



جامعة المنارة الخاصة
كلية الهندسة
هندسة ميكاترونك

الشبكات الصناعية

Industrial Networks CEMC606

مدرس المقرر
د. بسام حسن

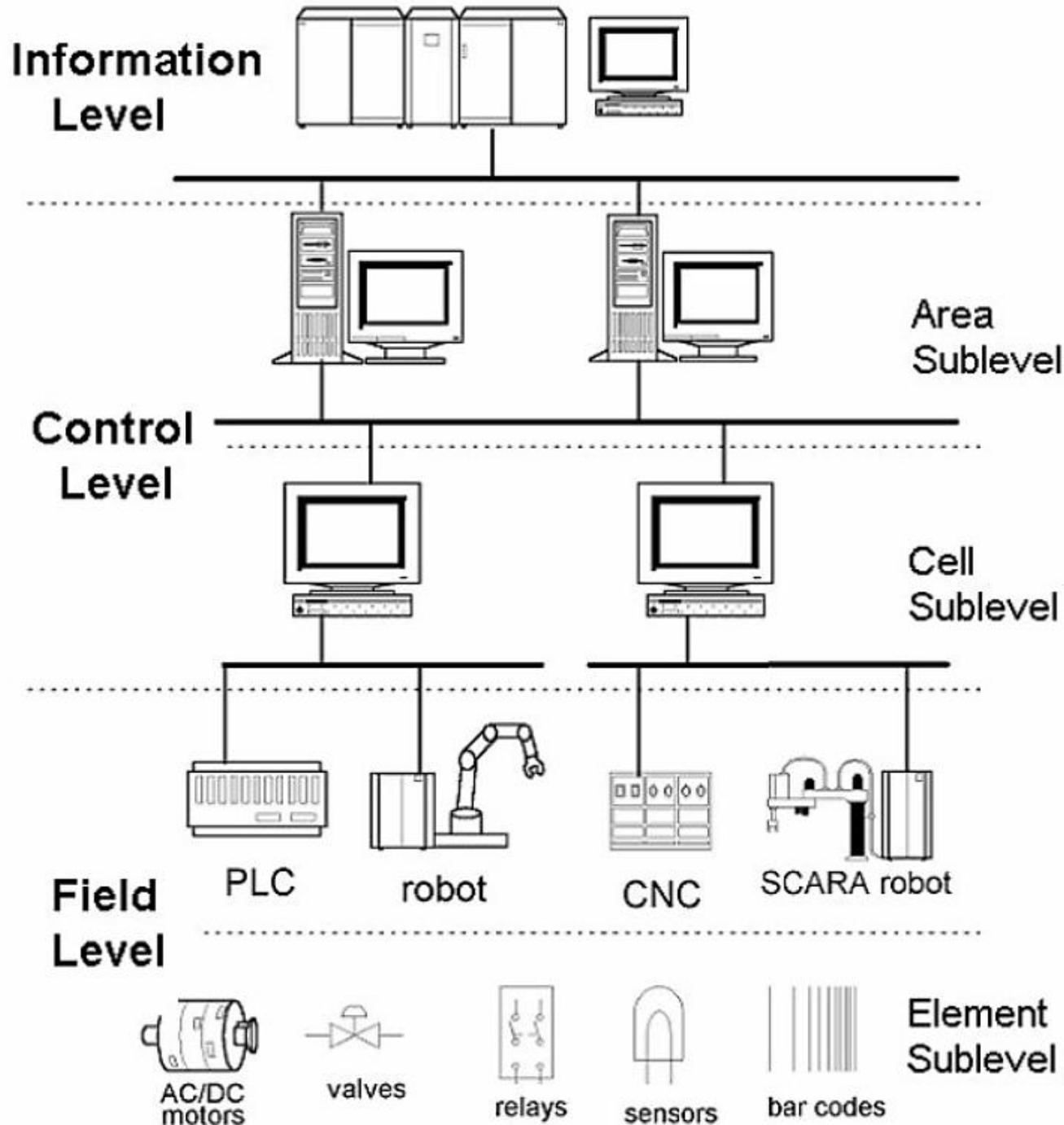


مفردات من المحاضرة الثالثة :

- البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية
- تصنيف شبكات مستوى الحقل
- تفاصيل ومفاهيم Fieldbus
- بنية نظام Fieldbus ومستوياته
- نظرة عامة على بروتوكولات Fieldbus الصناعية



البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية



البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية

يتم تقسيم الشبكات الصناعية إلى 3 مستويات هرمية رئيسية:

شبكات مستوى الحقل field-level networks

تشمل الأجهزة والمعدات الميدانية مثل الحساسات والمشغلات.

