshiba Neuron Chip
HART	Cybermetic P51
Interbus	Phoenix Contact IPMS (master), SmPI II (slave)
Foundation Fieldbus H1	SMAR FB3050
Arcnet	Multiple chips from Standard Micro Systems Corp.
Sercos	ST Microelectronics SERCON410B
ControlNet	Rockwell CNA 10 ControlNet ASIC

## ۲-۲-۵ جداسازی سطح ولتاژ

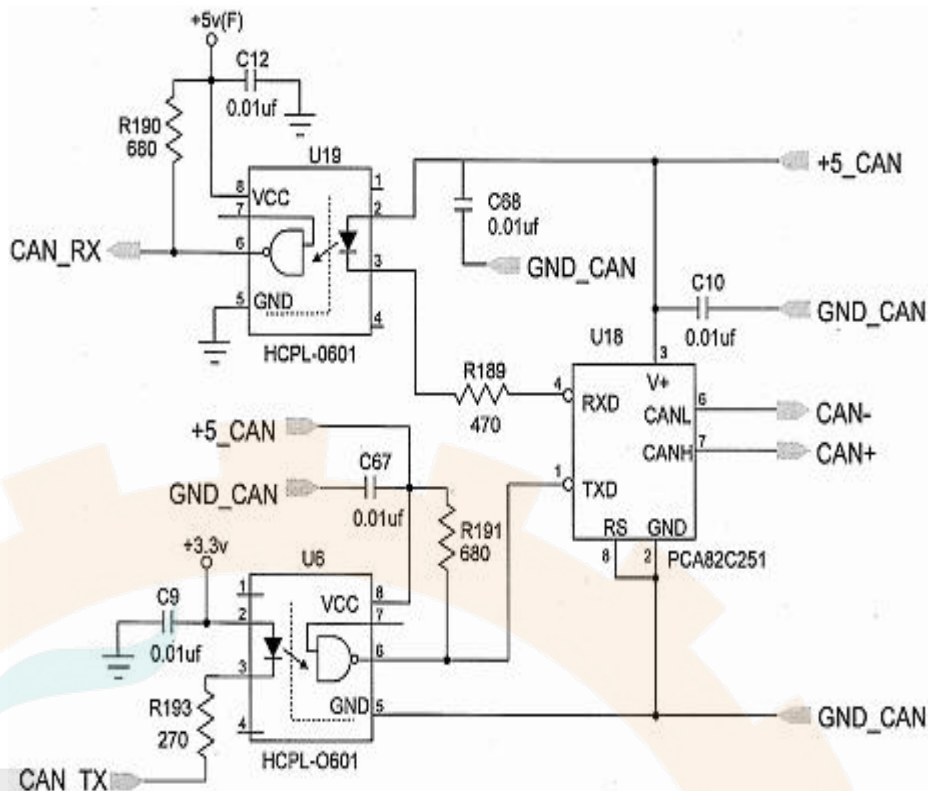
شما مطمئناً احتیاجی به یک ژنراتور پیشرفته جهت خسارت زدن به دستگاههای الکترونیکی ندارید زیرا هر Chip ارتباطی مخصوصاً در یک محیط صنعتی نسبت به نوسانات سطح ولتاژ آسیب پذیر است.

اتصال دهنده ها توسط منابع ولتاژ مختلف که زمین (Ground) هم نشده باشد، الکتریسیته ساکن، نویز ناشی از موتورها و راه اندازها و امواج رادیویی آسیب پذیرند. یک مدار القایی که ناخودآگاه از جریان قطع می شود یا یک تخلیه الکتریسیته ساکن می تواند هزار ولت در یک میلی ثانیه شک ایجاد نماید. این نوسانات می تواند اتصالات ترانزیستوری را فوراً از بین ببرد.

