



Escola Politècnica Superior d'Enginyeria  
de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# MINIPROJECTE

# AUTOMATITZACIÓ INDUSTRIAL

**TÍTOL:** SISTEMES DE COMUNICACIÓ INDUSTRIAL

**AUTOR:** Jordi Parera Giro.  
Jordi Vazquez Marques.  
Albert Balaguer Oms.

**TITULACIÓ:** ETI, Especialitat en Electrònica Industrial.

**DIRECTOR:** Pere Ponsa.

**DEPARTAMENT:** Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial

**DATA:** 25/05/2004

## **RESUM**

Aquest treball és una recopilació dels diferents sistemes de comunicació més utilitzats actualment a la indústria i pretén ser una guia per poder escollir el sistema més adequat segons el camp d'aplicació, distància d'enllaç o velocitat de transmissió.

El recorregut pels diferents sistemes de comunicació, l'hem fet tenint en compte les diferents jerarquies (piràmide CIM) existents en les comunicacions industrials, des de el nivell de supervisió fins al nivell de sensor – actuator. Estudiarem els diferents bussos que hi ha en general, com per exemple el bus ASi, busos de camp junt amb les seves diverses variants, busos a nivell de cèl·lula (Profibus FMS) i bus a nivell d'indústria.

Un cop fet el recorregut pels diferents sistemes de comunicació presentem una Aplicació amb DeviceNet on mostrem els avantatges e inconvenients de treballar amb aquest bus a nivell de flexibilitat i on també es representarà com a possible solució un esquema de comunicació.

### **Paraules clau:**

Comunicació	Industrial	Jerarquies	CIM	Sensor
Enllaç	Transmissió	Bus	Supervisió	Actuator

## ÍNDEX

1.- Presentació i Objectius.....	Pag 3
2.- Desenvolupament teòric. ....	Pag 4
2.1.- Introducció. ....	Pag 5
2.2.- Tipus de comunicacions. ....	Pag 6
2.2.1.- Nivell d'Acció/Sensor (nivell de cèl·lula). ....	Pag 7
2.2.2.- Nivell de Control (nivell de camp). ....	Pag 7
2.2.3.- Nivell de Supervisió (nivell de planta). ....	Pag 8
2.2.4.- Nivell de gestió (nivell de fàbrica). ....	Pag 9
2.2.5.- Paràmetres de comunicacions. ....	Pag 10
2.3.- Característiques. ....	Pag 12
2.3.1.- Bus Asi. ....	Pag 13
2.3.2.- Bus CAN. ....	Pag 16
2.3.3.- CAN-open. ....	Pag 21
2.3.4.- DEVICE NET (compobus /D ). ....	Pag 24
2.3.5.- FIELDBUS. ....	Pag 25
2.3.6.- ETHERNET. ....	Pag 27
2.3.7.- Lonworks. ....	Pag 29
2.3.8.- PROFIBUS. ....	Pag 32
2.3.8.1.-PROFIBUS –FMS i tcp/ip. ....	Pag 32
2.3.8.2.-PROFIBUS –DP. ....	Pag 33
2.3.8.3.-PROFIBUS –PA. ....	Pag 35
2.3.9.- COMPOBUS /S. ....	Pag 37
2.3.10.- Controler LINK. ....	Pag 39
2.4.- Comparativa. ....	Pag 41
3.- Possibles arquitectures de muntatge. ....	Pag 43
3.1.- Red òptica amb profibus. ....	Pag 43
3.2.- Red elèctrica. ....	Pag 45
3.3.- Exemples de connexió profibus. ....	Pag 46
3.4.- Mapa de connexió de múltiples protocols comunicació. ....	Pag 48
4.- Aplicacions pràctiques al món real. ....	Pag 50
4.1.- Aplicació CAN Open. ....	Pag 50
5.- Conclusions. ....	Pag 54
Annexes. ....	Pag 55
Referències. ....	Pag 55

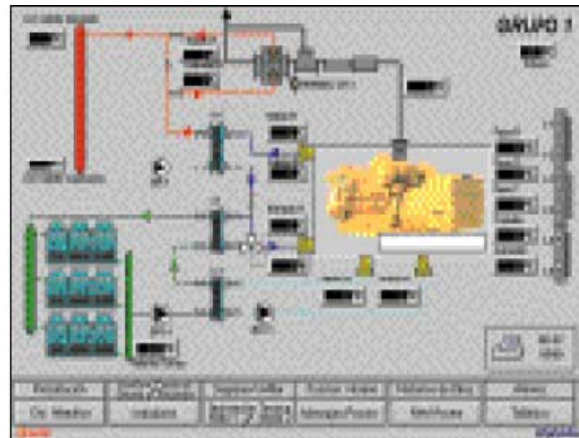
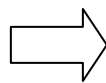
## 1.- Presentació i Objectius.

El nostre objectiu és fer un recorregut pels diferents mètodes de comunicació industrial, tenint en compte les diferents jerarquies existents en les comunicacions industrials, des de el nivell de supervisió fins al nivell de sensor – actuator. Estudiarem els diferents bussos que hi ha en general, com per exemple el bus ASi, busos de camp junt amb les seves diverses variants, busos a nivell de cèl·lula (Profibus FMS) i bus a nivell d'indústria en la qual Ethernet és una aposta bastant clara avui en dia.

