FieldBus

FROM THE PLANT... TO THE FIELD

تکنولوژی فیلدباس

و کاربردهای آن

مشتمل بر:

فیلدباس و جایگاه آن در اتوماسیون صنعتی

معرفی فوندیشن فیلدباس

لایه های فیزیکی و منطقی فیلدباس

تست و عیب یابی فیلدباس

مستند سازی فیلدباس

مقایسه شبکه های فیلد باس

و ....

محمدرضا ماهر

احمد حیدریان

بسم اللّه الرحمن الرحیم

تکنولوژی فیلدباس

و کاربردهای آن

مهندس محمد رضا ماهر

مهندس احمد حیدریان

این صفحه برای مشخصات چاپ مانند تیراژ و شابک و .... رزرو شده است.

این صفحه برای پیشگفتار ناشر رزرو شده است

بنام سیستم آفرین بی همتا

پیشرفت فناوری در سالیان اخیر عرصه های مختلفی رابشدت تحت تاثیر قرارداده است.اتوماسیون صنعتی یکی از این عرصه هاست.رشد تکنولوژی به گونه ای است که اگر همزمان با ورود آن قدم های لازم برای بومی سازی و انتقال دانش فنی صورت نگیرد متخصصین صنایع در بهره برداری و نگهداری سیستم ها با مشکل مواجه خواهند شد.

زمانی گفته میشد اتوماسیون صنعتی بدون PLC یا DCS بی معناست اما با عرضه شدن تکنولوژی فیلدباس بعید نیست اگردر آینده ای نزدیک گفته شود اتوماسیون صنعتی بدون شبکه صنعتی مفهوم ندارد.

در این مجموعه سعی شده است ویژگی های فناوری فیلدباس با محوریت Foundation Fieldbus بیان شود.ابتدا ضمن مروری بر تاریخچه فیلدباس ویژگی های این سیستم مورد بحث قرار گرفته و در ادامه فوندیشن فیلدباس بصورت تخصصی تشریح شده است. در انتها نیز ضمن مقایسه فوندیشن فیلدباس با پروتکل Hart و Profibus PA ویژگی های اصلی برخی دیگر از استانداردهای فیلدباس به اجمال بیان گردیده است.

ادعا نمیشود که در این مجموعه کوتاه همه نکات لازم ارائه شده است بررسی در حد منابع در دسترس و فرصت موجود بوده است . بسیاری از منابع انگلیسی و برخی از این منابع جزوات و کتابها و مقالات فارسی بوده که عزیزان دیگر قبلاً زحمت تهیه آنرا کشیده بودند و در انتهای کتاب در لیست منابع ذکر شده اند بسیاری از این منابع توسط آقای مهندس حیدریان که ضمن ترجمه برخی قسمتها مشوق بنده در تهیه و تدوین کتاب بوده اند گرد آوری شده است. در کنار این منابع لازم است از زحمات پیشکسوتانی که راهنمای ما در عرصه فیلدباس بوده اند بویژه آقای مهندس علیرضا براتی یاد و قدردانی کنیم.

امید است خوانندگان عزیز کاستی ها را بدیده اغماض بنگرند و در عین حال با ارسال نقطه نظرات خود به ایمیل اینجانب Reza.maher@gmail.com یا ایمیل آقای مهندس حیدریان ahmad.heydarian@yahoo.com ما را در تکمیل این مجموعه یاری نمایند.

آرزومندیم که حاصل این تلاش مقبول افتد و امید آنکه استفاده از مطالب این کتاب با رعایت انصاف و ذکر منبع صورت گیرد نه همچون برخی صاحبان قلم که از کتاب های قبلی اینجانب استفاده کرده ولی با ادعایی ناپسند همه چیز را به خودشان وتحقیقاتشان ! نسبت داده اند یکی از آنها کتاب البته ارزشمند مثلث نارنجی تالیف آقای مهندس غریبی است برای جزئیات بیشتر برای مواردی که در کتاب مزبور عیناً از کتاب های بنده کپی برداری شده به پیشگفتار چاپ جدید کتاب شبکه پروفی باس اینجانب مراجعه فرمایید.

محمدرضا ماهر

آذر ماه ۱۳۸۷

فهرست مطالب

صفحه

فصل ۱ - فیلد باس و جایگاه آن

۱- فیلدباس چیست؟ **۲**

۲-سیر تحول سیستم های اتوماسیون و تاریخچه فیلدباس **۳**

۲-۱ سیستم های DDC ۳

۲-۲ سیستم های PLC ۴

۲-۳ سیستم های DCS ۴

۲-۴ سیستم های FCS ۷

۳- استاندارد سازی فیلدباس **۱۰**

٤- جایگاه فیلدباس در هرم اتوماسیون **۱۲**

فصل ۲ - ویژگی های فیلدباس

۱- مزایای فیلدباس **۱٦**

۱-۱ صرفه جویی در هزینه های اولیه سیستم ۱۶

۱-۲ صرفه جویی در هزینه های تعمیراتی سیستم ۱۸

۱-۳ صرفه جویی در هزینه های توسعه و بهینه سازی ۱۹

۱-۴ بهبود عملکرد سیستم ۲۰

۲- معایب فیلدباس **۲۳**

۳- مقایسه FCS و DCS از نظر مقاوم بودن در برابر خطا (Fault Tolerant) **۲۳**

فصل ۳ - آشنایی با Foundation Fieldbus

۱- مقدمه **۲۶**

۲- مزایای Foundation Fieldbus **۲۷**

۳- مدل ارتباطی در شبکه Foundation Fieldbus و لایه های آن **۲۹**

فصل ٤ -لایه فیزیکی در Foundation Fieldbus

۱- تعداد وسیله **۳۲**

۲- سرعت شبکه **۳۳**

۳- کدینگ سیگنال **۳۳**

٤- توپولوژی های اتصال **۳٦**

٥-اجزای قابل اتصال به باس **۳۸**

۵-۱ Host ۳۹

۵-۲ وسایل فیلد ۳۹

۵-۳ Junction Box ۴۰

۵-۴ ترمینیتور ۴۲

۵-۵ کابل ۴۴

۵-۶ ری پیتر ۴۸

۵-۷ منبع تغذیه ۴۹

۵-۸ افزونگی تجهیزات ۵۲

٦- تجهیزات محیط های IS **۵۳**

۷- محاسبات شبکه **٦۵**

فصل ۵ - لایه های منطقی در Foundation Fieldbus

۱- مقدمه **۷۲**

۲- وظایف لایه Data Link **۷۳**

۲-۱ کنترل دسترسی به باس ۷۳

۲-۲ برقراری ارتباط زمان بندی شده (سرویس روتین) ۷۵

۲-۳ ارتباط زمان بندی نشده (سرویس غیر روتین) ۷۶

۲-۴ نحوه زمان بندی (Scheduling) ۸۰

۲-۵ آدرس دهی به وسایل ۸۲
۲-۶ اولویت بندی پیام ها ۸۳
۳- وظایف زیر لایه FAS ۸٤
٤- وظایف زیر لایه FMS ۸۷
۵- لایه User Application
۵-۱ Resource Blocks ۹۲
۵-۲ Function Block ۹۲
۵-۳ Transducer Blocks ۹۹
۵-۴ مدیریت سیستم System Management ۱۰۰
فصل ٦ - نمونه ای از مدیریت فیلدباس
۱- فاز طراحی ۱۰۷
۱-۱ تعداد وسیله روی باس شبکه ۱۰۷
۱-۲ منبع تغذیه باس ۱۰۷
۱-۳ ارتباطات منطقی ۱۰۷
۱-۴ مدیریت ریسک ۱۰۸
۱-۵ طراحی کابل ۱۰۸
۱-۶ طراحی لاجیک ۱۰۹
۲- فاز نصب ۱۱۰
۳- فاز راه اندازی ۱۱۱
٤- فاز بهره برداری ۱۱۱
۵- نیازهای تعمیراتی ۱۱۱
٦- توسعه و بهینه سازی ۱۱۲
فصل ۷- تست و راه اندازی فیلدباس
۱- مقدمه ۱۱٤
۲- تست کابل شبکه ۱۱۵
۳- تست منبع تغذیه باس ۱۱٦
٤- تست شبکه ۱۱۷
۵- اتصال وسایل فیلد و انجام لوپ چک ۱۱۹
٦- Hot Cutover ۱۲۰

فصل ۸ – اشکالات متداول و نحوه عیب یابی در فیلدباس

۱– مقدمه ۱۲۲

۲– نویز و تاثیر آن بر شبکه فیلدباس ۱۲۳

۲–۱ انواع نویز ، منابع تولید و روشهای حذف ۱۲۵

۲–۲ نکات مربوط به زمین کردن شیلد ۱۳۰

۲–۳ ایزوله سازی ۱۳۲

۲–۴ اندازه گیری نویز ۱۳۲

۳– استفاده از منبع تغذیه نامناسب ۱۳٤

٤– تعداد ترمینیتور نادرست ۱۳٤

٥– بیش از حد بودن طول کابل ۱۳٦

٦– سیم کشی متقاطع (Cross Wiring) ۱۳۷

۷– اتصال کوتاه باس ۱۳۷

۸– پایین بودن سطح ولتاژ تغذیه وسیله ۱۳۸

۹– اشکال در وسیله ۱۳۸

۱۰– اشکال در حفاظت اضافه ولتاژها ی گذرا ۱٤۰

۱۱– برخی دیگر از اشکالات ۱٤۰

۱۲– وسایل تشخیص عیب ۱٤۱

فصل ۹ – مستند سازی فیلدباس

۱– انواع مستندات لازم ۱٤٦

۲– System Drawing ۱٤٦

۳– Network Drawing / Segment Drawing ۱٤۷

٤– P&ID Drawing ۱٤۸

٥– Instrument Data Sheets ۱٤۹

٦– Instrument Index ۱٥۱

۷– Segment Allocation Table ۱٥۱

۸– مدارک مربوط به IS ۱٥۱

فصل ۱۰ -شناخت پروتکل Hart و مقایسه با فوندیشن فیلدباس

۱- مقدمه ۱۵٤
۲- شناخت پروتکل HART ۱۵٤
۳- انواع پیکربندی HART ۱۵۷
٤- استفاده از HART در محیط IS ۱۵۹
۵- تبادل دیتا در HART ۱۵۹
٦- HART و مدل OSI ۱٦۰
۷- لایه فیزیکی HART ۱٦۰
۸- لایه Data Link در HART ۱٦۳
۹- لایه Application در HART ۱٦٤
۱۰- امکان کنترل در فیلد ۱٦٤
۱۱- اتصال PC به HART ۱٦٦
۱۲- خلاصه مقایسه HART با Foundation Fieldbus ۱٦۷

فصل ۱۱- مقایسه Profibus PA با فوندیشن فیلدباس

۱- مقدمه ۱۷۰
۲- مقایسه از نظر ارتباط با سطوح بالاتر ۱۷۰
۳- مقایسه تعداد وسایل ۱۷۱
٤- مقایسه توپولوژی ۱۷۱
۵- مقایسه امکان افزونگی Redundancy ۱۷۲
٦- مقایسه کاربرد در محیط های خطرناک ۱۷۳
۷- مقایسه نحوه دسترسی و مدیریت باس ۱۷٤
۸- مقایسه امکانات کنترل ۱۷٤
۹- مقایسه امکانات عیب یابی و کالیبراسیون ۱۷٤
۱۰- مقایسه امکان شناسایی وسایل بصورت Online ۱۷۵

۱۱- مقایسه هزینه ۱۷۵

۱۲- خلاصه مقایسه Profibus PA با Foundation Fieldbus ۱۷۵

فصل ۱۲ - نگاهی به سایر شبکه های فیلدباس

۱- Profibus ۱۷۹

۲- Interbus ۱۸۰

۳- Bit bus ۱۸۲

٤- P-net ۱۸۳

٥- EIB ۱۸۷

٦- ASI ۱۸۸

۷- CAN ۱۹۱

۸- DeviceNet ۱۹۳

۹- ControlNet ۱۹۹

۱۰- Sercos ۲۰۲

۱۱- Modbus ۲۰٤

۱۲- مقایسه کلی شبکه های فیلدباس ۲۱۲

ضمیمه ۱ -لیست برخی سازندگان عضو سازمان فیلدباس ۲۱٦

ضمیمه ۲ -مفاهیم و اصطلاحات ۲۱۸

ضمیمه ۳ - لیست فرامین Hart ۲۳۲

ضمیمه ٤- نمونه ای از نقشه ها و مستندات فیلدباس ۲٤۲

کلمات اختصاری ۲٥٤

منابع و مراجع ۲٦۲

- فصل ۱-

فیلد باس و جایگاه آن

مشتمل بر :