تُعرف أحياناً بمستوى الجهاز Device level حيث يتم التحكم في هذه الأجهزة مباشرة.

شبكات مستوى التحكم: control-level networks

تتعامل مع المعالجات والمتحكمات التي تدير تحكم العمليات الصناعية، وتربط بين مستوى الحقل ومستويات الإدارة العليا.

شبكات مستوى المعلومات information-level networks

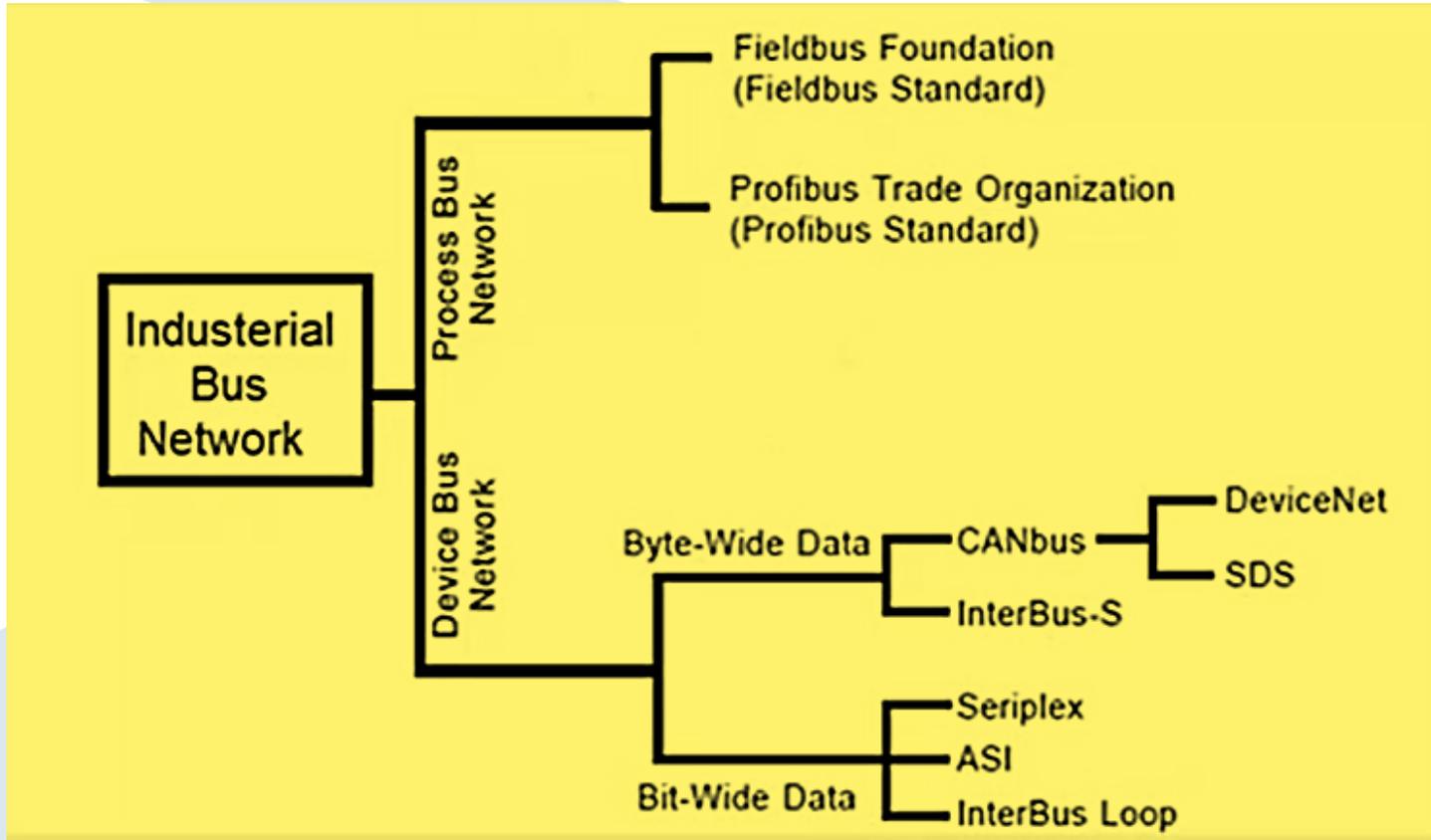
تختص بجمع البيانات وتحليلها على مستوى الإشراف والإدارة Supervisory Level، وتستخدم في التخطيط واتخاذ القرارات العليا.