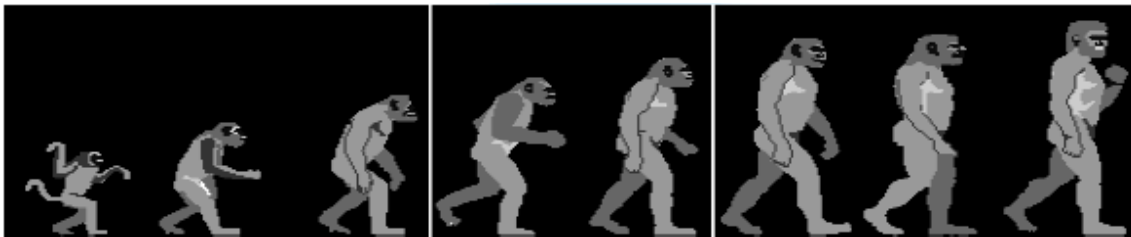
A partir d'aquí centrar-nos en un bus en concret i fer una possible aplicació.



ABANS



AVUI DIA



En els dibuixos es vol representar gràficament l'evolució que ha comportat el fet d'automatitzar els sistemes de producció a nivell industrial. A la foto de la dreta s'observa com anteriorment les sales de control eren totalment manuals i cada sensor-actuator tenia el seu corresponent indicador/comandament. Amb l'evolució s'ha passat a disposar d'un panell de control que ens permet observar l'estat del sistema o màquina en temps real i poder actuar sobre ell a través d'un sistema monitoritzat.

## 2.- Desenvolupament teòric.

### 2.1.- Introducció.

La necessitat del desenvolupament i implementació de diferents nivells de xarxes de comunicacions industrials és el resultat directe de l'aplicació del concepte CIM (Computer Integrated Manufacturing) en el procés de producció, disseny i gestió d'un procés industrial. Podríem dir que CIM és una metodologia de treball i una filosofia de disseny dels sistemes d'automatització, producció i gestió orientats a la millora dels nivells de qualitat i la optimització en els processos de fabricació. Aquesta metodologia s'ha utilitzat per satisfer les demandes:

- exigències de qualitat.
- flexibilitat i adaptabilitat de la planta.
- aportar informació útil al personal gestor i comercial per poder adaptar la producció de forma ràpida i eficaç dependent de les necessitats del mercat.

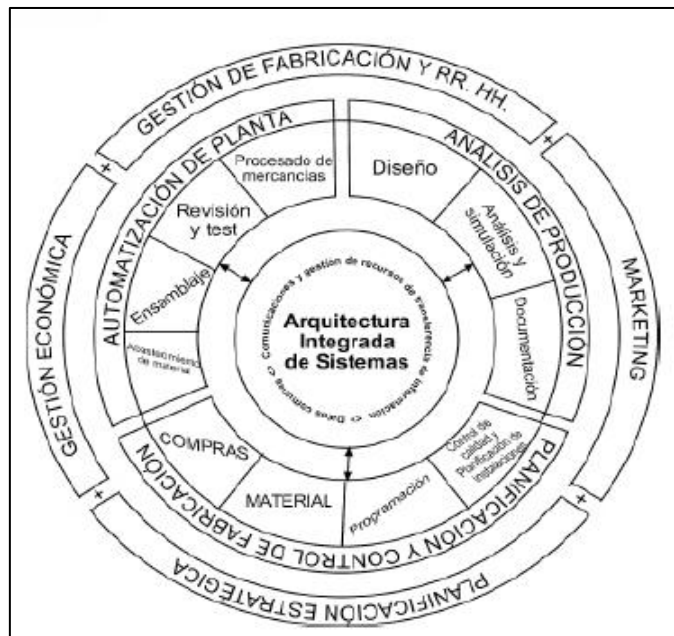


Fig.2.1: Arquitectura integrada de sistemas.

Els processos d'automatització industrial s'han de considerar sempre dins d'un entorn on ha d'existir una integració amb els altres elements de producció i gestió. La necessitat d'estar orientat sempre segons les necessitats del mercat que modificarà les condicions de fabricació, mitjançant els criteris de la direcció; assistits per les àrees de disseny i producció de producte, ja que són aquestes qui coneixen l'adaptabilitat de les instal·lacions als possibles nous productes, les inversions a realitzar, temps de disseny, etc.

Principals àrees necessàries per a la fabricació d'un producte:

Es comença per l'àrea de disseny de producte mitjançant els sistemes de disseny assistit per ordinador (CAD).

La següent etapa és la planificació de processos mitjançant tècniques assistides per ordinador (CAPP: Computer Aided Process Planning) per ajudar al

dissenyador a avaluar els nivells de complexitat que tindrà el producte a la hora de ser manufacturat.

El següent pas consisteix en la planificació dels sistemes de producció (PPS: Planning Production System), optimització de les tasques i processos a realitzar. Millorar la qualitat i reduir costos en qualsevol procés. Gestió de la producció assistida per ordinador (CAPC: Computer-Aided Production Control ó CAPM: computer-aided production management), supervisió dels processos productius per analitzar les seves necessitats i ser capaços de reaccionar abans de que disminueixi el ritme de producció o els nivells de qualitat.