اجزا فعال در شبکه باید از اختلالات الکتریکی جدا شوند هر ایستگاهی در شبکه به ولتاژ ایزوله نیاز دارد که معمولاً از ایزولاتورها و ترانسفرماتورها استفاده می کنند. هدف اجتناب از جریانات تولید شده توسط اختلاف پتانسیل است. میزان ولتاژ بالا مستلزم اجزا بزرگتر با فاصله های بیشتر بین عناصر است.

مدار نشان داده شده در شکل ۳ جهت بافر کردن (ضرب گیر) یک کنترل کننده CAN بکار می رود.

شکل ۳- یک مدار سطحی ضرب گیر CAN است. شامل از چپ به راست: اتصالات گیرنده و فرستنده به کابل شبکه، ایزوله کننده های نوری که مدارات را از پیکهای ولتاژ حفظ می کنند، یک تقویت کننده سطح جریان و در آخر اتصالات به کنترل کننده CAN. مشخصه ویژه ای جهت انتخاب CAN برای این مدار نیست بلکه شبکه های دیگر نیز مشابه این مدارات ضربگیر را دارند. تنها در Ethernet قطعات زیر جایگزین دارند: تقویت کننده با یک PHY جایگزین می شود که بافرینگ داده ای را نیز علاوه بر بافرینگ الکتریکی انجام می دهد و ایزوله کننده نوری با ترانسفرمر که هر دو عمل مشابهی انجام می دهند.



## ۲-۲-۶ معانی Slave, Master

در یک سیستم کنترلی یک Server یا Master ورودی ها را می خواند و روی خروجی می نویسد، از دستگاهها ی دیگر اطلاعات را درخواست می کند. از طرف دیگر یک Slave یا Client اطلاعات را برای سیستم فراهم می کند و معمولاً وقتی با او صحبت می شود پاسخ می دهد.

قابلیت Peer to Peer (هر Client خود می تواند در نقش Server ظاهر شود و نیازی به کنترل کننده مرکزی ندارد) در بسیاری از شبکه ها امکان پذیر است ولی خیلی اوقات استفاده نمی شود.

هنگام اتصال سنسورها به شبکه آنها Slave محسوب می شوند نه Master، اما اگر سنسور شما برنامه ریزی شود بطوریکه در یک سیستم بزرگ نقش مرکزی ایفا کند قابلیت Master پیدا می کند و در هزینه کنترل کننده های اضافی صرفه جوئی می شود. (حالت Peer to peer)

یک مثال ساده از این روش سوئیچ قابل برنامه ریزی است (PLS) (Programmable Limit Switch) که خروجیهای آن نقاط از قبل تعریف شده را خاموش و روشن می کند. یک PLS اغلب در سیستم اتوماسیونی که توسط یک PLC (کنترل کننده منطقی قابل برنامه ریزی) کنترل می شود بکار می رود. اما در ماشینهای بسته بندی ساده PLS خودش ورودی ماشین را کنترل می کند. PLS می تواند یک ماشین ساده را در صورت نداشتن اتصال شبکه ای کنترل کند، اما اگر قابلیت Master داشته باشد می تواند یک ماشین پیچیده و بزرگ را کنترل کند.