الفكرة الأساسية أن كل مستوى يُمثل طبقة من البنية الهرمية للنظام الصناعي، حيث تختلف نطاقات الوظائف ومستوى الاتصال، مما يسمح بتنسيق وتوزيع المهام بشكل منظم وفعال.



شبكات مستوى الحقل field-level networks

شبكات مستوى الحقل هي طبقة الشبكات المسؤولة عن ربط الحساسات، المؤشرات، والمحركات (المنفذات) وأجهزة الإدخال/الإخراج المباشرة مع وحدات التحكم الميدانية أو مع أنظمة التحكم الأعلى في المصانع والأنظمة الصناعية. تركز على نقل إشارات القياس والأوامر بسرعة وموثوقية وبكلفة منخفضة.



المخطط يصنف **Industrial Bus Network**

إلى فرعين رئيسيين حسب وظيفة وحجم البيانات ومتطلبات الزمن الحقيقي:

- Process Bus Network

- Device Bus Network

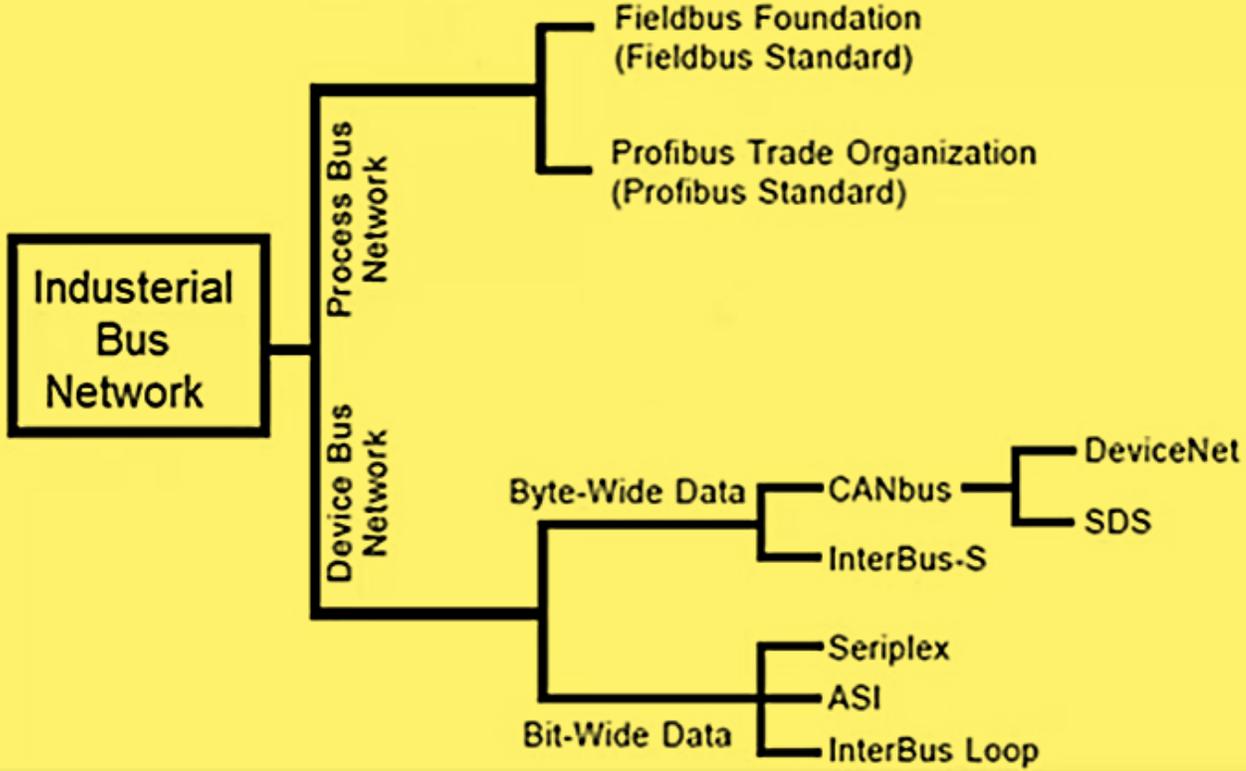
الهدف العلمي من التصنيف هو مطابقة خواص البروتوكول (حجم الرسالة، عرض الحزمة، زمن الاستجابة، قدرات التشخيص) مع طبيعة الإشارات والأجهزة في النظام الصناعي.



البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية

شبكات مستوى الحقل field-level networks

Process Bus Network

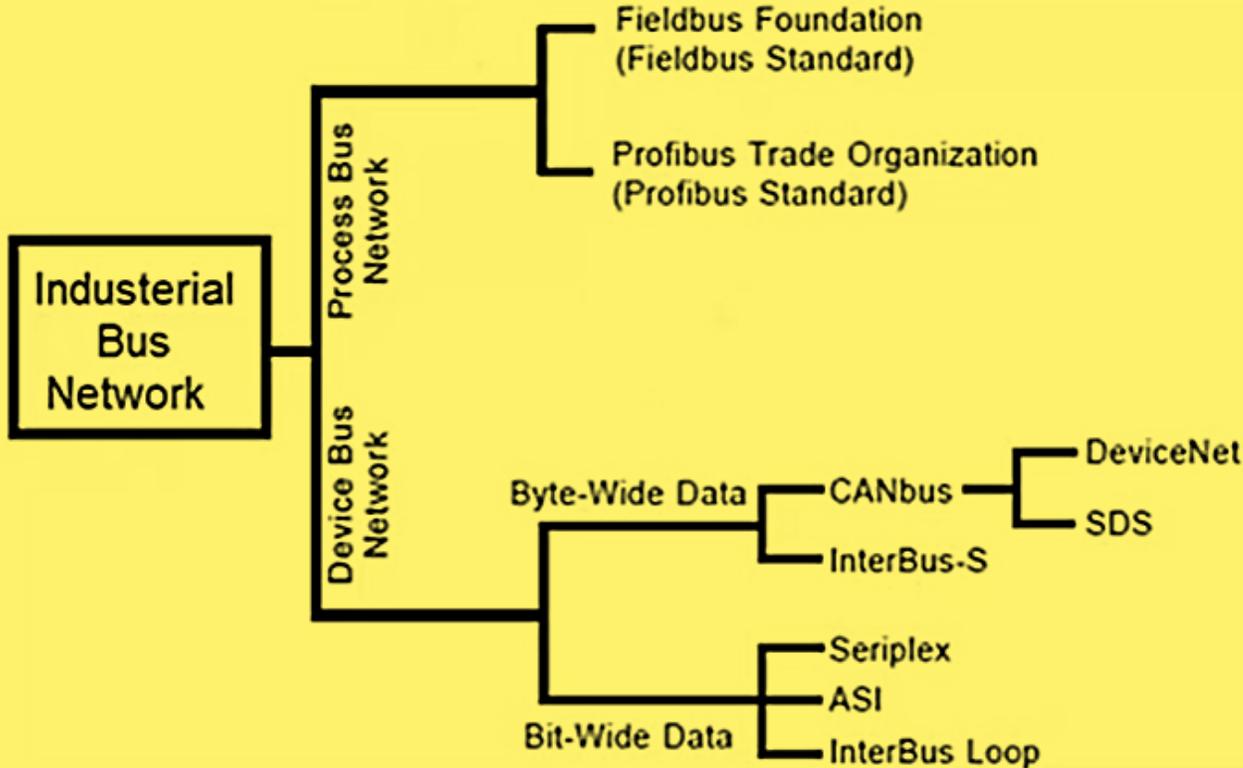


طبيعة الوظيفة: نقل بيانات عملياتية مُجمّعة ومعقدة بين أنظمة التحكم المركزية ومحطات الإدخال/الإخراج العالية المستوى.

الخصائص التقنية: دعم جزم بيانات كبيرة، بنى رسائل غنية بالخصائص (توقيت، وصف أجهزة، تشخيص).



Device Bus Network



طبيعة الوظيفة: ربط أجهزة الحقل الفردية (حساسات، مفاتيح، محركات صغيرة، منافذ I/O) مع وحدات تحكم ميدانية أو وحدات I/O موزعة، مع متطلبات زمنية صارمة أحياناً وحجم رسالة صغير أو متوسط.