Els sistemes de gestió logística (TMS: Transportation Management System)

Finalment, al procés productiu apropiadament dit, tots aquells elements encarregats de produir, mecanitzar i conformar el producte que es desitja comercialitzar.

Bàsicament, en la planta de fabricació es diferencien tres tipus d'elements principals com són els elements de procés, de transport i d'emmagatzematge.

Els elements de procés són: automàtics programables (PLC), sistemes de control numèric (CNC) o robots encarregats de realitzar el mecanitzat i muntatge del producte ajudats per motors, sensors, actuadors, tot això complementat per el personal de planta. Altres elements de procés a destacar són els sistemes automàtics d'inspecció de qualitat que cada vegada amb més freqüència s'afegeixen a la línia de producció.

Els elements de transport permeten l'abastiment de matèries primeres i faciliten la tasca de traslladar el producte finalitzat al seu lloc d'emmagatzematge. En aquest sector podem destacar els vehicles de conducció automàtica (AGV: Automatic Guided Vehicle). Els sistemes d'emmagatzematge i recuperació automàtics (AS/RS: Automated Storage and Retrieval System) permeten emplaçar grans quantitats de mercaderies de manera automàtica i ordenada amb un temps d'accés reduïts.

Indústries amb aquest tipus de implantacions integrals són les cadenes de muntatge de cotxes, indústries petroquímiques, muntatge de sistemes electrònics, etc..

## 2.2- Tipus de comunicacions.

Intercomunicació mitjançant busos.

L'ús d'ordinadors i autòmats programables com eina de tractament de la informació es habitual, i la implantació de xarxes de comunicació internes, necessària. Dins del busos de comunicacions establirem diferents nivells segons les necessitats de cada tipus de comunicació:

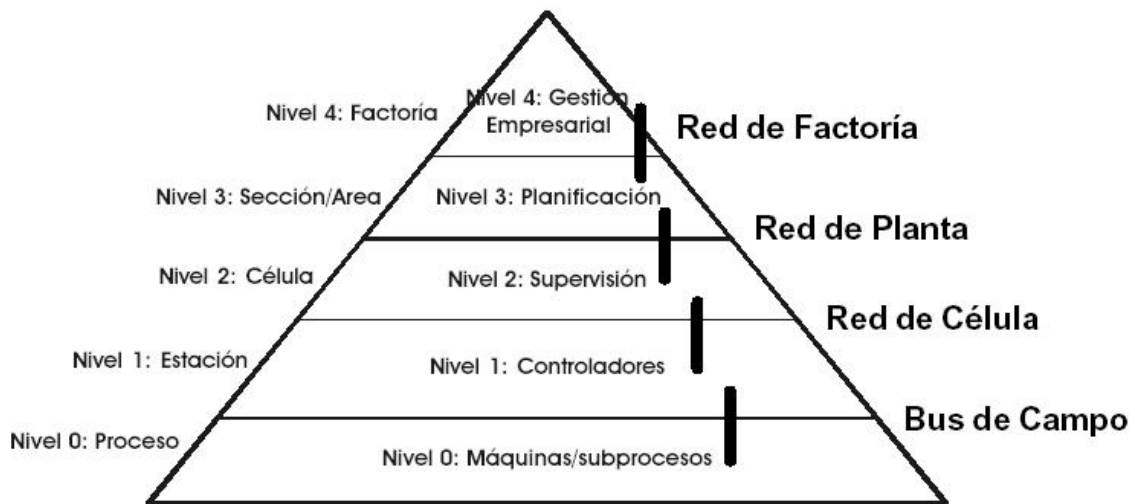


Fig.2.2: Piràmide CIM

De manera general, encara que especialment per a els busos de camp i cèl·lula, els beneficis principals que s'obtenen de la seva utilització són: millor qualitat i quantitat en el flux de dades, estalvi de cost de cablejat i instal·lació, facilitat en l'ampliació o reducció del nombre d'elements del sistema, reducció d'errors en l'instal·lació i nombre de terminals i caixes de connexió.

Exemple d'utilització i beneficis de l'ús del bus de camp.

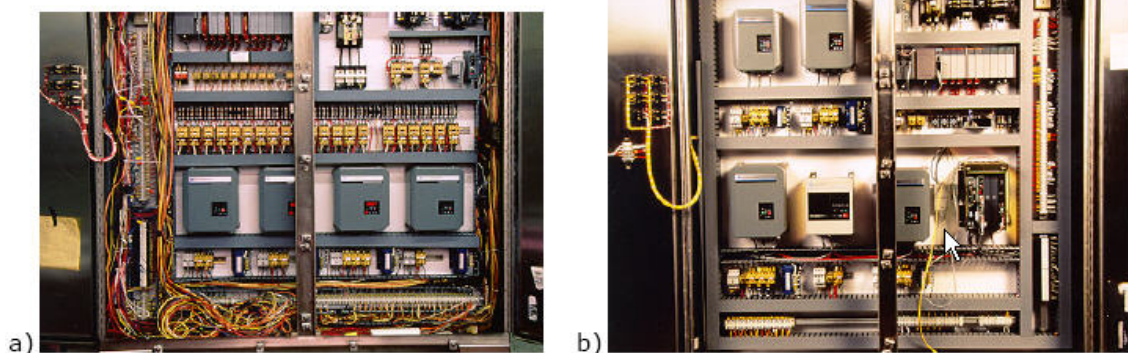


Fig.2.3: a) Quadre sense utilitzar busos de comunicació. b) Quadre realitzat amb busos.