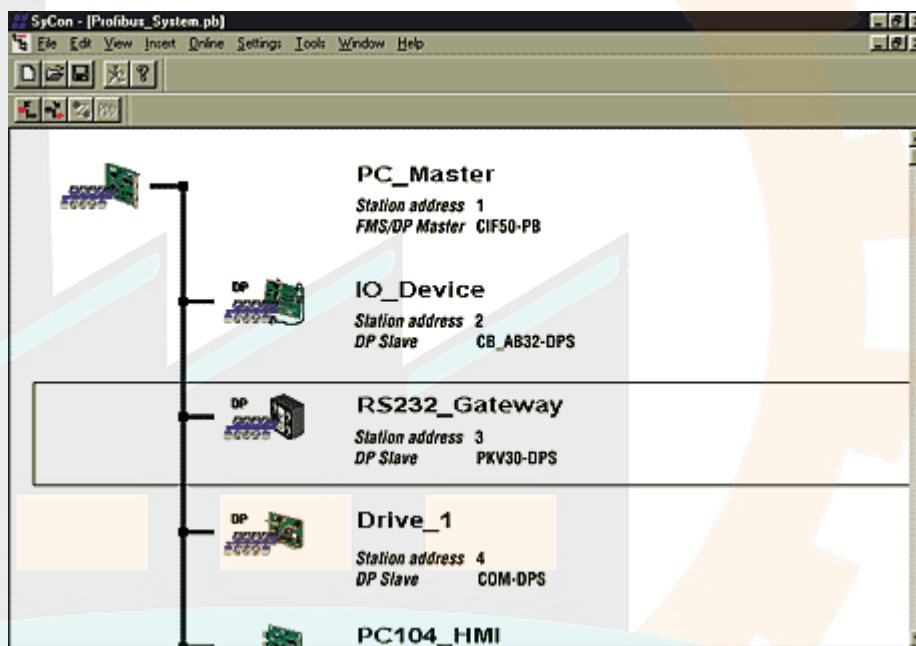
آیا سنسور شما می تواند نه فقط یک پردازش بلکه یک سیستم را کنترل کند؟ اگر اینطور است دلیل خوبی برای Master بودن سنسور خود دارید.

یک دستگاه Slave با استفاده از یکسری پارامترهای ساختاری اطلاعات قابل دسترس برای Master ایجاد می نماید . اما معمولاً "Master پارامترهای زیر را تنظیم می کند. ( رجوع شود به جدول ۴)

جدول ۴: پارامترهای Master , slave برای يك شبکه Profibus	
Master Parameters	Slave Parameters
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Host (PC application software) control vs. device (Profibus card) control of data exchange</li> <li>•Watchdog timer</li> <li>•Big Endian/Little Endian byte configuration</li> <li>•Process data handshaking and consistency</li> <li>•Master node number</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Number of bytes in/bytes out</li> <li>•Assigned master node number</li> <li>•Alarm message management</li> <li>•Autoclear function</li> <li>•Hex address for accessing data in shared memory</li> <li>•Tag names</li> <li>•Slaves node number</li> </ul>

یک Master باید پایگاه اطلاعاتی از پارامترهای ساختاری داشته باشد و همه ترافیک شبکه را مدیریت کند. این نشان می دهد که یک Master ده برابر پیچیده تر از Slave است. بایستی کلیه کارهای ارتباطی پایه را پشتیبانی کند همچنین باید یک نرم افزار پیکربندی داشته باشد. این نرم افزار داده های شبکه را ترسیم می کند . ( رجوع شود به نمایش ۱ )

نمایش ۱- چیزی که می بینید یک شبکه Profibus است . Master در بالای صفحه سمت چپ است و دستگاههای Slave در پایین آن قرار دارند . در این مثال نرم افزار پیکربندی (Hilscher's Sycon) پارامترهای تعدادی از ایستگاهها را مانند : میزان سرعت انتقال , اندازه بسته ها , زمان خروجیها و انواع پیغام را تنظیم می کند.



### ۲-۲-۷ ابزارهای پیکربندی چه کاری انجام می دهند؟

ابزارهای پیکربندی ارتباطات بین Master و دستگاهها , ایستگاهها , اندازه پیغام , زمانبندی پیغام و پارامترها را برقرار می کند. این پارامترها در بانک اطلاعاتی ذخیره می شود که در صورت نیاز می توان آنها را بعداً "تغییر داد و معمولاً" عملیات تشخیصی انجام می دهد و می تواند اطلاعات شبکه را دستی ویرایش کند. Sycon یک بسته نرم افزاری است که شبکه های: CANopen, Control Net, Device Net و Profibus را پیکربندی می کند.