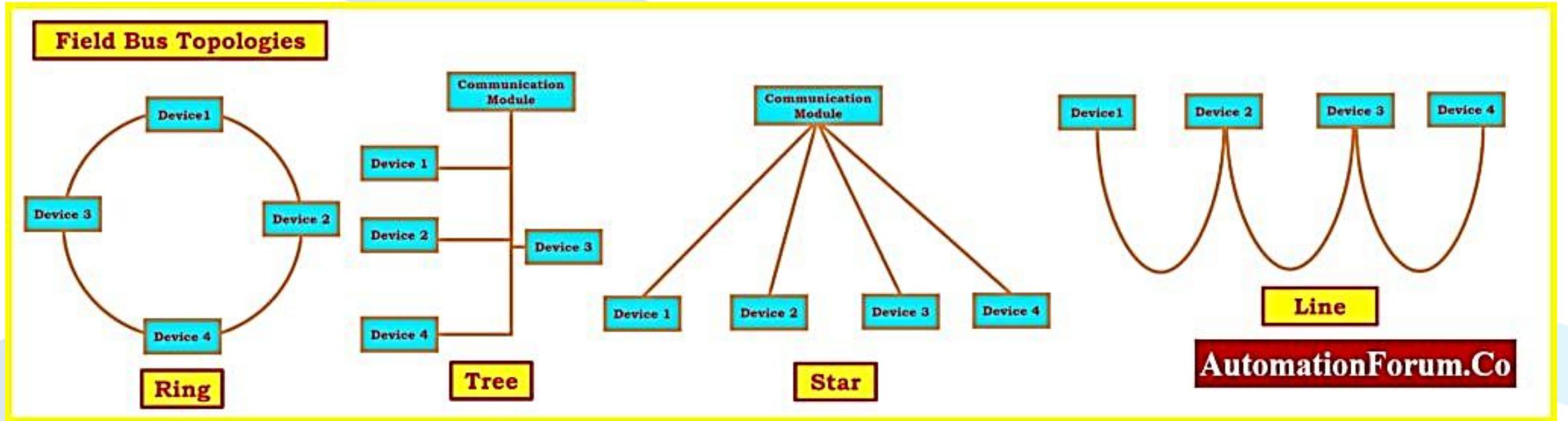
Fieldbus

- هي تقنية شبكة صناعية رقمية لنقل البيانات بين أجهزة التحكم مثل PLC والأجهزة الميدانية (مثل I/O والمحركات والمشغلات وأجهزة الإرسال) لغرض التحكم في خطوط الإنتاج والمعدات. من خلال تحسين الاتصالات بين هذه الأجهزة.
- يقدم تحسينات كبيرة في طريقة التحكم في المرافق ومراقبتها وإدارتها في بيئات التشغيل الآلي والمصنع.
- تشمل مزايا قدرته على توصيل أجهزة متعددة على كابل واحد أو "ناقل". يمكن لهذا العامل وحده أن يقلل من تكاليف التصميم والهندسة والتشغيل والصيانة بنسبة تصل إلى ٤٠٪. تعني الدقة الأكبر لـ "الرقمية" أيضاً تحسينات كبيرة في سرعات الإنتاج وجودته ، بينما تسمح التشخيصات الأفضل لخطوط الإنتاج المتصلة بالممر الحقلية بالاستفادة من تقنيات إدارة الأصول المتقدمة.
- يمكن أن يوفر أيضاً الأداء في الوقت الفعلي الذي تتطلبه بيئات الأتمتة الحالية.
- تستمر تكنولوجيا الممر الحقلية في التطور والتحسين. في الوقت الحالي، حصلت تقنياته مثل **PROFIBUS** و **EtherCAT** و **Ethernet/IP** - على الاعتراف والترؤيج من مؤسسات المعايير الدولية.