**2.2.1.- Nivell d'Acció/Sensor (nivell de cèl·lula):**

Nivell d'instrumentació. Esta format pels elements de mesura (sensors) i actuadors, distribuïts en una línia de producció. Són els elements més directament relacionats amb el procés productiu ja que els actuadors (motors, vàlvules, taladres, cintes, etc.) són els encarregats d'executar les ordres dels elements de control per modificar el procés productiu i los sensors mesuren variables en el procés de producció (temperatura, pressió, velocitat, posició, etc.). Els sensors i actuadors són dispositius que necessiten ser controlats per altres elements.

**Xarxa de Cèl·lula:** per interconnexionar dispositius de fabricació que operen en mode seqüencial com Robots, Mequines de control numèric (CNC), Autòmats programables (PLC), Vehicles de guiat automàtic (AGV).

Las característiques necessàries en aquestes xarxes són:

- Gestionar missatges curts eficientment.
- capacitat de direccionar el tràfic de esdeveniments discrets.
- mecanismes de control de error en la comunicació (detectar i corregir)
- possibilitat de transmetre missatges prioritaris.
- baix cost d'instal·lació i de connexió per node.
- recuperació ràpida en esdeveniments imprevistos en la xarxa.
- alta fiabilitat.

**2.2.2.- Nivell de Control (nivell de camp):**

En aquest nivell es situen els elements capaços de gestionar els actuadors i sensors del nivell anterior tals com autòmats programables o equips de aplicació específica basats en microprocessador com robots, controladors de motor. Aquests dispositius permeten que els actuadors i sensors funcionin de forma conjunta para ser capaços de realitzar el procés industrial. Són dispositius programables, i per tant es poden adaptar a les necessitats de cada cas.

Els dispositius d'aquest nivell de control conjuntament amb els del nivell inferior acció/sensor poden realitzar completament processos productius. De fet gran quantitat de processos industrials estan basats tan sols en aquests dos nivells, de manera que un procés productiu complet es divideixi en subprocessos d'aquest tipus sense que hi hagi un intercanvi d'informació entre ells (excepte senyals de control per a sincronitzar la fi d'un procés amb l'inici del següent).

Tot i tractar-se de processos aïllats, això no implica que no s'utilitzin busos de comunicació, ja que per a processos que requereixen un gran número de sensors i actuadors, es recomanable d'utilització de busos de camp per llegir l'estat dels sensors, proporcionar senyals de control als actuadors i connectar diferents autòmats programables per compartir informació del procés complet.

Aquest nivell ha de poder comunicar-se amb el nivell superior (supervisió), generalment a través de busos de camp.



**Bus de camp:** Per substituir cablejat entre sensors/actuadors i els corresponents elements de control. Aquest tipus de busos han de ser :

- de baix cost
  - comunicació en temps real, temps de resposta molt baix (<10ms)
  - permetre la transmissió sèrie sobre un bus de dades amb capacitat d'interconnexió controladors amb tot tipus de dispositius d'entrada/sortida.
  - Han de gestionar missatges curts eficientment, tindre capacitat de gestionar tràfic de esdeveniments discrets.
  - mecanismes de control d'error (detecció i correcció).
  - transmetre missatges prioritaris.
  - tenir un baix cost de instal·lació i de connexió per node.
  - poder recuperar-se ràpidament d'esdeveniments anormals en la xarxa.
  - respondre ràpidament als missatges rebuts.
  - Per regla general, són d'una mida d'uns 50 nodes.
  - utilitzant tràfic de missatges curts per a control i sincronització entre els dispositius.
  - la transferència de fitxers és ocasional o inexistent.
- Segons la quantitat de dades a transmetre es divideixen en:
- Busos d'alt nivell.
  - Busos de dispositius (pocs bytes a transmetre).
  - Busos actuator/sensor (es transmeten dades a nivell de bit).

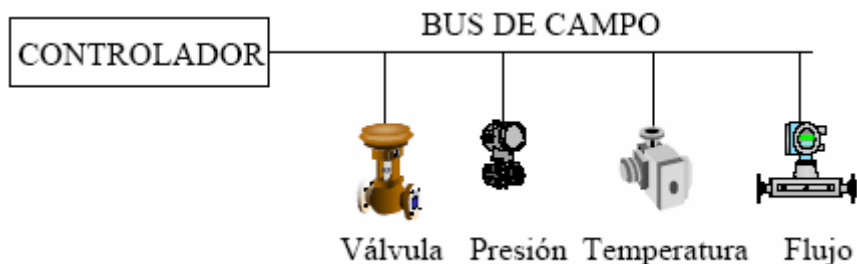


Fig.2.4: Exemple controlador accionadors.

### 2.2.3.- *Nivell de Supervisió (nivell de planta).*

Tots els dispositius de control existents en planta és possible monitoritzar mitjançant un sistema de comunicació adequat capaç de comunicar els dispositius de control amb dispositius dedicats a la gestió i supervisió, generalment es tracta de computadors o sistemes de visualització tals com pantalles industrials. En aquest nivell és possible visualitzar l'estat dels processos de la planta a través d'entorns SCADA (Supervisió, Control i Adquisició de dades) o sigui disposar d'un "panell virtual" on es mostrin les possibles alarmes, consignes de control o alteracions en qualsevol dels processos.