## یک زمانبندی توسعه معمولی چیست ؟

توسعه شبکه (از شبکه ای به شبکه دیگر) در Modbus تا حدی آسان است و با یک پورت سریال در طی روزها یا هفته ای انجام می شود. اما اگر بر روی یک Device net یا Profibus و Fieldbus کار می کنید می توانید یک ماه صرف توسعه طرح سخت افزاری Slave و دو ماه صرف توسعه Master کنید و سه ماه تست و اشکال زدایی نمایید. یک ماه صرف کسب تاییدیه و سه ماه صرف مستندات و بازاریابی و فروش امکانات جدید نمایید. ۱۰ ماه برای هر شبکه صرف می شود. (رجوع شود به جدول ۵)

جدول ۵				
زمانبندی توسعه دستگاههای Slave				
Hardware design	Firmware development	Test and debug	Certification	Documentation and sales issues
1 month	2 months	3 months	1 month	3 months

توسعه در Ethernet و قابلیت‌های Master آن خیلی پیچیده تر و وقت گیر تر است. (رجوع شود به جدول ۶)

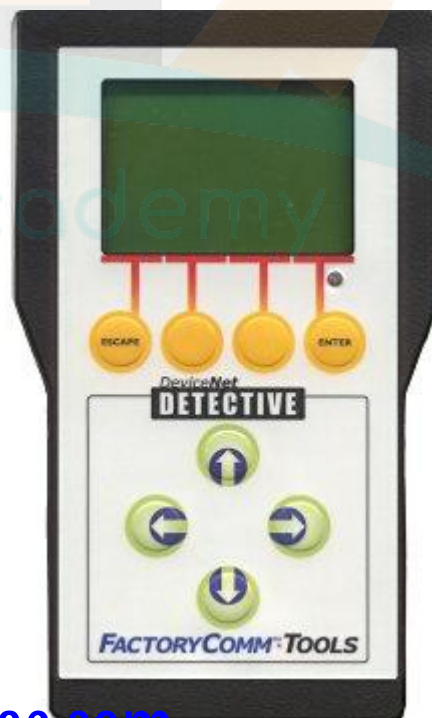
جدول ۶					
زمانبندی توسعه دستگاههای Master					
Hardware design	Firmware development	Configuration software	Test and debug	Certification	Documentation and sales issues
1 month	9 months	6 months	6 months	2 months	4 months

## ۲-۸ چه توان عملیاتی شما انتظار دارید؟

توان عملیاتی (قابلیت ارتباط) یکی از چیزهایی است که طرح شما نیاز دارد. هر کسی که شبکه نصب می کند اختلاف بین اینک ابزارها چگونه باید کار کنند و اینکه ابزار چگونه کار انجام می دهد را می داند. اما اغلب دستگاهها نمی توانند باهم ارتباط برقرار کنند. در اینجا یکسری مشکلات در ارتباط با شبکه ها وجود دارد. برای مثال این حقیقت که ویژگیهایی هستند که فقط توسط برخی دستگاههای شبکه ای پشتیبانی می شوند و نه همه آنها و ممکن است شما را مجبور به استفاده از یک تقسیم کننده ویژگیهای استاندارد کند که مناسب کاربرد شما باشد. یک مثال می تواند یک پویشر شبکه ای (Scanner) باشد که فقط ورودی/خروجی را مقایسه کند اما نمی تواند تغییری در وضعیت آنها بدهد. همچنین ممکن است شما طرحهای قدیمی یافت کنید که با خصوصیات فعلی مطابقت ندارند. ویژگیها و قابلیت‌های مستند نشده در یک شبکه باز می تواند شما را مجبور به استفاده از یک کنترل کننده مخصوص یا نرم افزار ویژه ای برای کنترل کامل بر شبکه کند.

در کل مشکلاتی در این زمینه می تواند همه شبکه را غیرفعال کند، همچنین تشخیص فیزیکی محل عیب در شبکه مشکل می شود. در این راستا ابزارهای پیکربندی مناسب بهترین راه حل برای سازماندهی این مشکلات هستند. (رجوع شود به تصویر ۱)

تصویر ۱- (کارگاه شبکه DeviceNet). یک ابزار پیکربندی اختصاصی است که یک شبکه را با سرعت عیب یابی می نماید. در شبکه CAN مشابه آن ابزار Peak است و در Profibus ابزار دستی COM soft. محصولات زیادی از جمله Fluk برای Ethernet در دسترس هستند.