۱- فیلدباس چیست؟

۲-سیر تحول سیستم های اتوماسیون و تاریخچه فیلدباس

۲-۱ سیستم های DDC

۲-۲ سیستم های PLC

۲-۳ سیستم های DCS

۲-۴ سیستم های FCS

۳- استاندارد سازی فیلدباس

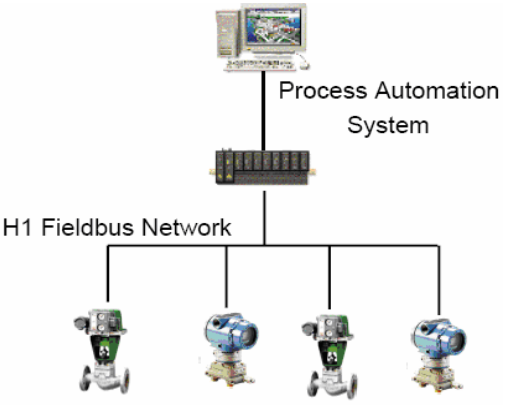
٤- جایگاه فیلدباس در هرم اتوماسیون

۱- فیلدباس چیست؟

مفهوم Fieldbus از نام آن تا حد زیادی قابل درک است . کلمه **فیلد** در اتوماسیون صنعتی به حوزه ای اطلاق میشود که ترانسمیترها و عملگرها و تجهیزات ابزار دقیق در آنجا نصب شده است. کلمه **باس** نیز مفهوم شبکه را به ذهن القا میکند پس معنای فیلدباس بصورت لغوی شبکه ای است که تجهیزات فیلد را بهم مرتبط می سازد اگرچه در عمل حوزه فیلدباس می تواند از سطح فیلد نیز فراتر برود.

برای شناخت فیلدباس ابتدا بهتر است توجه خود را به سطح فیلد معطوف کنیم. در حالت معمول یک ترانسمیتر توسط اتصال مستقیم به کارت آنالوگ ورودی کنترلر متصل می شود . اتصال ممکن است دو سیمه سه سیمه یا چهار سیمه باشد. نوع سیگنال نیز می تواند ۴ تا ۲۰ میلی آمپر یا صفر تا ۱۰ ولت یا سایر جریانها و ولتاژهای مجاز باشد. اگر چندین ترانسمیتر وجود داشته باشند همه آنها با کابل های موازی به کنترلر متصل می گردند.

اگر شبکه ای وجود داشته باشد و تمام ترانسمیترهای فوق به همان کابل دو رشته شبکه متصل شوند آنرا فیلدباس می نامیم . پس فیلدباس مشابه شبکه LAN کامپیوتر هاست با این تفاوت که بجای کامپیوتر عناصر فیلد را به هم مرتبط ساخته و جایگزین سیگنالهای آنالوگ ۴ تا ۲۰ میلی آمپر شده است.



در شبکه فیلدباس ارتباط بصورت دیجیتال است یعنی مقادیر دیتای ارسالی از وسایل یا دیتای دریافتی آنها بصورت رشته هایی از صفر و یک منطقی بر روی باس پشت سر هم (بصورت سریال) جریان می یابد.

شبکه فیلدباس یک شبکه چند انشعابی (Multidrop) است یعنی امکان اتصال چندین وسیله به همان زوج سیم اصلی شبکه وجود دارد.

در سیستم های ۴ تا ۲۰ میلی آمپری ارتباط یک سویه است یعنی دیتا فقط از سمت وسیله به کنترلر ارسال می شود در حالیکه در فیلدباس ارتباط بصورت دو سویه است یعنی کنترلر نیز می تواند دیتا هایی را به وسیله ارسال کند که از جمله آنها می توان به دیتا های کالیبراسیون اشاره کرد.

بدین ترتیب با توضیحات فوق بهترین تعریفی که می توان برای فیلدباس ارائه کرد عبارت زیر است:

فیلدباس شبکه ای بصورت کاملاً دیجیتال ، دو سویه ، چند انشعابی با ارتباط سریال است.

بایستی خاطر نشان کرد که فیلدباس نام یک شبکه خاص نیست فیلدباس نام یک خانواده است خانواده ای که در آن انواع متنوعی از شبکه ها موجود هستند. بعنوان مثال همه شبکه های زیر در خانواده فیلدباس جای می گیرند:

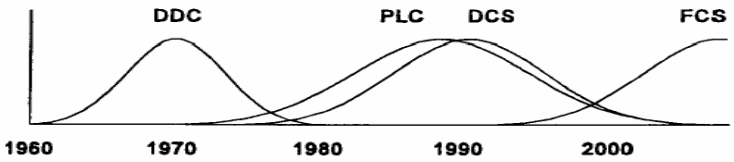
- A-bus
- Arcnet
- Bitbus
- ControlNet
- ASI
- Batibus
- CAN
- DeviceNet
- EIB
- FIP
- Hart
- Fieldbus Foundation
- Instabus
- IsiBus
- Interbus-S
- LON
- Master FB
- MODBUS
- Partnerbus
- P-net
- Profibus-DP
- Profibus-FMS
- Profibus-PA
- SERCOS
- SDS
- Sigma-i
- Spabus
- Suconet
- VAN
- WorldFIP

هر کدام از این شبکه های فیلدباس ویژگی و جایگاه خاصی دارند بگونه ای که ممکن است در یک سیستم اتوماسیون بطور همزمان دو یا چند شبکه فیلدباس مختلف بطور همزمان بکار گرفته شود. برخی از شبکه های معروف فیلدباس در فصل ۱۲ کتاب بررسی شده اند.

۲- سیر تحول سیستم های اتوماسیون و تاریخچه فیلدباس

کنترل پروسه های صنعتی همواره دستخوش تحولات و پیشرفت های فراوان بوده است. اگر چند دهه به عقب برگردیم می بینیم که سیستم های کنترل و مانیتورینگ بصورت زیر عرضه شده و مورد استفاده قرار گرفته اند :

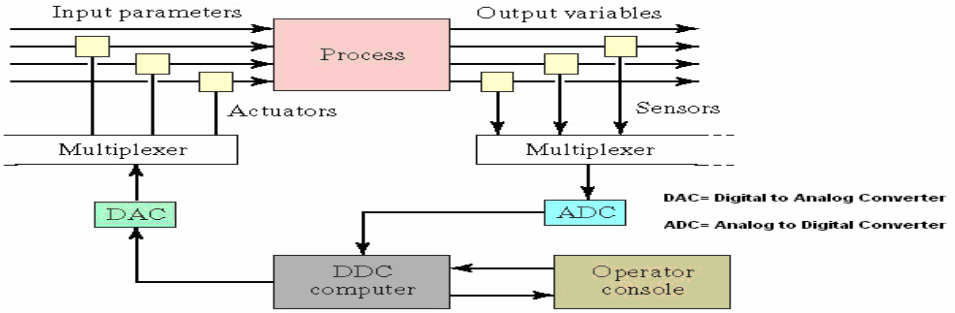
- ۱۹۴۰ سیستم های کنترل و مانیتورینگ نیوماتیکی مبتنی بر فشار
- ۱۹۶۰ سیستم های الکتریکی مبتنی براستاندارد ۴ تا ۲۰ میلی آمپر (سیستم های متمرکز DDC)
- ۱۹۷۲ سیستم های مبتنی بر PLC
- ۱۹۷۶ سیستم های کنترلی غیر متمرکز (DCS)
- ۱۹۹۴ سیستم های کنترلی مبتنی بر فیلدباس (FCS)



بررسی را از دهه ۶۰ میلادی یعنی زمانی که سیستم های کنترل بصورت الکتریکی عرضه شدند شروع می کنیم.

۲-۱ سیستم های DDC

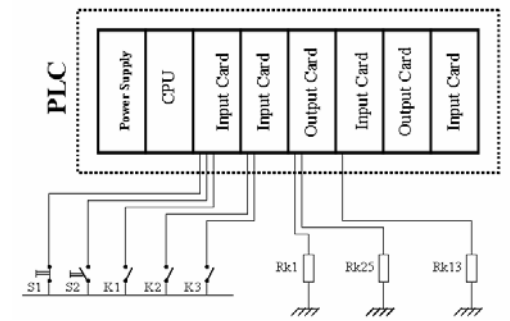
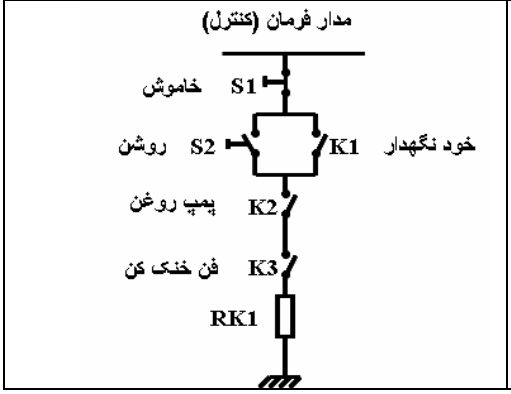
DDC مخفف Direct Digital Control است در این سیستم یک کامپیوتر بعنوان مرکز کنترل وجود داشت و سیگنالهای ورودی و خروجی مستقیماً با کابل کشی از طریق کارتهای الکترونیکی به کامپیوتر متصل می گردید.



با ظهور DDC سیستم های کنترل نیوماتیکی که مبتنی بر فشار بودند و مشکلات زیادی را از نظر عملکرد ، هزینه و تعمیرات در بر داشتند کنار گذاشته شد و استفاده از DDC بجای آنها مورد استقبال قرار گرفت و در حدود ۱۹۷۰ به اوج خود رسید. DDC عمدتاً در Process Control که سیگنالهای آنالوگ و لوپ های PID زیاد داشتند بکار گرفته شد. و بدلیل دیجیتال بودن سیستم عملکرد لوپ ها نسبت به سیستم های آنالوگ قدیمی بهبود یافت . از عیوب سیستمDDC وابستگی به یک CPU و دشواری برنامه نویسی را می توان نام برد.

۲-۲ سیستم های PLC

PLC مخفف Programmable Logic Controller است که از حدود ۱۹۷۰ عرضه شد تا جایگزین مدارات رله کنتاکتوری شود و کاربرد آن عمدتاً در Discrete Control بود و صرفا با سیگنال های دیجیتال سرو کار داشت .

سیستم PLC	سیستم رله کنتاکتوری
	

بتدریج کاربرد PLC ها بگونه ای شد که علاوه بر پردازش دیجیتال برای پردازش آنالوگ نیز بکار گرفته شد و عملکردی که از سیستم های DDC مورد انتظار بود را نیز پوشش داد مزایایی که PLC نسبت به DDC داشت باعث شد تا نقش سیستم های DDC کمرنگ شده و استفاده از PLC در حدود ۱۹۸۰ به اوج خود برسد. از مزایای PLC نسبت به سیستم های مبتنی بر PC می توان سیستم عامل مناسب برای کنترل ومدولار بودن سخت افزار که سهولت توسعه را فراهم می آورد را ذکر کرد.در عین حال در DDC امکان کنترل و مانیتورینگ روی یک سیستم امکان پذیر بود در حالیکه PLC فقط کنترل را انجام میداد و مانیتورینگ توسط کامپیوتر دیگری که با PLC مرتبط میشد صورت می گرفت.