És necessari la connexió amb el nivell de control mitjançant busos de camp d'altres prestacions, doncs pot resultar necessari la transmissió d'importantes quantitats de dades i la connexió amb un gran número d'elements de control.

Per a cada tasca s'utilitza un autòmat, per tant un sistema de supervisió ha de ser capaç d'accedir al seu estat, visualitzar el procés que realitza, tindre informació de com esta treballant cada un d'ells, accedir a informes generats per l'autòmat, etc. també pot ser possible modificar els processos productius des de els computadors de supervisió. Substituint d'aquesta manera es substitueixen els panells de les grans sales de control dels anys '70 i '80.

**Xarxa de Supervisió (Planta):** Per interconexionar mòduls i cèl·lules de fabricació entre si amb departaments de disseny o planificació. S'utilitza per enllaçar les funcions d'enginyeria i planificació amb les de control de producció en planta i seqüencialment d'operacions.

- Aquestes xarxes han de transmetre missatges de qualsevol mida.
- gestionar errors de transmissió (detectar i corregir).
- Avarca àrees extenses (fins a quilometres).
- gestionar missatges amb prioritats (gestió d'emergències per sobre de transferència de fitxers CAD/CAM a màquines de control numèric).
- Disposar d'un ampli ample de banda per admetre dades d'altres subxarxes.

#### **2.2.4.- Nivell de gestió (nivell de fàbrica).**

Donat que el nivell de supervisió ja esta constituït principalment per computadores, el nivell de gestió també ho estarà ja que es troba més allunyat dels processos productius. En aquest nivell no es rellevant l'estat i la supervisió dels processos de planta, en canvi, sí adquireix importància tota la informació relativa a la producció i gestió associada, es a dir, a través del nivell de supervisió es possible obtenir informació de tots els nivells inferiors d'una o varies plantes.

Un exemple de la utilitat de la comunicació dels nivells inferiors amb el nivell de gestió es l'obtenció d'informació sobre les matèries primeres consumides, la producció realitzada, los temps de producció, nivells d'emmagatzematge de productes finals, etc.

Amb aquesta informació, els gestores de la empresa poden generar estadístiques dels costos de fabricació, rendiment de la planta, estratègies de vendes per alliberar possibles excessos de producte emmagatzemat, i en general, disposar de dades que permeten als nivells directius la presa de decisions per una millor optimització en el funcionament de la planta.

**Xarxa de Gestió:** Les comunicacions amb aquest nivell de la piràmide industrial ja no necessiten ser de tipus estrictament industrial, robustes, de curt temps d'accés, etc. Sinó que ara les dades que es transmeten son informes que poden tenir una mida mitjana-gran, motiu pel qual habitualment s'utilitzen xarxes de comunicació menys costoses com xarxes Ethernet que se adapten millor al tipus de dades a transmetre i permeten la comunicació eficaç entre els diferents computadors del mateix nivell de gestió (compres, departament comercial, recursos humans, direcció, disseny, etc.).

### 2.2.5.- Paràmetres de comunicacions.

El món de les comunicacions avarca, com ja hem comentat, una ampla gamma de productes i serveis en la que l'àrea industrial és només una petita part. Per que sigui possible la integració en una mateixa xarxa de diferents sistemes digitals és necessari que tots ells estiguin construïts sota uns criteris de normalització.

Un primer aspecte que podem considerar comú en gairebé tots els sistemes de comunicació es que la transmissió de dades es fa quasi sempre en sèrie. Així doncs en el que segueix i sigui quin sigui el medi físic, parlarem únicament d'enllaços sèrie.

En altres aspectes la normalització en un camp que es desenvolupa tant ràpidament com és el de les comunicacions industrials, és difícil i no pot ser molt rígida si no es vol que quedi obsoleta. De totes maneres, ha de garantir una mínima compatibilitat entre productes antics i els més innovadors.

Així doncs, les normes en aquest camp només poden consistir en una sèrie de regles marc, d'acceptació general, suficientment obertes per donar cabuda a totes les aplicacions actuals i preveure la integració d'altres en un futur.

Els organismes que s'han ocupat de la normalització i que han aconseguit una bona acceptació internacional són els següents:

- a) ISO (Organització Internacional de Normalització). Aquest organisme ha desenvolupat la norma marc més general, denominada Model OSI (Open Systems Interconnection), pensada per avarca des de xarxes locals fins a grans xarxes de paquets commutats. Un dels membres de ISO la EIA (Electrical Industries Association) ha tingut també un important paper en la definició de normes referents als medis físics de comunicació. Per posar un exemple, el RS-232 és una recomanació de EIA.
- b) CCITT (Comitè de Consulta Internacional Telegràfic i Telefònic). Les normes més importants portades a terme per aquest comitè es refereixen a la definició dels medis físics de transport i interfícies de comunicació. En els aspectes de normalització de la xarxa, el CCITT ha agafat el model OSI, desenvolupant varies recomanacions pels nivells de transport i aplicació.
- c) IEEE (Institut d'enginyers Elèctrics i Electrònics). Aquest organisme ha desenvolupat tota una sèrie de normes en el camp de les xarxes locals, destacant sobretot les recomanacions 802.1 a 803.6 referents, sobre tot, a protocols d'enllaç. Concretament la 802.1 situa totes aquestes recomanacions al context del model OSI.