## ۲-۲-۹ تاییدیه Certification

برای احتیاط مشتری های زیادی درخواست می کنند که دستگاههای شبکه ای توسط آزمایشگاه های مستقل تایید گردد. تاییدیه عملاً "گارانتی محصول نیست، بلکه یکسری اعمال آزمایشگاهی است که ویژگیهای ارتباطی دستگاهها را کاملاً تست می کند. همه سازمانهای بزرگ تجاری آزمایشگاههای Testing دارند. مانند مرکز Profibus در شهر Johnson و آزمایشگاه DeviceNet در Ann Arbor. هزینه های تست حدود ۵۰۰۰ دلار به ازای هر محصول به علاوه هزینه سفر است.

زمان و هزینه تاییدیه ممکن است ما را مجبور به کمک گرفتن از یک متخصص شبکه نماید. یک متخصص نه تنها در وقت گرانبهای شما صرفه جویی می کند بلکه تعداد دفعات مراجعه به آزمایشگاه را نیز کاهش می دهد.

## ۲-۲-۱۰ موانع توسعه محصول

اغلب پروتکلها پیشرفته بوده و می توانند در بسیاری از درجه های پیچیدگی اجرا شوند. مثلاً یک دستگاه Master می تواند ۲ یا ۳ سال برای برنامه ریزی وقت صرف کند. بنابراین بدقت هدف از اجرای پروژه را مشخص کنید.

## ناپیز شمردن پیچیدگی

من یکبار مشتری داشتم که از من یک راه انداز دستگاه Master شبکه DeviceNet برای ویندوز CE خواست. من برای او توضیح دادم که من کارتهای PC Master دارم و یک راه انداز CE برای کارت. اما او اصرار داشت که فقط باید بتواند یک CAN Chip به مادر بردش اضافه کند و یک راه انداز آماده برای قسمت DeviceNet بخرد. من ۳۰ دقیقه صرف توضیح به وی کردم که یک DeviceNet Master خیلی پیچیده تر از یک راه انداز ساده است.

## از دست دادن مشتری های بزرگ

یک پروژه کلان به شما ارجاع می شود که فقط دستگاههای شبکه ای احتیاج دارد. متأسفانه محصولات شما شبکه ای نیستند بنابراین شما آنرا به یکی از بهترین مهندسیستان جهت طرح پروژه شبکه ای ارجاع می دهید و به مشتری می گوئید که تا قبل از ضرب العجل آنرا انجام خواهید داد.

## در ماندگی در رسیدن به شبکه های چندگانه

اگر شما بدانید که سرانجام مجبور به پشتیبانی بیشتری از یک شبکه خواهید شد از آغاز این را در ذهن نگه می دارید. پشتیبانی شبکه چندگانه بهترین روش انجام شده در ساخت طرحهای پیمانانه ای است.

## ناتوانی در آموزش مشتری

مطمئن شوید مشتری شما آموزشهای لازم را دیده باشد. مثلاً کارکنان باید بدانند که چگونه از محصول شما استفاده نمایند.

## شبکه های صنعتی

### – قسمت سوم

در قسمت اول این فصل مروری بر پروتکل های شبکه عمومی و اینکه برای چه بکار می رفتند و چگونه با شبکه ای کردن ارزش محصول بالا می رفت، داشتیم. در قسمت دوم ملزومات سخت افزاری و نرم افزاری هر یک از این شبکه ها و ملاحظات طراحی شرح داده شد.