طوبولوجيا شبكة Fieldbus المختلفة

يمكن ترتيب العناصر الموجودة في ناقل المجال الصناعي بعدة طرق. بعض تكوينات Fieldbus الصناعية الأكثر شيوعًا هي كما يلي:

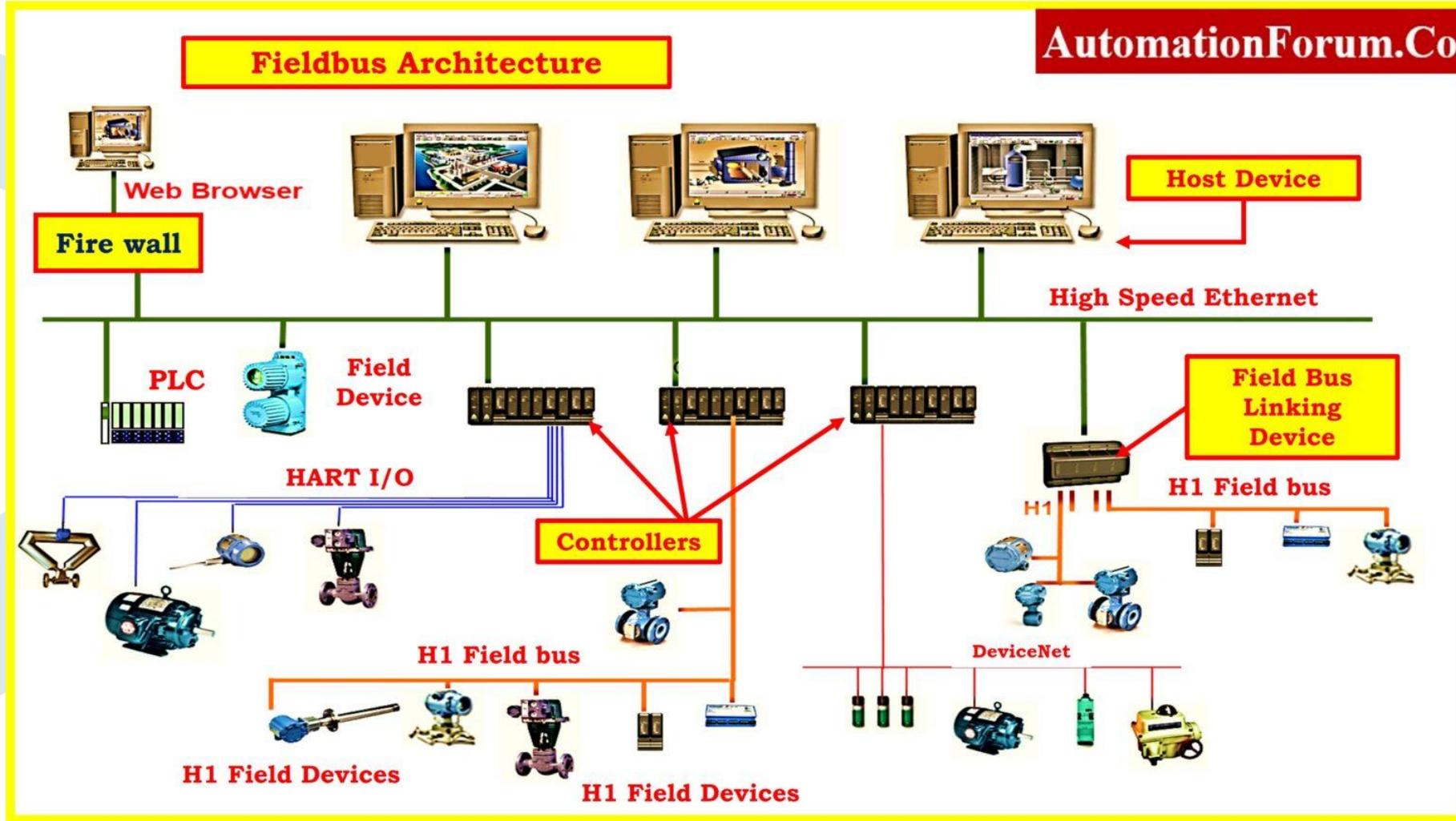


المستويات/هندسة نظام Fieldbus



البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية

شبكات مستوى الحقل field-level networks



المستويات/هندسة نظام Fieldbus



البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية

شبكات مستوى الحقل field-level networks

تنقسم أنظمة Fieldbus إلى أربعة مستويات، مع زيادة تعقيد كل مستوى.

Sensor Bus Networks

يتضمن هذا المستوى التأسيسي أجهزة ميدانية أساسية المتصلة بكابل شبكة واحد. فهو ينقل إشارات الإخراج من وحدة التحكم إلى أجهزة المشغل، مثل أجهزة الإنذار.