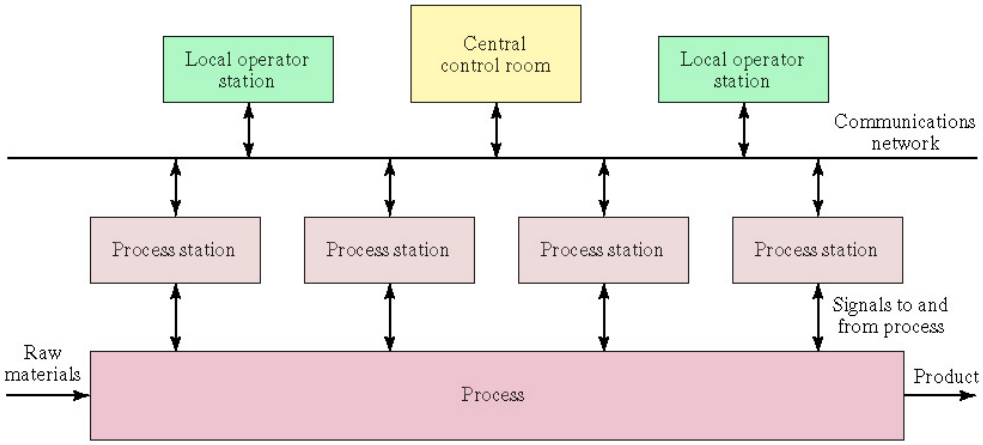
۲-۳ سیستم های DCS

الف) DCS قدیمی

در سیستم های قبلی یعنی DDC و PLC یک مشکل بزرگ وجود داشت اگر کنترل کننده اصلی یعنی CPU دچار مشکل میشد کنترل کل فرآیند از دست می رفت از اینرو اندیشه ساخت سیستم کنترل غیر متمرکز که دارای چند CPU

برای کار پردازش و کنترل بود بوجود آمد و منجر به ساخت سیستم های DCS که مخفف Distributed Control System است شد بدینطریق قابلیت اطمینان سیستم بالاتر رفت.

شماتیک سیستم DCS در شکل زیر آمده است. این سیستم دارای چند کنترلر است که مستقل از یکدیگر کار می کنند در عین حال می توان از امکانات Redundancy استفاده کرد یعنی برای کنترلر یک کنترلر دیگر بعنوان پشتیبان وجود داشته باشد تا در صورت بروز مشکل در سیستم اصلی کار کنترل را ادامه دهد.



سیستم های اپراتوری توسط شبکه با کنترلر ها ارتباط دارند ولی ارتباط کنترلرها با سیگنالهای فرآیند بصورت مستقیم است یعنی ورودی و خروجی ها (I/O) با کابل کشی مستقیم به کنترلر متصل هستند.

ب) DCS جدید

در سیستم های DCS سه سطح شبکه تعریف می شود:

۱- Terminal Bus شبکه ای که سیستم اپراتوری را به کنترلر های متصل می کند.

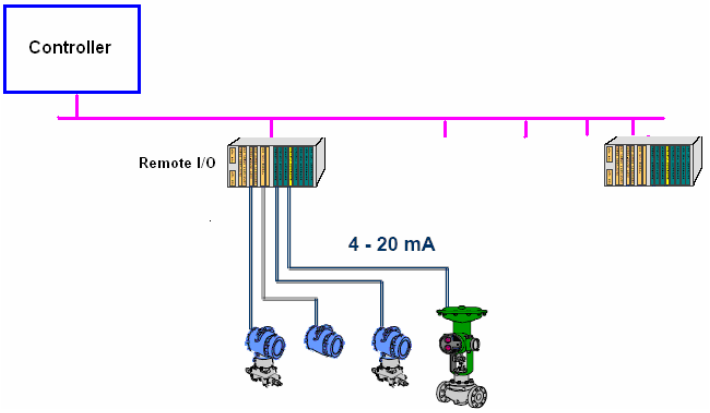
۲- Plant Bus یا Process Bus شبکه ای که در سطح کنترل بکار می رود و کنترلر هارا به هم متصل می کند

۳- Fieldbus شبکه ای که در سطح فیلد برای جمع آوری I/O ها بکار می رود.

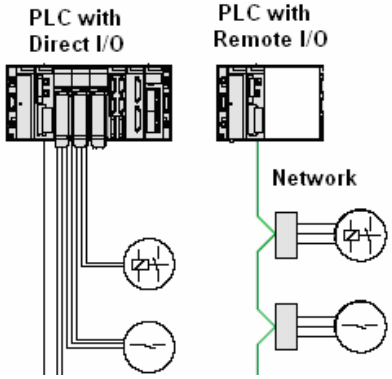
در سیستم های DCS قدیمی دو مورد اول وجود داشت ولی شبکه در سطح فیلد موجود نبود. ارتباط بین فرآیند تا کنترلر با کابل کشی مستقیم صورت می گرفت این کابل های موازی نیاز به مسیر کابل (سینی ، لوله ، تونل کابل) داشتند . هزینه کابل و مسیرکابل و نفر ساعت لازم برای نصب آنها قابل توجه بود . از طرف دیگر با زیاد بودن تعداد کابل در حین بهره برداری عیب یابی بدشواری انجام میشد. از اینرو اندیشه استفاده از کابل شبکه بجای کابل های موازی پدید آمد. بدیهی است استفاده از شبکه برای ارتباط بین کنترلر و فرآیند بایستی فاقد ریسک باشد . بعبارت دیگر حساسیت این شبکه بسیار بیشتر از شبکه ای است که در سطح مانیتورینگ برای ارتباط بین کنترلر ها و سیستم های اپراتوری استفاده میشود زیرا اگر تحت شرایطی شبکه متصل به سیستم اپراتوری دچار اختلال شود فقط نمایش

سیگنال از دست می رود در حالیکه اگر این اتفاق در شبکه بین کنترلر و فرآیند رخ دهد امر کنترل فرآیند دچار مشکل می گردد.

با توجه به این نکته طراحان شبکه پروتکل های مطمئنی را برای ارتباط سریال بین کنترلر و I/O ها ارائه کردند. در این روش واسط هایی بنام Remote I/O مورد استفاده قرار گرفت که در فیلد نصب می گردید و سیگنالهای I/O را با کابل های کوتاه می گرفت و به بسته های دیتا تبدیل و روی کابل شبکه بصورت سریال قرار می داد . بدینطریق یک کابل شبکه جایگزین کابلهای موازی بین کنترلر و فیلد گردید.



چنین سیستمی مزایای بزرگی را بهمراه داشت مهمترین مزیت آن کاهش هزینه سیستم بدلیل کاهش کابل و مسیر کابل بود این کاهش وقتی فاصله سیستم کنترل تا فیلد زیاد بود چشمگیر بود بصورتی که در برخی گزارشها از کاهش ۵۰ درصدی هزینه سیستم صحبت به میان آمد. مزیت دیگر این سیستم دیجیتال بودن و کاهش تاثیر نویز روی آن بود.این سیستم علاوه بر استفاده در DCS سیستم های قبلی مبتنی بر PLC را نیز تحت تاثیر قرار داد و آنها را متحول کرد.



با این وجود سیستم مبتنی بر Remote I/O عیب هایی نیز دارد اول اینکه با قطعی کابل شبکه همه I/O ها از دست می رود برای رفع این مشکل از شبکه ها وسیستم هایی که دارای پشتیبان (Redundant) هستند استفاده شد در عین حال در برخی سیستمهای مدرن DCS امروزه که پروسه حساسی را کنترل می کنند دیده میشود RemoteI/O ها در کنار کنترلر ها داخل پانل نصب شده اند و کابل کشی از فیلد با همان کابل های موازی انجام گرفته است بنا براین تفاوت آنها با DCS های قدیمی صرفاً ارتباط I/O ها با کنترلر و ارتباط بین خود کنترلر هاست که از طریق شبکه می باشد.

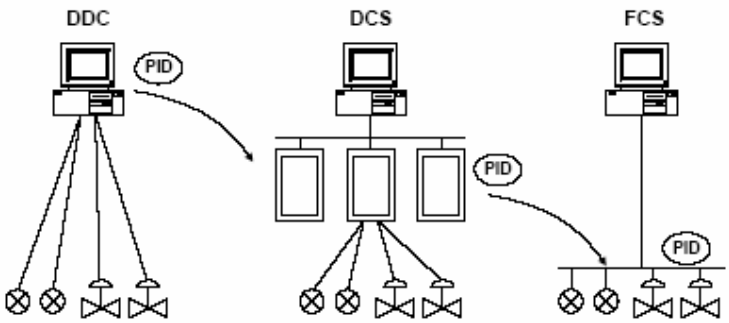
مسئله دوم در استفاده از شبکه سریال بودن تبادل دیتاست که منجر به تاخیر در خواندن سیگنالها می شود و بحث Real Time بودن مطرح میگردد. تاخیر مسئله ای نسبی است ممکن است در یک فرآیند تاخیر کمتر از ۱۰۰ میلی ثانیه در خواندن سیگنالها پذیرفته باشد ولی در فرآیند دیگری این زمان بایستی کمتر از ۱۰ میلی ثانیه باشد. پروتکلهای مختلف و متنوعی که برای این شبکه ها عرضه شدند از جنبه Real Time بودن و میزان تاخیر با یکدیگر متفاوت هستند . این پروتکل ها عمدتا بصورت Open هستند یعنی می توان از وسایل سازندگان مختلف روی یک باس شبکه استفاده نمود.
نکته ای که لازم است در اینجا خاطر نشان گردد تفاوت بین DCS ها و PLC هاست واقعیت اینست که در ابتدا این دو جایگاه متفاوتی داشتند DCS برای کنترل فرآیند (Process Control) که در آن لوپ های کنترلی زیاد وجود داشت طراحی شد ولی PLC برای کنترل سیگنال های دیجیتال (Discrete Control) که در آن اینترلاکینگ زیاد وجود داشت عرضه شدند ولی امروزه با پیشرفت های زیادی که در ساخت DCS ها و PLC ها حاصل شده عملکرد این دو بسیار به هم نزدیک شده است بگونه ای که اگر در سیستمی با عنوان DCS از PLC ها بعنوان کنترلر های غیر متمرکز استفاده شده باشد نبایستی تعجب کرد. به هر حال اگر به این دو سیستم بصورت محض نگاه کنیم و برخی اشتراکات را کنار بگذاریم می توانیم جدول زیر را جهت مقایسه بین PLC و DCS ارائه کنیم:

	DCS	PLC
کاربرد	کنترل فرآیند - سیگنالهای آنالوگ و لوپ های کنترلی زیاد	کنترل لاجیک با سیگنالهای دیجیتال زیاد
سرعت	پایین تر از PLC	بالا
واکنش سریع	پایین	خیلی خوب
نحوه برنامه نویسی	زبانهای گرافیکی سطح بالا با توابع کتابخانه ای ازقبل نوشته شده	زبانهای سطح پایین که توابع لازم عمدتاً توسط برنامه نویس تهیه می شود.
هزینه	زیاد	کمتر
امکانات مانیتورینگ	عمدتا بسهولت توسط سیستم ایجاد میشود	لازم است توسط برنامه نویس طراحی و تهیه شود.
شبکه بندی	ساده تر است	تنظیمات زیادتر دارد

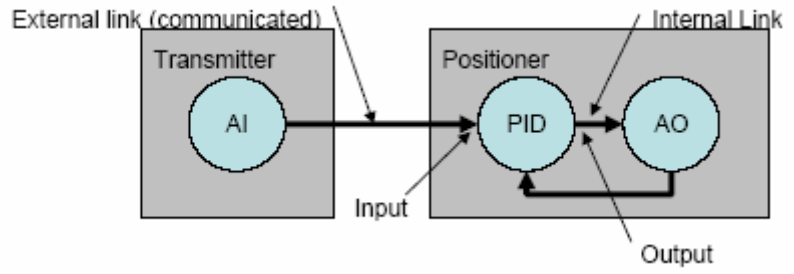
۲-٤ سیستم های FCS

FCS مخفف Fieldbus Control System است . با پیشرفت پردازشگرهای دیجیتال از سال ۱۹۸۰ سنسورهای هوشمند (Smart) با قابلیت پردازش ارائه گردید و این اندیشه قوت گرفت که بجای اتصال ترانسمیتر ها و محرکها به Remote I/O آنها را مستقیماً به شبکه وصل کنند.بعلاوه وقتی وسایل فیلد دارای پردازشگر باشند میتوان برخی فانکشن های ساده کنترلی را به آنها محول کرد و لزومی به اجرای این فانکشنها توسط یک کنترلر مرکزی نیست. این امر علاوه بر اینکه بار کنترلر اصلی را کاهش میدهد قابلیت اطمینان سیستم را بدلیل استفاده از وسایل هوشمند توزیع شده افزایش می دهد.