### ۲-۳-۲ اصول شبکه ای کردن

در توسعه یک شبکه، فرصتهای از دست رفته اجتناب ناپذیرند مگر اینکه شما روشی برای پشتیبانی بیشتر از یک شبکه، بدون طی چرخه های توسعه طولانی برای طرح خود داشته باشید. محصولات اطلاعاتی اندکی هستند که تنها با یک نوع شبکه عمل می کنند و ۹۰٪ مشتری ها را راضی نگه داشته اند. در برخی موارد استفاده از Ethernet به تنهایی کافی است ولی اصولی نیست. بنابراین بهترین شیوه چیست؟ فاکتورهای: اندازه، زمان فروش و قیمت پاسخ این سوال را مشخص می کنند.

(رجوع شود به جدول ۱)

جدول ۱			
افت توسعه در سنسورهای شبکه ای			
پایین ترین قیمت زمان طولانی برای فروش			
استفاده از اجزا مجزا	استفاده از IC, Chip و کنترل کننده شبکه ای مجتمع	استفاده از بردهای جانبی	استفاده از Gateway و رابطهای کامپیوتری

یک شیوه استفاده از Gateway است هرچند که قیمت بالایی دارند ولی کاربردی هستند. استفاده از Plug-in<sup>۱۹</sup> برای کاربردهای کوچک تا متوسط که می توانند به سرعت اجرا شوند و یا استفاده از Chip ها در کاربردهای بزرگ که باعث صرفه جوئی در هزینه می شوند.

### ۳-۳-۲ رابطهای کامپیوتری

اگر طرح شما بر پایه کامپیوتر است بنابراین سریعترین و آسانترین روش اتصال آن به شبکه استفاده از یک کارت است. این دستگاهها برای تقریبا<sup>۱۹</sup> هر شبکه قابل تصویری از محصولات مختلف در دسترس هستند.

(رجوع شود به تصویر ۱)

تصویر ۱- کارت Profibus PCI است. اتصال دهنده DB9 بالا سمت چپ یک اتصال دهنده Profibus است و در پایین آن پورت سریال است که می تواند برای عیب یابی و پیکربندی زمانی که کارت در یک کامپیوتر بدون Windows است بکار رود. همه عملیات پروتکل Profibus در کمترین زمان توسط یک پردازنده ۱۸۶ مدیریت می شود.



<sup>۱۹</sup> Plug-in – مدار الکترونیکی کوچکی که جهت افزایش کارایی به سیستم اضافه می شود.

اگر شما تصمیم به استفاده از کارت کامپیوتری دارید اولین قدم یافتن یک رابط نرم افزاری است<sup>۲۰</sup> (API) اگر کارت شما، یک راه انداز برای سیستم عامل دارد آنرا نصب کنید. سپس می توانید با استفاده از احضار توابع برنامه هائی در C و C++ برای دستیابی به شبکه بنویسید. یکی از مشکلات استفاده از رابطهای نرم افزاری احتیاج دائم آنها به راه اندازهای جدید برای پشتیبانی از اجزا سخت افزاری جدید است.

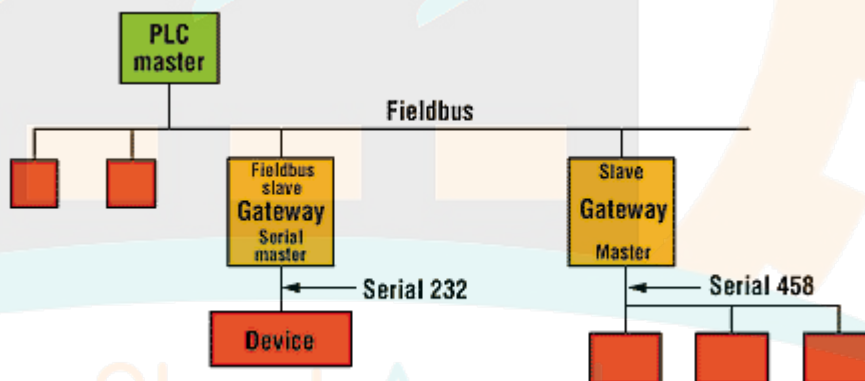
### ۲-۳-۴ استفاده از یک رابط عمومی برای همه مسیرهای ارتباطی