Device Bus Network

يعمل هذا المستوى على نطاق أوسع، ويربط العديد من أجهزة الاستشعار والمحركات ومحركات المتغيرة السرعة ومراكز التحكم في المحركات. فهو يتيح التحكم في العناصر الفردية داخل الشبكة.

Control Bus Network

من بين أكثر الشبكات تعقيدًا في المصنع، تعمل على تسهيل اتصالات البيانات عالية المستوى. ترتبط وحدات التحكم المنطقية القابلة للبرمجة PLCs والأدوات الذكية ببعضها البعض، وترتبط بلوحات الواجهة البشرية.

Enterprise Bus Networks

المستوى الأعلى والأكثر تعقيدًا في نظام Fieldbus، والمعروفة أيضًا باسم شبكة مستوى المعلومات، تربط جميع أجهزة الكمبيوتر والأقسام. وهو يعتمد على الكمبيوتر، ويتضمن جمعًا مكثفًا للبيانات، ونقل الملفات، ومراقبة الكمبيوتر.



طوبولوجيا Fieldbus

البنية الهرمية التراتبية لأنظمة الشبكات الصناعية

- الممر الحقلي يربط الحساسات والمشغلات والمحركات ووحدات الإدخال/الإخراج بوحدات التحكم مثل PLC والمحطات الرئيسية عبر كابل واحد لنقل إشارات رقمية بسرعة وموثوقية مع تقليل الأسلاك.

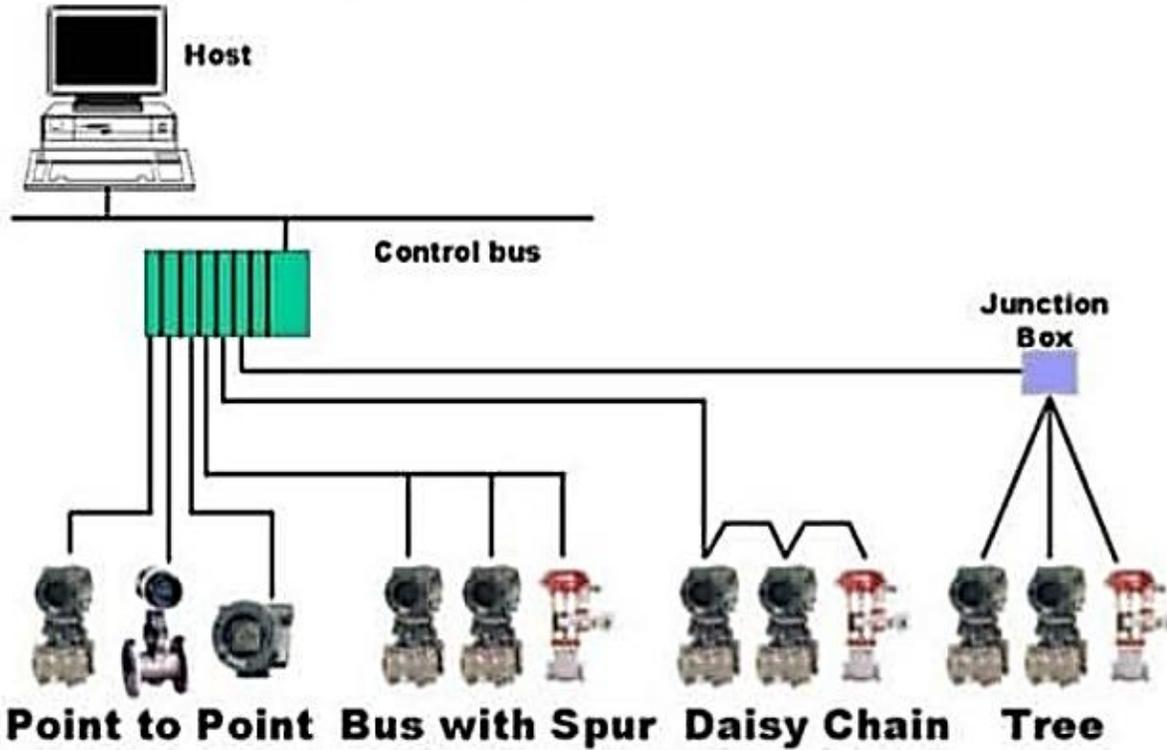
المزايا

السرعة: الممر الحقلي يقلل كمية الأسلاك لأن كل الأجهزة تتصل عبر كابلٍ مشترك، فلا حاجة لوصلات متعددة لكل إشارة، لذا تُبرمج وتُركَّب الأنظمة أسرع وتُنقل البيانات بكفاءة.