بعنوان مثال یک لوپ PID را در نظر بگیرید در سیستمهای DDC این لوپ توسط کنترلر مرکزی و در سیستم های DCS توسط کنترلرهای توزیع شده انجام میشود در حالیکه در سیستم FCS این لوپ در خود وسیله پردازش می گردد. شکل زیر نشان میدهد که چگونه فانکشن کنترل PID با پیشرفت سیستم اتوماسیون جابجا شده و به سطح فیلد نزدیک شده است.



وسایل مبتنی بر FCS توان کنترل لوپ پروسه را بصورت داخلی و بدون نیاز به کمک از کنترلر اصلی شبکه (PC , PLC) دارا هستند. در شکل زیر دیده می شود که فانکشن PID توسط خود وسیله اجرا میشود.

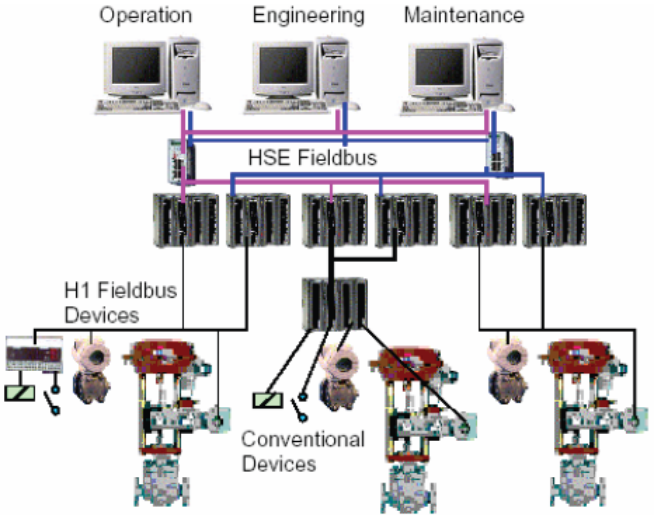


بنابراین FCS شبکه کنترل متمرکز (DDC) را بصورت غیرمتمرکز (DCS) همراه با وسایل هوشمند در میآورد.بایستی توجه داشت که در برخی شبکه های DCS کار کنترل بین چند کنترلر تقسیم شده ولی باز همه این کنترلر ها در یک یا چند پانل قرار گرفته و ارتباط آنها با فیلد توسط کابل کشی های موازی با سیگنالهای ۴ تا ۲۰ میلی آمپر صورت گرفته است درحالیکه در سیستم های FCS نه تنها کنترل بصورت DCS است بلکه ارتباط نیز از طریق کابل دو رشته شبکه صورت می گیرد بعبارت دیگر میتوان گفت:

FCS = شبکه + وسایل فیلد هوشمند + کنترل DCS

در برخی کاربرد ها ترجیح می دهند از سیستمی ترکیبی استفاده کنند بعبارت دیگر ممکن است PLC یا DCS را همراه با Remote I/O و FCS بطور همزمان بکار ببرند. نیازهای فرآیند ممکن است طراح را به سمت چنین سیستمی سوق دهد. بعنوان مثال سیگنالهای بسیار مهم و حساس ممکن است توسط کابل کشی مستقیم به کارتهای کنار PLC متصل

شوند و سایر سیگنالها از طریق شبکه دریافت شوند یا در شرایطی از نظر اقتصادی جایگزینی کل سیستم موجود با سیستم FCS به صرفه نباشد. شکل زیر یک سیستم مختلط را نشان می دهد.



Interoperability و Interchangability

نکته دیگری که در سیستم فیلد باس مد نظر بوده است توانایی کار کردن وسایل در کنار یکدیگر بدون توجه به مارک و سازنده آنهاست یعنی اصطلاحاً Vendor Independent . بعبارت دیگر وسایل سازندگان مختلف :

- روی یک شبکه با یکدیگر به سهولت تبادل دیتا میکنند **Interoperability**
- قابل جایگزینی با وسایل سازندگان دیگر هستند **Interchangability**

Interoperability را نبایستی با Interchangeability یکسان دانست. بعنوان مثال فرض کنید دو ترانسمیتر فشار در اختیار دارید که اولی عملکردش فقط ارسال فشار است و دومی علاوه بر آن فانکشن PID و قابلیت Diagnostic را نیز دارد. این دو وسیله می توانند روی یک باس کار کنند (Interoperability) ولی نمیتوان وسیله با قابلیت بیشتر را با وسیله ای که قابلیت کمتر دارد تعویض نمود و همان عملکرد را انتظار داشت بعبارت دیگر در اینجا Interchangeability وجود ندارد.

ویژگی های فوق کاربر را از وابستگی به یک سازنده خاص بی نیاز میکند و در عین حال به او اطمینان خاطر میدهد که این وسایل به سهولت امکان تبادل دیتا با یکدیگر را روی یک شبکه دارا هستند.

متذکر میشویم که بعضاً ممکن است یک سازنده وسایل کنترل و فیلد خود را همراه با شبکه ای که خاص خود اوست ارائه نماید و امکان اتصال وسایل سازندگان دیگر به این شبکه نباشد چنین شبکه ای باز یا Open محسوب نمیشود . در این کتاب هر جا صحبت از FieldBus میشود منظور Open Fieldbus است.

۳- استاندارد سازی فیلدباس

با وجود اینکه بیش از یک دهه از ارائه تکنولوژی فیلدباس گذشته است واقعیت اینست که هنوز پروتکل واحدی که بتواند ارتباط تمام وسایل مبتنی بر فیلدباس را روی یک شبکه بصورت واحد پوشش دهد توسط شرکت های مختلف مورد استفاده قرار نگرفته است .پروتکل های استاندارد موجود که برخی از آنها در صفحات قبل لیست شده اند هر کدام برای کاربرد خاصی مناسب بوده و هنوز هیچکدام بر دیگری به برتری کامل دست نیافته اند Fieldbus Foundation در آسیا و آمریکا و Profibus در اروپا با استقبال مواجه شده و ادعا میشود که در بین شبکه های فیلدباس بیشرین سهم بازار در اختیار این دو شبکه است. بهر حال با وجود اینکه اخیراً استاندارد سازی جهانی فیلدباس به مراحل نهایی خود نزدیک شده ولی هنوز بطور واحد مورد استفاده شرکتها قرار نگرفته است .

میتوان گفت عدم وجود استاندارد واحد نه تنها در عمل و کاربرد بلکه حتی در فاز طراحی و تهیه نقشه های اصلی سیستم مانند نقشه های P&ID نیز ابهاماتی را بوجود می آورد اگرچه میتوان با تغییرات جزئی در استاندارد قبلی نقشه های جدید مبتنی بر فیلدباس را نیز بصورت قابل فهم ترسیم نمود.

توسعه استانداردهای فیلدباس از اواسط ۱۹۸۰ یعنی وقتی که موسسه استاندارد ISA کمیته ای فیلدباس با نام SP50 را تشکیل داد آغاز گردید. این کمیته قبلاً استاندارد 4-20 mA را تدوین کرده و ماموریت جدید آن طراحی یک پروتکل استاندارد بود که امکان ارتباط بین وسایل فیلد که هوشمند و مجهز به میکروپروسسور بودند را فراهم سازد.

در سال ۱۹۹۲ فاصله و اختلاف بین برخی مدل های فیلدباس با تشکیل استاندارد ISP (مخفف Interoperable System Project)کمتر شد. ISP طبق استاندارد آلمانی DIN 19245 بود که به Profibus معروف شد و اعضای اصلی آن شرکت های زیر بودند:

- Siemens (Germany)
- Rosemount (USA)
- Fisher Control (USA)
- Foxboro (USA)
- ABB (Sweden)
- Yokogawa (Gapon)

همزمان در سال ۱۹۹۲ استاندارد مهم دیگری توسط سایر شرکتهای بزرگ بوجود آمد و WorldFip نام گرفت . این کلمه مخفف عبارت World Factory Information Protocol بود. استاندارد مزبور توسعه یافته استاندارد فرانسوی NFC46-60 معروف به FIP بود . اعضای اصلی WorldFip عبارت بودند از :

- Honeywell (USA)
- Bailey Control (USA)
- Cegelec (France)
- Allen Bradley (USA)
- Telemecanique (France)
- Ronan Engineering (USA)
- Square D (Italy)
- ELF (France)

استاندارد WorldFip با یک دیتابیس غیر متمرکز و سیستم هایی با سرویس زمانی (Time-Service) کار می کند و دارای یک مدیر شبکه روی باس است.مدیر شبکه مجوز ارسال (Token) را در زمانهای دقیق در اختیار وسایل متصل به باس قرار میدهد تا بتوانند دیتای خود را ارسال نمایند.

در استاندارد ISP که بر مبنای Profibus کار میکند پیام های کنترل توسط روش Token Pass که در آن Token در یک حلقه منطقی بین ایستگاهها می چرخد تبادل می شود هر ایستگاه فقط زمانی میتواند عمل ارسال را انجام دهد که Token را در اختیار داشته باشد. در این روش چرخش Token بر اساس زمان بندی (Timing) از قبل تعیین شده میباشد.

این دو استاندارد اصلی ترین استانداردهای فیلدباس هستند و با وجود اینکه ادعا میکنند هر دو خود را با استاندارد جهانی SP50 تطبیق می دهند باز بین آنها تفاوت هایی موجود است.

در سال ۱۹۹۴ دو استاندارد ISP و WorldFip به هم پیوستند استاندارد Fieldbus Foundation را ایجاد کردند. این موضوع تکمیل استاندارد جهانی را سرعت بخشید هرچند باز استاندارد واحدی عرضه نشد.بعبارت دیگری How to Transmit استاندارد شد ولی What to Transmit باز جای بحث داشت.

بر این اساس نهایتاً دو پروتکل استاندارد در دنیا بیش از بقیه شهرت پیدا کرد یکی Fieldbus Foundation و دیگری Profibus .

SP50 توسط دو موسسه استاندارد ISA و IEC تهیه شده است از اینرو به آن IEC/ISA SP50 نیز گفته میشود. کمیته SP50 روی ۴ لایه از لایه های فیلدباس متمرکز شد شامل:

۱. لایه فیزیکی که ارتباط از طریق وسایل انتقال (کابل مسی و فیبر و ...) را تعریف میکرد.
۲. لایه Data Link که نحوه ارتباط بین وسایل و آشکار سازی خطا را مشخص می نمود.
۳. لایه Application که تبدیل دیتا به بسته های پیام و ارتباط با لایه User را بیان میکرد.
۴. لایه User که محیط Application و استفاده از فانکشن های کنترلی سطح بالا را تعریف می نمود.

این استاندارد هفت لایه مدل ISO/OSI را با اضافه کردن یک لایه هشتم به نام لایه User برای Interoperability بین وسایل مختلف را دنبال میکند.لایه های فوق بصورت زیر استاندارد سازی گردید:

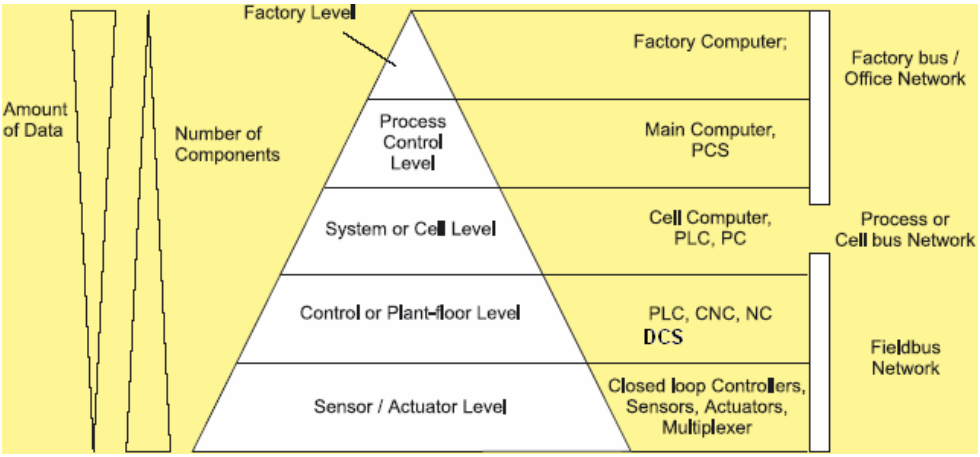
- لایه فیزیکی توسط ISA S50.02 Part2 در سال ۱۹۹۲
- لایه Data Link توسط ISA-50.02, Part 3 در سال ۱۹۹۷
- لایه Application توسط ISA-50.02, Part 6 در سال ۱۹۹۸
- لایه Uer توسط ISA-50.02, Part 9 در سال ۲۰۰۰

در لایه فیزیکی سرعت های 31.25 kbps و 1 Mbps و 2.5 Mbps منظور گردید و سایر نیازمندی های سخت افزار وسایل فیلد و نحوه ساختار بندی شبکه ذکر گردید.