Es pot dir doncs que els organismes de normalització adopten com a norma de referència el model OSI, i totes les normes de detall que van sorgint es desenvolupen basant-se en el model.

La característica essencial del model és que permeti que cada nivell s'ocupi d'unes tasques i utilitzi els serveis dels nivells inferiors sense necessitat de preocupar-se de com funcionen.

Capa	Nombre	Función	Características
<b>7</b>	<b>Capa de Aplicación</b> <i>Application layer</i>	Funciones de usuario. Intercambio de variables. Servicios de comunicación específicos de usuario	Servicios de comunicación: Read/Write, Start/Stop
<b>6</b>	<b>Capa de Presentación</b> <i>Presentation layer</i>	Representación de datos. Conversión del tipo de representación del sistema de comunicación en un formato adecuado al equipo. Diagnóstico.	
<b>5</b>	<b>Capa de sesión</b> <i>Session layer</i>	Sincronización. Requerimiento de respuestas. Establecimiento, disolución y vigilancia de una sesión.	Coordinación de la sesión.
<b>4</b>	<b>Capa de Transporte</b> <i>Transport layer</i>	Establecimiento/disolución de enlace. Formación, repetición y clasificación de paquetes.	Transmisión asegurada de paquetes.
<b>3</b>	<b>Capa de Red</b> <i>Network layer</i>	Direccionamiento de otras redes y control de flujo. Rutas de comunicación.	Comunicación entre dos subredes.
<b>2</b>	<b>Capa de Enlace de Datos</b> <i>Data link layer</i>	Método de acceso. Gestión de colisiones. Limitación de los bloques de datos, transmisión asegurada, detección y eliminación de errores.	CRC-Check. CSMA/CD, Token
<b>1</b>	<b>Capa Física</b> <i>Physical layer</i>	Medio físico de transmisión. Test de errores a nivel de bit.	Cable coaxial/triaxial. Cable óptico. Cable bifilar. ITP

Fig. 2.5: Taula de Capes.

Per aconseguir una entesa suficient i segura entre diferents nodes són imprescindibles els nivells 1, 2 y 4. El nivell 1 defineix las condiciones físiques, entre altres, els nivells de tensió i corrent. El nivell 2 defineix el mecanisme d'accés i el direccionament de l'estació, perquè en un determinat instant nomes pugui enviar dades una de las estaciones del bus. La seguretat i coherència de les dades es garantirà gracies a la funció del nivell 4, el de transport. Aquest nivell també s'ocupa de tasques de control de flux de dades, de trossejament en blocs o paquets i dels mecanismes de confirmació de recepció correcte de paquet.

En resum podem dir que los nivells OSI 1 y 2 proporcionen el transport de dades bàsica per una xarxa simple.

Els nivells 3 y 4 estenen aquestes funcions per a una xarxa complexa composta de moltes xarxes simples amb diferents propietats.

Els nivells 5 y 6 proporcionen un marc de treball per establir y negociar les comunicacions orientades per l'usuari i finalment el nivell 7 proporciona els medis para comunicar l'aplicació final amb els processos d'enviament i recepció.



Fig. 2.6: Transmissió

Es pot considerar que el flux de dades en un sistema de comunicació experimenta un tractament o “empaquetatge” similar al d’un objecte que es vulgui enviar per correu: a cada nivell del model OSI correspon un tractament similar a les diverses fases d’empaquetatge de l’objecte. La transmissió a través de la xarxa correspon a l’enviament del paquet, mentre que a la recepció, cada nivell del modelo OSI s’encarrega de desempaquetar la informació agregada al envoltori (missatge), procedint en sentit invers, iniciant de l’envoltori extern als més interns. Cada nivell a la recepció se ocupa de desempaquetar el que es va agregar a los dades originals al moment de la transmissió del nivell corresponent.

### 2.3.- Característiques.

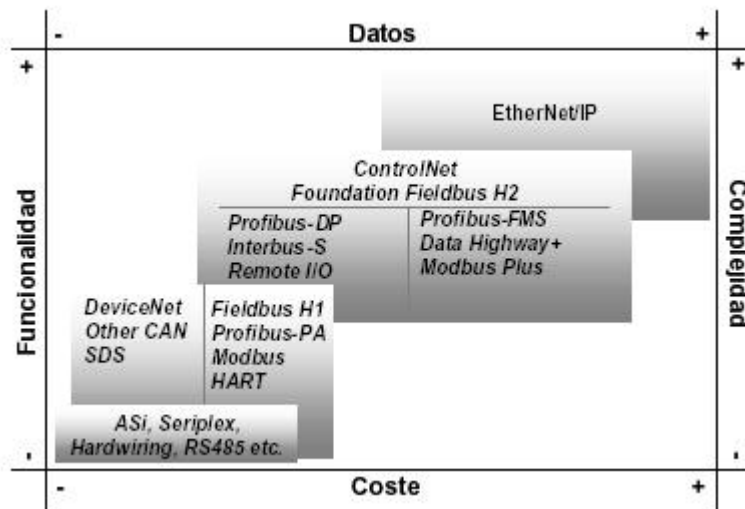


Fig.2.7: Relacions.