در صورتیکه شما یک سازنده دستگاه<sup>۲۱</sup> (OEM) باشید چگونه می توانید یک برنامه کنترلی یا یک دستگاه را به Fieldbus های چندگانه بدون صرف سالها کد نویسی ارتباط دهید؟ چگونه یک تقسیم کننده عمومی برای همه این مسیرهای ارتباطی می یابید؟ این یک مشکل اساسی برای OEM بود. یک راه حل تعریف یک API مشترک است که همه مکانیزمهای ارتباطی ناهمخوان را در یک حافظه مشترک فشرده کند. شما می توانید یک رابط مشترک به همه BUS ها اضافه کنید.

### ۲-۳-۵ Gateway ها یک روش سریع برای ارتباط

یک Gateway اطلاعات را از یک نوع شبکه به شبکه های دیگر تبدیل می کند. هرچند که گران هستند ولی در خیلی مواقع چاره ساز هستند. مواقع زیادی خواسته اید که یک دستگاه را به شبکه Fieldbus اتصال بدهید (مثلاً یک کنترل کننده درجه حرارت) ولی دستگاه فقط یک پورت RS-485 یا RS-232 دارد. آیا چاره ای هست؟ در این موارد یک Gateway مبدل پورت سریال به Fieldbus اتصال فوری را برقرار می کند. مبدلهای پروتکلی معمولاً شامل یک ابزار پیکربندی هستند که پارامترهای ارتباطی بین دو قسمت را برقرار می کنند. (رجوع شود به شکل ۱)

شکل ۱- استفاده از یک Serial, Gateway به Fieldbus. نشان می دهد که یک دستگاه می تواند بوسیله پورت سریال به یک شبکه صنعتی دیگر متصل شود.



<sup>۲۰</sup> API (Application Program Interface) - رابط نرم افزاری

<sup>۲۱</sup> OEM (Original Equipment Manufacturer) - سازنده تجهیزات اصلی

## ۲-۳-۶ استفاده از Chip های مجتمع

قدم بعدی در کاهش هزینه برای محصولات بزرگ ترکیب یک شبکه با یک پردازنده یا برخی دستگاههای جانبی مانند بردهای کامپیوتری است. شرکتهای Motorola و Netsilicon پیشنهاد دادند که میکرو پردازنده ها با Ethernet و CAN ترکیب شوند.

### اصطلاحات

- DDC (Direct Digital Control) (کنترل دیجیتالی مستقیم)
  - PLC (Programmable Logic Controller) (کنترل کننده منطقی قابل برنامه ریزی)
  - FMS (Flexible Manufacturing System) (سیستم صنعتی قابل انعطاف)
  - CIM (Computer Integrated Manufacturing) (ساخت کامپیوتر مجتمع)
  - MAP (Manufacturing Automation Protocol) (پروتکل اتوماسیون صنعتی)
  - IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- سازمان متخصصین مهندسی و الکترونیکی و از دستاوردهای مهم آن استانداردهای IEEE802 برای لایه های فیزیکی و ارتباط داده شبکه های محلی است که با مدل ارتباط داخلی سیستم های باز OSI منطبق می باشد.
- IEEE802 Standards
- مجموعه ای از استانداردها که IEEE برای تعریف روشهای دستیابی و کنترل در شبکه های محلی ارائه نموده است که لایه ارتباط داده را به دو لایه فرعی LLC , MAC تقسیم می کند.
- Rs232-c Standard
- یک استاندارد پذیرفته شده برای اتصالات سریال می باشد. RS خطوط و خصوصیات سیگنالی خاص مورد استفاده کنترل کننده های ارتباطی را جهت استانداردسازی مخابره داده های سریال بین دستگاهها تعریف می کند.
- Rs-422 برای ارتباطات سریال با فاصله مخابراتی بالای ۱۷ متر .