٤- جایگاه فیلدباس در هرم اتوماسیون

سطوح اتوماسیون یک Plant را به ساختار هرمی شکل تشبیه می کنند که در آن تجهیزات بصورت دسته بندی شده هر کدام در یک سطح قرار می گیرند.از آنجا که هر چقدر به سطح بالاتر نزدیک میشویم تعداد وسیله و تمرکز دیتا بیشتر میشود این ساختار به شکل هرم ترسیم می گردد.

پایین ترین سطح را سطح فیلد یا سطح Sensor/Actuator می نامند و همانطور که از نامش پیداست سطحی است که در آن وسایل فیلد قرار می گیرند . در این سطح حجم اطلاعات کم است ولی زمان دسترسی به اطلاعات بایستی کوتاه و در حد چند میلی ثانیه باشد. از اینرو اگر شبکه ای در این سطح استفاده میشود بایستی بتواند دیتا را در زمان مناسبی (Real Time) جابجا کند تا مشکلی در کار کنترل فرآیند رخ ندهد. تنها حالتی که می توان استثنا کرد دیتاهای غیر حساسی است که صرفاً جهت مانیتورینگ و نه برای کنترل استفاده میشود. بعنوان مثال ممکن است در یک فرآیند سنسور آنالیزر گاز دارای چنین وضعیتی باشد .



سطح بعدی که در بالای سطح فیلد قرار می گیرد سطح کنترل نامیده میشود در این سطح PLC ها و سیستم های DCS که کار اصلی کنترل را بعهده دارند قرار میگیرند. حجم دیتا در این سطح بیش از سطح فیلد است زیرا اگر چند PLC در این سطح بهم مرتبط شوند دیتا های آنها در حد چند دیتا بلاک است بنابراین واضح است که شبکه ای با سرعت بالاتر لازم است. زمان تبادل دیتا در این سطح نیز بایستی کوتاه باشد اگرچه حساسیت به اندازه سطح فیلد نیست.

سطح سوم Cell Level سطحی است که عمدتاً برای مانیتورینگ استفاده میشود. در این سطح دیتاهای یک Plant در کامپیوترها مانیتور میشود. حجم دیتا در این سطح زیادتر از دو سطح پایین تر است و نیاز به شبکه پر سرعت می باشد ولی حساسیت به زمان به اندازه سطوح پایین نیست. بعنوان مثال اگر در شرایطی دیتا با کمی تاخیر دریافت شود معمولاً مشکل حادی برای کنترل فرآیند پیش نخواهد آمد.

سطوح بالاتر یعنی سطح ۴ و ۵ عمدتاً برای نظارت کلی Plant است دیتاهای مربوط به سیستمهای تولید و تعمیرات و امثال آنها در این سطح با سطوح پایین تر تبادل می شود. در اینجا حجم دیتا خیلی زیاد و حساسیت پایین است.

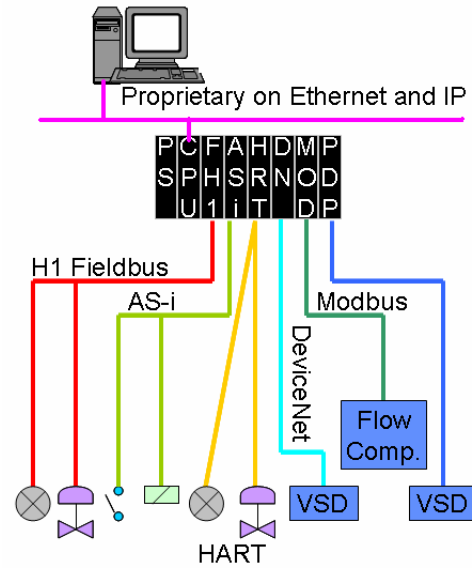
شبکه های فیلدباس عمدتاً در دو سطح پایین یعنی سطح فیلد و سطح کنترل استفاده میشوند. نباید به غلط تصور کرد که فیلدباس شبکه ای است که فقط جایگاهش در سطح فیلد است. تنوع زیاد شبکه های فیلدباس و ویژگی های متفاوت آنها هر کدام را به سطح یا سطوح خاصی محدود کرده است عوامل اصلی که این محدود سازی را ایجاد کرده اند عبارتند از :

- سرعت شبکه
- Real Time بودن و میزان تاخیر در تبادل دیتا

جدول زیر نمونه ای از کاربرد برخی از شبکه ها در سطح فیلد و سطح کنترل نشان می دهد.

سطح فیلد:	سطح کنترل :
• ASI • Foundation Fieldbus-H1 • Profibus-PA	• Profibus-DP • Device Net • Modbus

در برخی کاربردها ممکن است از چند شبکه در یک سطح استفاده شود بعنوان مثال شبکه ASI و Profibus-PA همزمان بکار روند.اگر چه هر دو شبکه فوق مربوط به سطح فیلد هستند ولی ویژگی های آنها متفاوت است ASI در شبکه کردن سنسورهای دیجیتال بر PA برتری دارد و PA برای شبکه کردن ترانسمیترهاو محرک های آنالوگ مناسب تر است.



اترنت صنعتی شبکه ای است که در سطوح بالا از جمله مانیتورینگ استفاده میشود این شبکه دارای سرعت بالاست ولی تضمینی برای عملکرد Real Time ارائه نمی کند زیرا برای ارسال بموقع دیتا در این شبکه قطعیت(Deterministic) وجود ندارد این مسئله بخاطر طراحی پروتکل آن و نحوه دسترسی به باس در آن است . بنابراین نمی توان اترنت را از خانواده فیلدباس به شمار آورد.

- فصل ۲-

ویژگی های فیلدباس

مشتمل بر :

۱- مزایای فیلدباس

۱-۱ صرفه جویی در هزینه های اولیه سیستم

۱-۲ صرفه جویی در هزینه های تعمیراتی سیستم

۱-۳ صرفه جویی در هزینه های توسعه و بهینه سازی

۱-۴ بهبود عملکرد سیستم

۲- معایب فیلدباس

۳- مقایسه FCS و DCS از نظر مقاوم بودن در برابر خطا (Fault Tolerant)

با توضیحاتی که در فصل قبل در مورد شناخت فیلد باس داده شد خواننده محترم تلویحاً با برخی مزایای آن آشنا گردید در این قسمت مزایا و معایب فیلدباس به تفصیل بیان می شود. بایستی خاطر نشان ساخت که همه انواع شبکه های فیلدباس دارای ویژگیهای کاملاً یکسان نمی باشند بعنوان مثال همه آنها را نمی توان بعنوان سیستم FCS بکار برد چون برخی فاقد امکانات کنترل در فیلد هستند. در اینجا ضمن ذکر مزایا و معایب انواع فیلدباس هرجا ویژگی صرفاً مربوط به سیستمهای FCS بوده مشخصاً قید شده است.

۱- مزایای فیلد باس

بطور کلی از دو دیدگاه میتوان به مزایای فیلد باس نگاه کرد یکی دیدگاه اقتصادی از نظر کاهش هزینه ها و دیگری دیدگاه عملکردی از نظر بهبود رفتار سیستم در مقایسه با انواع قبلی. دیدگاه فنی امکانات چشمگیر سیستم جدید را نسبت به سیستم قدیمی بیان می کند که تعداد آنها اندک نیست از دیدگاه اقتصادی نیز در ابعاد مختلف کاهش هزینه دیده میشود. جدول زیر کاهش هزینه را در برخی جنبه ها بین سیستم قدیمی و سیستم FCS مقایسه کرده است.

Category	Conventional I/O	Fieldbus	Saving
Wiring	2 wire per device	16 devices per 2 wires	90%
Commissioning	2-4 hrs per device	5 min per device	96%
Space	75 loop per cabinet	Eliminate 75% of space	75%
Instrument Engineering	3 hrs per device	1 hrs per device	67%

با در نظر گرفتن هر دو دیدگاه فوق می توان مزایای فیلد باس را بصورت زیر دسته بندی کرد:

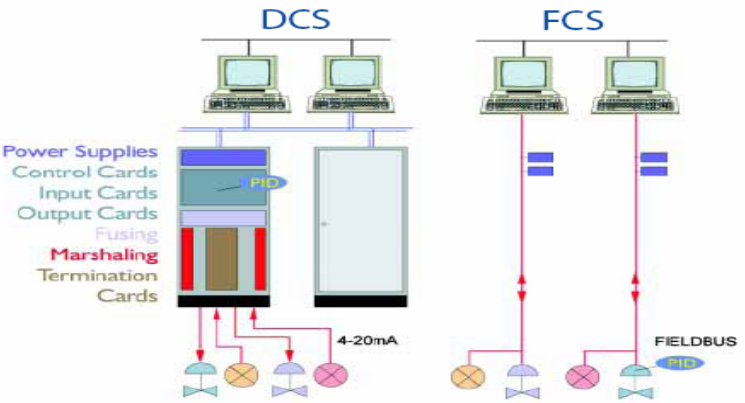
- صرفه جویی در هزینه های اولیه سیستم (Initial Saving)
- صرفه جویی در هزینه های تعمیراتی سیستم
- صرفه جویی در هزینه های توسعه سیستم
- بهبود عملکرد سیستم

۱-۱ صرفه جویی در هزینه های اولیه سیستم

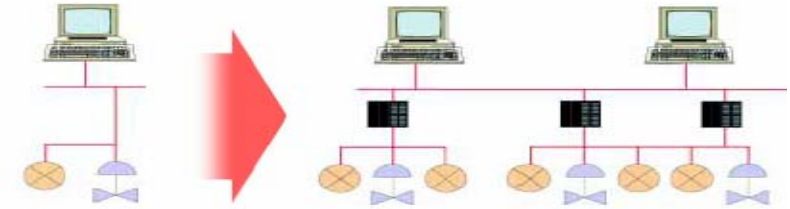
همانطور که ذکر شد یکی از مزایای بزرگ فیلدباس جایگزینی کابلهای موازی سیستم قدیمی با یک کابل دو رشته است.این تحول صرفه جویی های اولیه زیر را با خود بهمراه آورد:

- در فاز طراحی کار ساده تر شده و نقشه های اجرایی کمتری نسبت به سیستم ۴ تا ۲۰ میلی آمپری لازم است.
- بدلیل قابلیت های Interoperability و Interchanability در فیلدباس نیازی به استفاده از وسایل یک سازنده بصورت انحصاری نیست از اینرو انتخاب می تواند بصورت اقتصادی تر انجام شود.
- در فاز اجرا کابل ها و سیم کشی کمتری و بدنبال آن نیروی انسانی کمتری برای اجرا مود نیاز است .
- تست کابل در انتهای نصب بدلیل سادگی سیستم ساده تر و راحت تر است.