مقاومة التدخل: الإشارات الرقمية أقل عرضة للضوضاء والتداخل الكهرومغناطيسي مقارنة بالإشارات التناظرية الطويلة، وهذا يحسِّن استقرار النظام خصوصاً في البيئات الصناعية عالية الضوضاء.

التوحيد: وجود بروتوكولات معيارية يعني أن أجهزة من شركات مختلفة يمكن أن تعمل معاً على نفس الممر الحقلي، فلا يلزم شراء كل المكونات من نفس الصانع، ما يقلل الاعتماد على مورد واحد ويزيد الخيارات.

قابلية التوسعة: إضافة أجهزة أو تعديل النظام أسهل عبر الممر الحقلي: يكفي توصيل جهاز جديد إلى الحافلة وتكوينه بدلاً من تمديد آلاف الأمتار من الأسلاك التقليدية.





جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

نظرة عامة على بروتوكولات Fieldbus الصناعية

Fieldbus Protocol	Speed	Maximum Distance	Max Nodes	Topology	Use Cases
Profibus	9.6 kbit/s to 12 Mbit/s	100 m to 9.6 km (speed-dependent)	127	Tree, Star	Applied in factory and process automation
Ethernet/IP	10 Mbit/s to 1 Gbit/s	100 m (Copper Ethernet), Distance up to 40 km (Fiber Optic type)	Unlimited	Star, Tree, Line	Varied applications in automation and process control
EtherCAT	100 Mbit/s	100 m (between devices)	65535	Line	Facilitates real-time industrial control systems

استعرضنا جزء صغير من هذه البروتوكولات.

يعد فهم خصائص هذه البروتوكولات أمرًا ضروريًا للمهندسين والمهنيين المشاركين في تصميم وتنفيذ حلول الأتمتة الصناعية.



Fieldbus/EtherCAT

(Ethernet for Control Automation Technology)



- **EtherCAT** ، هي تقنية **Ethernet الصناعية** التي ابتكرها Beckhoff، تجعل الآلات والأنظمة أسرع وأبسط وأكثر فعالية من حيث التكلفة.
- يُنظر إلى **EtherCAT** على أنه ناقل Ethernet حقل لأنه يجمع بين مزايا Ethernet وبساطة أنظمة الممر الحقل الكلاسيكية ويتجنب تعقيد تقنيات تكنولوجيا المعلومات.



Fieldbus/EtherCAT

(Ethernet for Control Automation Technology)



شبكات مستوى الحقل field-level networks

الطبقات المادية EtherCAT

يستخدم EtherCAT نفس الطبقات المادية وطبقات ارتباط البيانات الخاصة بالإيثرنت، كما هو موضح أدناه:

7 Layers

7 - Application Layer (AL)

6 - Presentation Layer

5 - Session Layer

4 - Transport Layer

3 - Network Layer

2 - Data Link Layer (DL)

1 - Physical Layer (PL)

EtherCAT®

Standard Data

Real-time Data

TCP, UDP

IP

EtherCAT® MAC

EtherCAT® Physical Layer

- الطبقة المادية هو الجهاز الذي ينقل البيانات فعليًا عبر الشبكة. هذا هو المستوى الكهربائي الأساسي للشبكة.
- طبقة ربط البيانات هو المكان الذي يتم فيه ترميز البيانات في حزم. ولكن بعد ذلك يتم تخطي الطبقات الأخرى المعروفة جيدًا لمستخدمي إيثرنت مثل طبقة الشبكة IP وطبقة النقل TCP و UDP بالكامل بواسطة EtherCAT لصالح وقت الدورة.



Fieldbus/EtherCAT

(Ethernet for Control Automation Technology)



شبكات مستوى الحقل field-level networks

الاختلافات بين Ethernet و EtherCAT

	إيثرنت	إيثركات
الطبقات المادية وطبقات وصلة البيانات المشتركة	نعم	نعم
المعيار الدولي	IEEE-802.3	IEC 61158
التوقيت الحتمي	لا	نعم
عملية السيد/العبد	لا	نعم
الأمثل للتحكم في الوقت الحقيقي	لا	نعم
الأمثل لتجنب تضارب البيانات	لا	نعم



نهاية المحاضرة الثالثة