- ترمینالها و رله های واسط بدلیل حذف کابل کشی های موازی حذف میشوند. برآوردها نشان داده که برای ۱۰۰ لوپ در سیتم قدیمی نیاز به ۱۶۰۰ ترمینال وجود دارد در حالیکه در سیستم جدید این تعداد به یک چهارم یعنی ۴۰۰ ترمینال کاهش می یابد.
- در سیستم های FCS با محول کردن فانکشن کنترل به خود وسیله ضمن حذف کارت های I/O نیازی به استفاده سیستم مرکزی باقدرت پردازش و امکانات زیاد نیست.
- کاهش سایز تابلوهای مارشالینگ و تابلوهای کنترل



- کاهش سینی گذاری ها و Junction Box ها و سایر ادوات مورد نیاز برای کابل کشی
- کاهش محوطه اشغال شونده بدلیل کاهش تابلوها و سینی گذاری و ..
- کاهش زمان startup و Commisioning سیستم های FCS نسبت به سیستم های قدیمی تا ۸ برابر
- امکان شروع با یک سیستم کوچک و توسعه تدریجی آن در آینده یعنی کاهش سرمایه گذاری اولیه



گزارش زیر نمونه ای از میزان کاهش کابل و ترمینال را در یکی از کاربردهای فیلدباس نشان می دهد:

	طول کابل	تعداد ترمینال
سیستم 4-20 میلی آمپری	2300 m	120
فیلدباس	510 m	46
مقدار صرفه جویی شده در فیلدباس	1790 m	74
درصد صرفه جویی شده در فیلدباس	78 %	62 %
Reference : The Fieldbus by Rachel Squires November 14 , 2003		

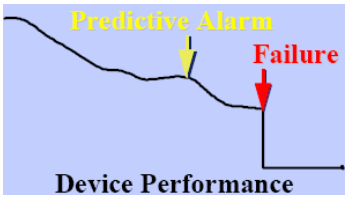
توجه شود که هزینه را نباید صرفاً در کابل و ترمینال دید وسایل فیلد با امکان فیلدباس قطعاً گرانقیمت تر از وسایل معمولی هستند بنابر این لازم است هزینه کلی دو سیستم مورد مقایسه قرار گیرند . در یکی از کاربردهای شبکه Fieldbus Foundation این هزینه با سیستم قدیمی مقایسه شده و نتیجه طبق جدول زیر بدست آمده است همانطور که مشاهده میشودبا وجود گرانتر بودن وسایل فیلد باز به ازای هر وسیله ۵۲۰ دلار صرفه جویی شده است:

	Conventional	Fieldbus Foundation
Computer I/O : Master/Gateway	$ 70	$ 160
Conduit , Cable Tray , Wiring , Fittings	$ 1400	$ 290
Valve Monitor / VCT and Pneumatic Valve	$ 315	$ 1,025
Switch Protected Drop Connector	NA	$ 160
Installation and Commissioning Labor	$ 600	$ 250
Power Supply	$ 50	$ 30
Total Installed Cost	$ 2,435	$ 1,915
Reference : The Fieldbus by Rachel Squires November 14 , 2003		

۱-۲ صرفه جویی در هزینه های تعمیراتی سیستم

- افزایش قابلیت اطمینان دراز مدت (Longterm Availability) سیستم بدلیل سادگی و پیچیده نبودن
- تست و عیب یابی راحت تر از راه دور توسط نرم افزار ها یا سخت افزار مناسب و عدم نیاز به اتصال مستقیم به وسایل برای شناسایی عیب

- کاهش زمان عیب یابی بدلیل امکان Self Diagnostic وسایل هوشمند که در صورت بروز اشکال (مثلاً اتصال باز وسیله)اطلاعات مربوط به خطا را گزارش می دهند (توانایی خود عیب یابی)



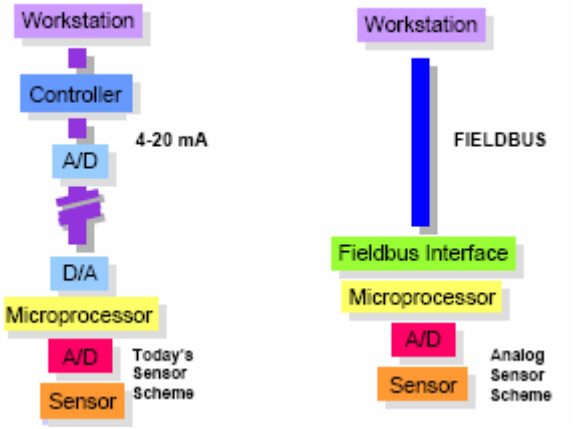
- با وجود امکان Diagnostic وسیله نیازی به تعمیرات پیشگیرانه نیست در واقع تعمیرات بصورت Condition Based در می آید بعبارت دیگر سرویس وسیله فقط در صورت نیاز صورت می گیرد و نیازی به سرویس های برنامه ریزی شده روتین نیست. در مواردی هوشمند بودن وسیله میتواند قبل از وقوع اشکال آنرا پیش بینی کند که در این حالت سیستم تعمیرات بصورت Predictive خواهد بود (در برخی شبکه های فیلدباس)
- امکان مانیتور کردن نحوه ارتباط وسایل روی باس توسط نرم افزار های مناسب
- امکان تعویض وسیله در حین کار بدون نیاز به توقف کامل فرآیند (در برخی از شبکه های فیلدباس)
- سهولت کالیبراسیون بدلیل امکان از راه دور و کاهش زمانهای مورد نیاز برای کالیبره کردن. این کار با نصب نرم افزار کالیبراسیون روی کامپیوتر متصل به باس انجام میشود.
- رخ داد ها توسط خود وسیله با برچسب زمانی Time Stamped گزارش میشوند (در برخی شبکه های فیلدباس)

۱-۳ صرفه جویی در هزینه های توسعه و بهینه سازی

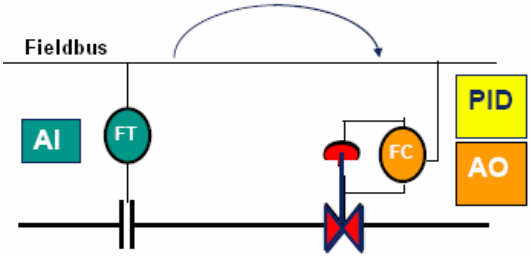
- انعطاف پذیری بیشتر سیستم بدلیل استاندارد بودن آن و وجود قابلیت های Interoperability و Interchangeability. این موضوع قابلیت توسعه و تغییر را تا حد زیاد فراهم می سازد بگونه ای که بدون وابستگی به یک سازنده حاص و بدون نیاز به انبار کردن قطعات یدکی زیاد به سهولت هر وسیله را با وسیله مشابه از سازنده دیگر می توان جایگزین نمود. صرفاً کافی است درایور وسیله جدید که با عنوان فایلهای DDL یا GSD عرضه می شود به سیستم لود شود.
- افزایش قابلیت های وسیله بدلیل هوشمند بودن آن با اضافه کردن فانکشن بلاک های خاص به آن. وسایل اندازه گیری هوشمند بیش از یک متغیر را اندازه گرفته و انتقال می دهند و اگر اندازه گیری متغیر دیگری نیز مورد نیاز باشد با اضافه کردن فانکشن بلاک جدید این امکان وجود دارد ونیازی به وسیله اندازه گیری دیگر وسیم کشی مجدد نیست. بعنوان مثال یک ترانسدیوسر هوشمند که ولتاژ و جریان را اندازه گیری کرده و توسط شبکه ارسال می نماید میتواند با اضافه شدن یک فانکشن بلاک توان این متغیر را نیز از طریق همان زوج سیم انتقال دهد. این فانکشن بلاک ها بعضی نرم افزاری و بعضی دیگر سخت افزاری هستند. پس در سیستم های مبتنی بر فیلدباس تعداد ابزار اندازه گیری کاهش می یابد و توسعه سیستم با هزینه کمتر امکان پذیر می شود.
- امکان استفاده از سنسورها و عملگرهای قدیمی در سیستم جدید و اتصال آنها به شبکه فیلد باس از طریق واسط های Remote I/O . که به این صورت می توان هزینه های بهینه سازی را در حد دلخواه کاهش داد و نیازی به تعویض کل وسایل فیلد نیست.

۱-٤ بهبود عملکرد سیستم

- عدم محدویت مقادیر اندازه گیری شده بین دو مقدار خاص مانند ۴ تا ۲۰ میلی آمپر که خود این محدودیت مقیاس بندی از دقت سیگنال می کاهد.بنابراین اطلاعات در فیلد باس با دقت بالاتری قابل ارسال هستند.
- سرعت و دقت بالاتر بدلیل ارسال مستقیم سیگنال بصورت دیجیتال و حذف مبدلهای آتالوگ به دیجیتال و برعکس (A/D و D/A) که در سیستم قدیمی روی کارتهای I/O وجود داشت.



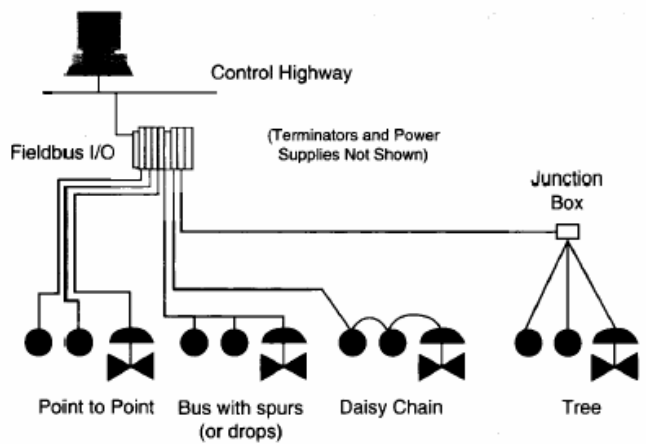
- مصونیت بیشتر در مقابل نویز بدلیل دیجیتال بودن سیگنال و استفاده از کابل های مناسب .
- اعتبار بیشتر سیگنال بدلیل ارسال بیت های کنترلی همراه با دیتا
- گیرنده دیتا با استفاده از بیت های کنترلی موجود در بسته میتواند متوجه صحت اطلاعات شود و در صورت بروز خطا در بسته دیتا فرستنده را آگاه نماید یا بعضاً خود خطا را اصلاح نماید.
- آدرس دهی اتوماتیک وسایل و عدم نیاز به Dip Switch در برخی شبکه های فیلدباس
- ایجاد سیستم غیر متمرکز واقعی بدلیل انتقال برخی از فانکشنهای کنترلی به سطح فیلد و کاهش محسوس حجم کاری کنترلرهای اصلی (در برخی شبکه های فیلدباس)



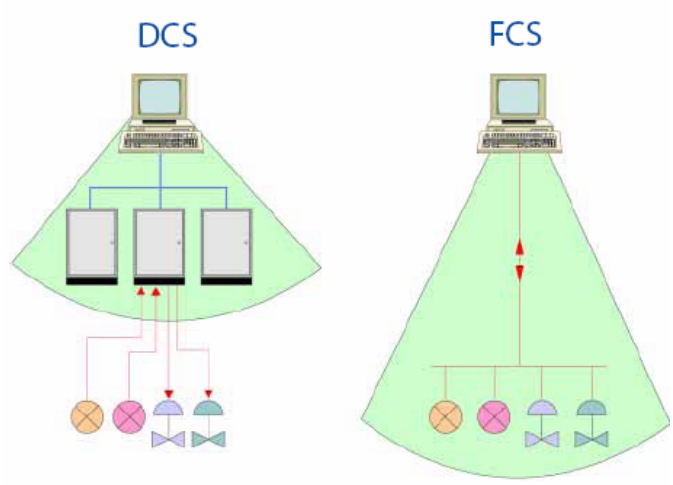
- در سیستم های قدیمی وسایل فیلد صرفاً کار اندازه گیری را انجام می دادند محاسبات ، کنترل ، تولید آلارم و .. در کنترلر انجام می شد. در سیستم های فیلد باس خود وسیله علاوه بر انجام اندازه گیری قادر به انجام محاسبه ، کنترل و تولید آلارم می باشد.عملکرد تجهیزات فیلد و کنترلر و HMI درشکل زیر نشان داده شده است.

Field	Controllers	Workstation
Measurement	Control	Display
Actuation	Logic	operation
Control	Sequence	Process Flow Mimic
Computation	Computation	Trend
Selection	Selection	Alarm
Alarm	Alarm	Reports
Diagnostics	Diagnostics	Supervisory
		Batch
		Recipe
		Events
		SQC
		Database management
		Instrument management
		Optimization
		ERP - Enterprise Resource Planning

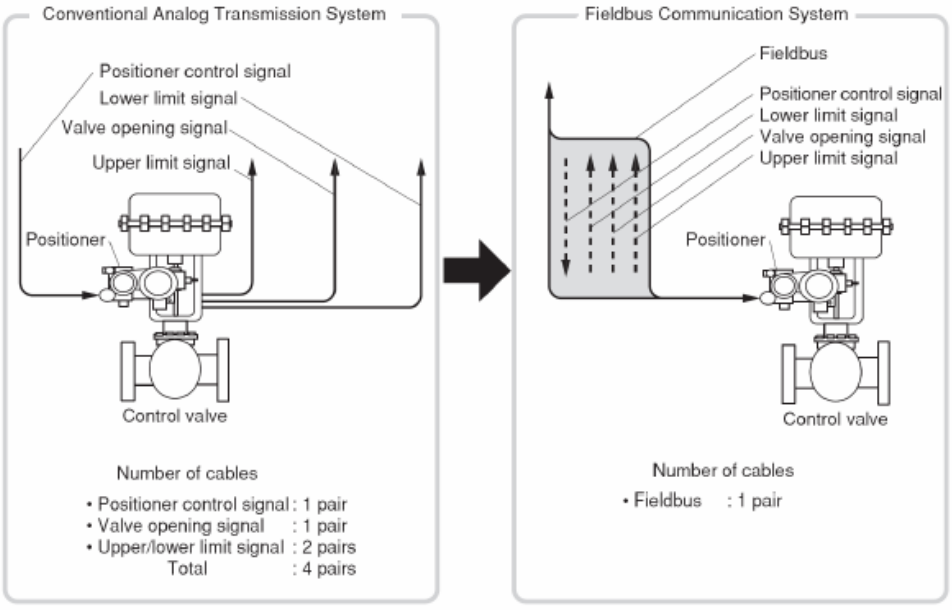
- امکان استفاده از توپولوژیهای مختلف مانند Ring , Tree , Star , Bus (نکات مربوط به توپولوژی در ضمیمه ۲ آمده است)



- امکان تغذیه وسایل متصل به شبکه از طریق باس دیتا (در برخی شبکه های فیلدباس)
- امکان استفاده در محیط های خطرناک و انفجاری یعنی جایی که ایمنی ذاتی (Intrinsically Safe) نیاز است (در برخی شبکه های فیلدباس)
- امکان ارتباط با سیستم های سطح بالاتر بصورتی که اطلاعات فیلد برای سطوح مدیریتی نیز بسادگی قابل دسترس است. در سیستم های DCS سطح دسترسی تا کارتهای I/O ولی در FCS سطح دسترسی تا خود وسیله است.



- سیستم فیلدباس متغیرهای چندگانه از یک وسیله را همزمان روی همان زوج سیم شبکه منتقل می کند و نیازی به اتصالات جداگانه نمی باشد. شکل بعد این موضوع را برای یک ولو کنترلی را نشان میدهد.



- در فیلدباس امکان استفاده از Failsafe روی خود وسیله وجود دارد که این ویژگی در DCS موجود نیست. در سیستم DCS یا PLC امکان Failsafe روی کارت I/O تنظیم می شود مقادیر حداقل یا حداکثر و مقادیر Safe در هنگام پیکر بندی سیستم برای هر کانال کارت مشخص می گردد حال اگر ترانسمیتر متصل به کارت دچار مشکل شود کارت مقدار Safe را جایگزین کرده و به کنترلر گزارش می دهد. در

فیلدباس مقادیر Safe روی خود وسیله تنظیم می گرددتا در صورت بروز خطا وسیله به حالت Fail Safe رفته و فرمانهای متناسب با شرایط(مستقل از اپراتور و کنترلر مرکزی) را صادر می کند . این خطا ها به اپراتور گزارش می شود .

۲- معایب فیلدباس

- وابستگی به کابل شبکه بگونه ای که اگر پیش بینی های لازم صورت نگرفته باشد قطعی یا اتصال کوتاه ممکن است شبکه را مختل نماید این موضوع در شبکه هایی که دارای توپولوژی باس (بویژه نوع Daisy Chain) هستند حاد تر است. برای رفع این نقیصه بزرگ می توان از توپولوژی های مطمئن تر مانند Star استفاده کرد یا سیستم را بصورت افزونه Redundant بکار برد . پیاده سازی افزونگی Redunancy در سیستم های مبتنی بر remote I/O عملی است ولی در سیستم های مبتنی بر FCS نیازمند وجود دو کابل شبکه برای اتصال وسایل فیلد و وجود دو اینترفیس روی وسیله است. عدم وجود این اینترفیس افزونه بعنوان نقطه ضعف سیستم های FCS تلقی می گردد. اگرچه می توان Redundancy فیلد باس را از سطح کنترلر با دو کابل شبکه تا فیلد ادامه داد و به کوپلر های خاص متصل نمود این کوپلر ها از سمت دیگر با یک کابل به وسایل فیلد متصل میشوند .
- بدلیل سریال بودن شبکه سرعت تبادل دیتا نسبت به سیستم های قدیمی کندتر صورت می گیرد. البته این تاخیر در بیشتر شبکه های فیلدباس کوتاه بوده و مشکلی در عملکرد کنترل فرآیند پیش نخواهد آمد.
- طراحی سیستمهای FCS نسبت به سیستمهای دیگر پیچیده تر است و نیاز به بررسی و محاسبات زیادتر دارد.
- برخی شبکه های فیلدباس توسط برخی سازندگان ساپورت نمی شوند و هنوز شبکه فیلدباسی که بطور کامل توسط تمام سازندگان پشتیبانی شود و بعنوان استاندارد جهانی مطرح شود وجود ندارد. از اینرو ممکن است در یک طرح چند نوع شبکه فیلدباس بکار گرفته شود.

۳- مقایسه FCS و DCS از نظر مقاوم بودن در برابر خطا (Fault Tolerant)

برای سنجش میزان تفاوت دو سیستم FCS و DCS در شرایط بروز خطا لازم است توجه خود را به نقطه ای که این دو سیستم با یکدیگر تفاوت ساختاری پیدا می کنند معطوف کنیم. در سطح اپراتوری این دو سیستم تفاوتی با یکدیگر ندارند زیرا در هر دو می توان از سیستم های افزونه (Redundant) که یکی در حال کار و دیگری رزرو است استفاده کرد. از نظر تغذیه نیز در هر دو می توان از منابع تغذیه Redundant استفاده کرد. آنچه این دو را در بحث بروز خطا از یکدیگر متمایز می کند بروز اشکال در کنترل و در کابل I/O می باشد. این موارد در زیر مقایسه شده اند:

۱. در DCS اگر کابل 4-20 mA یک وسیله قطع شود یک لوپ از دست می رود در FCS اگر یک وسیله مشکل پیدا کند نیز یک لوپ از دست می رود .

۲. در DCS اگر اشکال روی یک کارت I/O که چند لوپ کنترلی از طریق آن کنترل می شود رخ دهد همه لوپ ها مشکل پیدا می کند . در FCS اگر کابل اصلی شبکه Trunk مشکل پیدا کند می تواند منجر به اشکال در تمام لوپ ها شود.

۳. در DCS برای لوپ های حساس می توان از کارت های I/O که Redundant هستند استفاده کرد . در FCS برای لوپ های حساس بهتر است از توپولوژی Point –to – Point استفاده شود . یعنی لوپ کنترلی حساس روی کابل شبکه جداگانه ای کار کند.

۴. در DCS در صورت بروز خطا روی کنترلر فقط فانکشن همان کنترلر دچار مشکل می شود و سایر کنترلرها بکار خود ادامه می دهند . برای رفع این نقیصه کنترلرها می توانند Redundant باشند. در FCS در صورت بروز خطا روی کارت شبکه حتی اگر کارت دارای Redundant نباشد مشکلی برای کنترل در فیلد پیش نخواهد آمد.

۵. در صورت بروز اشکال در سیگنال در سیستم های DCS قابلیت Failsafe روی کارت I/O ولی در FCS این قابلیت روی خود وسیله فعال میشود.

- فصل ۳ -

آشنایی با Foundation Fieldbus

مشتمل بر :

۱- مقدمه

۲- مزایای Foundation Fieldbus

۳- مدل ارتباطی در شبکه Foundation Fieldbus و لایه های آن

۱- مقدمه

همانطور که در فصل اول اشاره گردید تاریخچه Foundation Fieldbus به سپتامبر ۱۹۹۴ بر می گردد یعنی زمانی که دو استاندارد مهم فیلدباس WorldFip و ISP برای ایجاد یک استاندارد مشترک به هم پیوستند. سازمان بین المللی فیلدباس که بدین صورت تاسیس گردید متشکل از بیش از ۳۵۰ سازنده بزرگ محصولات اتوماسیون و کاربران نهایی (End User) است که یکی از وظایف آن توسعه پروتکلی Open است که منطبق بر استانداردهای مهم جهانی از جمله IEC و ISA باشد . سازمان فیلد باس سازمان مستقلی است که به هیچ کشور یا شرکت خاصی تعلق ندارد .

از ۱۹۹۴ که فیلدباس بصورت استاندارد عرضه شد تا نهایی شدن آن در ۱۹۹۸ تحولات زیر را در پی داشت:

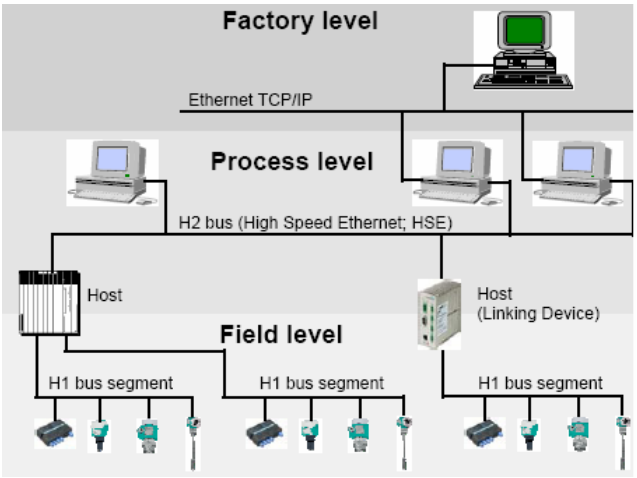
First Fieldbus Plant.	1994
Foundation Fielbus Alpha Test.	1995
Foundation Fielbus H1 profile finalized.	1996
Communication Stack registered.	1997
Foundation Fielbus Beta Test.	1998

برای Foundation Fieldbus دو پروتکل ارائه شده است که هر کدام نیاز خاصی را در اتوماسیون صنعتی بر آورده می سازد . این دو پروتکل از نظر لایه فیزیکی و سرعت ارتباط کاملاً با یکدیگر متفاوتند:

۱) H1 که با سرعت 31.25 kbps کار میکند و معمولاً برای ارتباط بین وسایل فیلد استفاده میشود. H1 امکان تبادل دیتا و نیز تغذیه وسایل فیلد را توسط دو رشته سیم بهم تابیده (Twisted Pair) فراهم می سازد . این شبکه هم اکنون کاربرد وسیعی در صنعت دارد.

۲) HSE که مخفف High Speed Ethernet است و بعضاً H2 نیز خوانده میشود با سرعت 100 Mbps کار میکند و برای ارتباط بین Subsystem ها ، Host ، وسایل لینک کننده ، Gateway ها و وسایل فیلد بکار میرود و کلاً بعنوان شبکه زیرساخت (Bakbone) برای H1 تلقی میگرددنسخه های قبلی H2 با سرعت های 1 و 2 و 5 Mbps روی اترنت کار میکرد. این شبکه از کابل استاندارد Ethernet استفاده می نماید ولی این کابل صرفاً برای دیتاست و تغذیه را منتقل نمی کند. از نظر جایگاه فیلدباس در هرم اتوماسیون همانطور که در شکل بعد نشان داده شده است H1 در Field Level و H2 در Process Level یا Cell Level بکار میرود H2 می تواند به سطوح بالاتر یا Factory Level نیز متصل گردد.

در این کتاب HSE مورد بحث قرار نمی گیرد و از اینجا به بعد هرگاه کلمه Foundation Fieldbusذکر میشود منظور فقط پروتکل H1 از Foundation Fieldbus است.

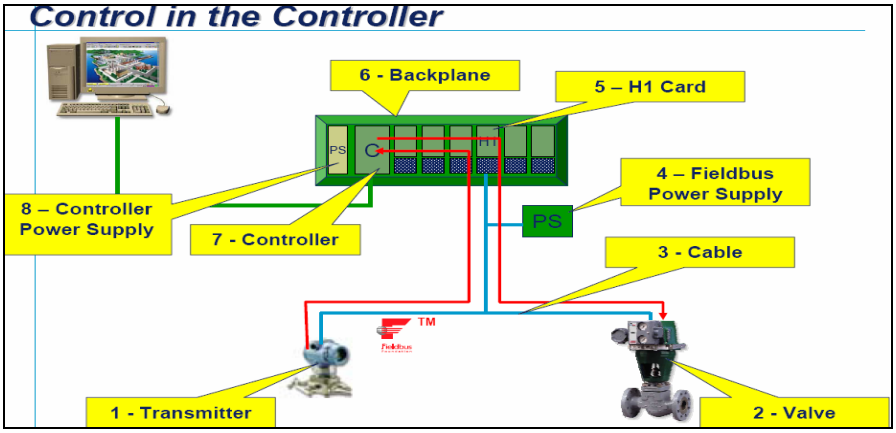


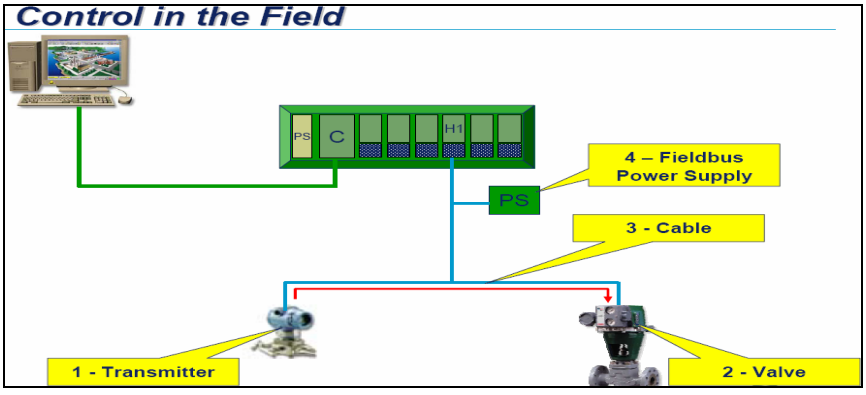
۲- مزایای Foundation Fieldbus

آنچه در فصل قبل بعنوان مزایای فیلدباس برشمرده شد برای Foundation Fieldbus نیز صادق است و نیازی به تشریح مجدد آنها نیست در اینجا صرفاً به چند مزیت دیگر اختصاراً اشاره میگردد:

- Multidrop Wiring : شبکه Foundation Fieldbus امکان اتصال ۳۲ وسیله را با یک زوج سیم فراهم می آورد که به آن یک سگمنت می گویند. با استفاده از ریپیتر این تعداد قابل افزایش است . در کاربرد های عملی با توجه به ملاحظاتی چون تغذیه و سرعت اجرای لوپ معمولاً بین ۴ تا ۱۶ وسیله را روی یک سگمنت H1 قرار میدهند. در هرصورت در مقایسه با سیستم کابل کشی قدیمی باید گفت که برای اتصال ۱۰۰۰ وسیله در سیستم قدیمی ۱۰۰۰ زوج سیم و در سیستم مبتنی بر Foundation Fieldbus بین ۶۰ تا ۲۵۰ زوج سیم لازم است که صرفه جویی قابل ملاحظه ای را بهمراه دارد.
- Multivarriable Instrument : از یک وسیله میتوان متغیرهای مختلفی را با همان زوج سیم ارسال نمود. بعنوان مثال یک ترانسمیتر فشار میتواند همزمان دما را نیز ارسال نماید. امکان استفاده از یک وسیله با چند قابلیت بدون نیاز به سیم کشی جداگانه هزینه های مهندسی و نصب را کاهش میدهد.
- Two-Way Communication : تبادل اطلاعات میتواند دو سویه باشد. بعنوان مثال یک کنترل ولو در سیستم قدیمی نیاز به یک زوج سیم برای گرفتن فرمان از کنترلر و زوج سیم دیگر برای ارسال فیدبک به کنترلر داشت. در سیستم مبتنی بر Foundation Fielbus فرمان و فیدبک هر دو با یک زوج سیم منتقل میشوند.
- Self Diagnostic : وسایل آنالوگ و دیجیتال قدیمی در صورت بروز مشکل نمی توانستند بروز عیب را خودشان اطلاع دهند اما وسایل متصل به شبکه FF می توانند درستی یا نادرستی عملکرد خود را ارسال نمایند. با این ویژگی بسیاری از چک های روتین که در سیستم های قدیمی نیاز بود حذف میشود وInspection صرفاً زمانی لازم میشود که خود وسیله اعلام نماید. بعلاوه در این سیستم قبل از اینکه وسیله دچار اشکال اساسی شود و از کار بیفتد بروز خطا ها را اعلام می نماید.

- Control in the Field : در شبکه FF امکان اجرای بسیاری از الگوریتم های کنترلی در سطح فیلد بدون نیاز به دخالت کنترلر مرکزی میسر است . این نوع کنترل علاوه بر داشتن هزینه کمتر ، عملکرد بهتری را برای سیستم به همراه دارد به عبارت دیگر حتی در صورت بروز اشکال در کنترلر اصلی (Host) سیستم به کار کنترل اتوماتیک خود ادامه خواهد داد. بعنوان مثال یک لوپ کنترلی را در نظر بگیرید از نظر برنامه نویسی این لوپ شامل سه فانکشن AI و PID و AO می باشد این فانکشن ها در محیط برنامه نویسی صدا زده شده و بهم لینک میشوندAI از ترانسمیتر گرفته شده و AO به ولوکنترلی داده میشود این سه فانکشن به پردازشگر وسیله(ترانسمیتر یا کنترل ولو) دانلود می گردند بنابراین اگر کنترلر اصلی دچار مشکل شود کنترل این لوپ از دست نخواهد رفت. وجود فانکشن های فوق امکانات مانیتورینگ زیادی را همچون سیستم های DCS برای اپراتور فراهم می سازد. با این وجود در فیلدباس امکان استفاده از کنترلر اصلی برای کنترل لوپ نیز وجود دارد. دو شکل زیر دو نوع سیستم کنترل را در فیلدباس نشان می دهد.





همانطور که مشاهده میشود در سیستم دوم یعنی کنترل در فیلد اجزای سخت افزاری که در مسیر لوپ وجود دارند کمتر است از اینرو MTBF بیشتر و اطمینان بالاتر خواهد بود

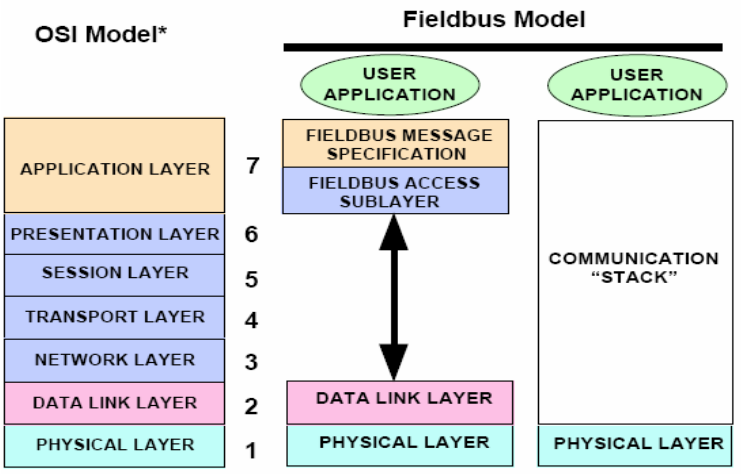
Control in the DCS	Control in the Field
1. Transmitter	1. Transmitter
2. Valve	2. Valve
3. Cable	3. Cable
4. Fieldbus Power Supply	4. Fieldbus Power Supply
5. **H1 Card**	
6. **Backplane**	
7. **Controller**	
8. **Controller Power Supply**	
MTBF = X	**MTBF = 1.833X**

- انطباق با استاندارد : Foudation Fieldbus توسط استانداردهای بزرگ زیر پوشش داده شده است:
  - ANSI/ISA 50.02
  - IEC 61158-2
  - CENELEC EN50170
- پشتیبانی توسط سازندگان بزرگ: Foundation Fieldbus توسط اکثر سازندگان بزرگ تجهیزات کنترل و اتوماسیون در دنیا پشتیبانی میشود.
- Interoperability : وسایل مختلف روی یک باس FF براحتی با یکدیگر کار میکنند.
- Interchangeability : میتوان وسیله ای ازیک سازنده را با وسیله ای با همان عملکرد از سازنده دیگر بسهولت تعویض نمود.
- برآورده سازی نیازهای ایمنی : FF نه تنها در پروسه های معمولی بلکه میتواند در پروسه هایی که نیاز به ایمنی بالا دارند (محیط های خطرناک و انفجاری) نیز استفاده شود.
- قطعیت ارسال بموقع دیتا : پروتکل FF به گونه ای است که ارسال دیتا براساس برنامه ای زمان بندی شده و بدون تاخیر انجام میشود.

۳- مدل ارتباطی در شبکه Foundation Fieldbus و لایه های آن

مدل OSI بطور عام هفت لایه را برای ارتباط معرفی می کند (رجوع شود به ضمیمه ۲) در پروتکل H1 در Foundation Fieldbus فقط سه لایه از ۷ لایه فوق استفاده میشود. یعنی لایه های ۱ و ۲و ۷ . این موضوع در بسیاری از انواع فیلد باس های دیگر نیز وجود دارد یعنی از تمام لایه های مدل OSI در آنها استفاده نمی شود بعنوان مثال Profibus-DP فقط از لایه های ۱ و ۲ استفاده می کند . باید گفت حجم دیتا در سطوح پایین هرم اتوماسیون مانند سطح فیلد در حدی نیست که تمام لایه های OSI بکار گرفته شوند. برخی لایه ها فقط برای شبکه هایی که دیتاهای زیاد تبادل می کنند مانند شبکه اترنت کاربرد دارندمثلاً وقتی حجم دیتا زیاد است لازم است به بسته های کوچکتر شکسته شود و به آن یک شماره اختصاص داده شود و ارسال گردد. گیرنده در لایه متناظر این تکه ها را بهم الصاق کرده و کل

دیتا را بازیافت می کند. مکانیزم هایی از این قبیل در فیلدباس بدلیل بسته های کوچک دیتا کمتر کاربرد دارند از اینرو وجود لایه های اضافی ضرورت پیدا نمی کند.



در شکل فوق دیده می شود که در Foudation Fieldbus در بالای لایه ۷ یک لایه دیگر با عنوان User Application وجود دارد. از اینرو بعضاً به آن لایه هشتم نیز گفته میشود اگرچه در مدل OSI هیچ لایه هشتمی وجود ندارد. لایه User امکان ارتباط سایر برنامه های کاربردی با لایه های زیرین (یعنی در واقع با وسایل فیلد) را فراهم میسازد.

پایین ترین لایه یا لایه فیزیکی همانطور که از نامش پیداست ویژگی های فیزیکی ارتباط نظیر سرعت ، توپولوژی ، کابل و امثال آن را تعریف می کند ولی لایه های ۲ و ۷ ویژگی های منطقی ارتباط نظیر نحوه دسترسی به باس ، نحوه کنترل خطا و امثال آن را مشخص می کنند از اینرو در مباحث Foundation Fieldbus ترجیح داده شده که لایه های ۲ و ۷ بصورت ترکیبی و با عنوان Communication Stack مطرح گردند. با توجه به شکل دیده میشود که Communicatin Stack شامل سه مورد زیر است :

- DLL یا Data Link Layer (لایه ۲)
- FAS یا Fieldbus Access Sublayer (مربوط به لایه ۷)
- FMS یا Fieldbus Message Specifation (مربوط به لایه ۷)

در لایه فیزیکی امکان استفاده از توپولوژی های مختلف باس و ستاره و درختی با امکان تغذیه از باس و کاربر در محیط های خطرناک با سرعت 31.25 kbps فراهم شده و در لایه دیتا لینک سنکرون سازی اجرای فانکشن بلاک های کنترلی و کنترل خطا مدیریت میشود. وجود فانکشن بلاک های استاندارد مورد نیاز کنترل فرآیند در لایه های بالا بصورت باز امکان عملکرد(Interoperability) وسایل سازندگان مختلف روی شبکه را فراهم می آورد.

در ادامه لایه ۱ در یک فصل با عنوان لایه فیزیکی و لایه های ۲ و ۷ و User Layer در فصل دیگری تحت عنوان لایه های منطقی تشریح می شود.