Comunicación en Paralelo	Comunicación en Serie	
SPP	RS232	CAN – LIN
EPP	RS422	GPIB
ECP	RS485	Profibus
LVDS	4-20 mA	Lonworks
SCSI	V/F – F/V	InstaBus
	IrDA	USB
	Fibra Óptica	FireWire
	FDDI	Ethernet
	HART	RF
	Power Line Modem	BlueTooth

Fig.2.8: Tipus comunicació busos.

### 2.3.1.- Bus Asi.

El bus ASi (Actuator-Sensor Interface) va néixer al 1990 com un intent d'eliminar el cablejat existent entre els sensors i actuadors binaris (tot o res) amb la característica afegida de proporcionar la tensió d'alimentació sobre el mateix cable (fins 8A). Posteriorment, el bus ha evolucionat per comunicar-se amb elements intel·ligents i poder transmetre dades i paràmetres a mes de les senyals binaries.

El bus ASi es considerat un dels sistemes de comunicació més senzills i amb menys prestacions, per al que s'utilitza a nivell de camp a la part mes baixa de la piràmide d'automatització.

ASi es un sistema obert definit pels estàndards europeus EN50295 i el estàndard IEC 62026-2.

La Figura 2.9 (a) mostra l'esquema de distribució adoptat en aquestes xarxes.

Les característiques principals que posseeix el bus són:

1. Principi de funcionament basat en la tècnica de sondeig amb un mestre i varis esclaus.
2. El temps màxim de cycle es de 5ms. Es a dir, en 5ms (max.) es coneix el valor de tots els esclaus.
3. Un mestre pot controlar fins 31 esclaus, però aquest número pot arribar a 62 per la versió 2.1 del protocol, i també es ampliable mitjançant repetidors.
4. Cada esclau permet direccionar 4 entrades i 4 sortides digitals, i addicionalment, 4 bits de paràmetres per cada esclau, amb un màxim de 248 entrades/sortides digitals.
5. Es possible la comunicació amb mòduls analògics.
6. El direccionament dels esclaus és electrònic, mitjançant el mestre, o un dispositiu específic de direccionament.
7. Permet qualsevol topologia de la xarxa (incloent topologies mixtes), con una longitud màxima de 100m sense repetidors amb una caiguda de tensió màxima de 3V.
8. La tensió d'operació dels esclaus te que estar entre 26,5V i 31,6 V.
9. Típicament, la corrent de consum de cada esclau es de 200mA.

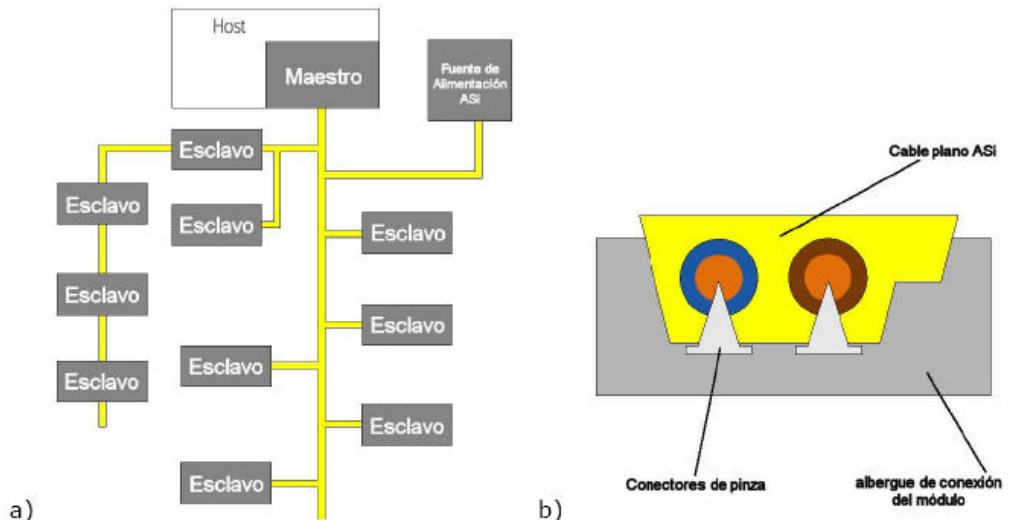


Fig. 2.9: a) Esquema de distribució d'una xarxa Asi. b) Cable Asi i mètode de connexió.

Tal i com es mostra la figura anterior, la instal·lació d'aquesta xarxa requereix com a elements essencials:

1. Un mestre de bus ASI: Sol estar connectat a un autòmat programable o a un element de control principal. També pot estar connectat a una passarel·la (gateway) que permeti comunicar-se amb el bus ASI desde diferents dispositius a través de una xarxa de nivell superior.
2. Una font d'alimentació ASI: proporciona 30 VDC i fins a 8A per alimentar els elements esclaus per mitja d'un solo cable. Adicionalment es possible connectar un altre tipus de tensió d'alimentació per proporcionar majors corrents si es necessari; per això, s'instal·la fonts d'alimentació que proporcionen alimentació a través de cables addicionals de 24VDC (cable negre) i 230 VAC (cable vermell).
3. Els esclaus del bus ASI: Existeixen dos tipus principals, aquells que integren el protocol al mateix element d'entrada/sortida mitjançant la inclusió d'un chip ASIC (circuit integrat d'aplicació específica), i aquells mòduls ASI genèrics que disposen de 4 entrades/sortides de tensió per poder connectar-les a qualsevol element sensor/actuador binari tradicional. Aquesta última opció resulta aconsellable per les instal·lacions ja existents doncs no es necessari substituir els elements, sinó únicament els cables de connexió.
4. El cable de connexió: generalment es cable pla de dos fils no apantallats. El seu color groc i la marca a un costat acostuma a identificar-lo i facilita la instal·lació. També és admissible l'ús de cable normal de dos fils amb 1,5 mm<sup>2</sup> de secció per fil, tant apantallat com no apantallat, però en aquest cas es necessari ser mes bondadosos amb la instal·lació per a no confondre polaritats.

Existeix alguns mòduls esclaus que incorporen un “watchdog” o vigilant supervisor que revisa contínuament la comunicació amb el mestre i actuen en cas de que aquesta sigui tallada o es produeixi la detecció d’errors (paritat i reenviada, etc.), posant en mode de seguretat les entrades/sortides controlades per ell. Si no es reben missatges del mestre durant 40ms, les sortides pesen a estar apagades (off) o simulen un estat de reset continu del sistema. Les causes habituals d’una pèrdua de comunicació poden ser la ruptura del cable, una fallida al mestre (o el pas a estat de parada), o una falta de direccionalment del mòdul. La utilització de ASi en entorns amb fonts d’interferències (sistemes de soldadura, convertidors de freqüència, per exemple) pot fer-se sense problemes. També existeixen mòduls específics para la detecció de fallides i protecció de seguretat elèctrica anomenat “monitor de seguretat”, encarregat de monitoritzar que les senyals elèctriques transmeses són adequades, i verifica la aparició de derivacions a terra o la protecció contra sobretensions, en aquest cas es possible enviar missatges al mòdul mestre per que permeti fer accions de protecció, o inclús controlar relés de protecció directament.

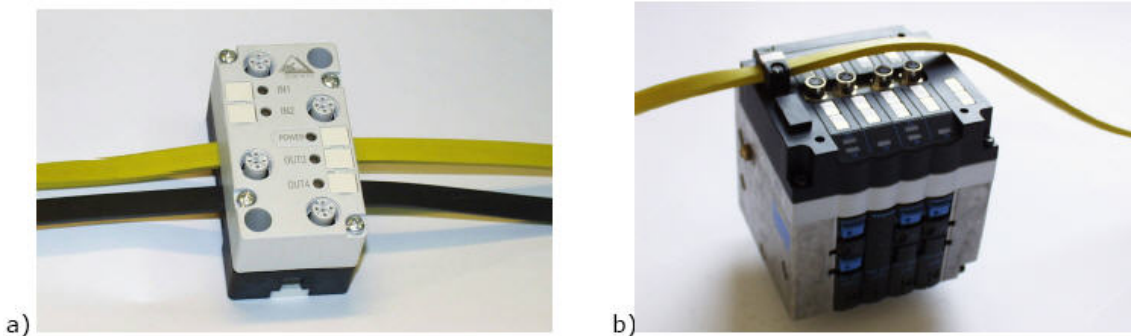


Fig. 2.10: a) Mòdul Asi de 2 entrades/ 2 sortides genèric. b) Dispositiu integrador amb Asi integrat.



### 2.3.2.- Bus CAN.

CAN és una base per a arquitectures de bus industrial en aplicacions de temps real distribuïdes, sistemes de supervisió i control en el àmbit de cel·les de producció. CAN es protocol obert per a ús industrial i concebut com un protocol d'alta seguretat. Cobrint Els nivells 1,2 del model OSI.

La fortalesa del bus CAN és basa en la seva arquitectura multimestre executant un missatge apropiat de passing (polling) i així reemplaçar la connexió d'elements entre cada unitat de comput centralitzat. A més a més, existeixen diferents estàndards d'especificacions per la realització de sistemes amb productes de diferents distribuïdors.

CAN es un protocol de comunicacions basat en una arquitectura de bus per a la transferència de missatges en ambientes distribuïts. Va ser concebut per aplicacions en els automòbils però ràpidament va despertar una creixent atenció en l'àrea de control i d'automatització.

Entre les seves fortaleses el bus CAN considera una arquitectura multimestre capaç de proveir característiques de resposta en temps real i tolerància a falles en la recepció de missatges i mal funcionament dels nodes. A més a més, CAN esta estructurat d'acord amb el model OSI en una arquitectura col·lapsada de dos capes (això es, capa física i capa de enllaç de dades ). Hi ha diferents opcions para la capa de aplicació(la 7), entre altres: CiA CAN Application Layer, CANOpen, SDS (Smart Distributed System), DeviceNet , CAN Kingdom i compobus/D.

#### **La capa física:**

La capa física és la responsable de la transferència de bits entre els diferents nodes que componen la xarxa. Defineix aspectes com nivells de senyal, codificació, sincronització i temps en que els bits es transfereixen al bus.

En l'especificació original de CAN, la capa física no fou definida, permetent diferents opcions per l'elecció del medi i nivells elèctrics de transmissió. Les característiques de las senyals elèctriques en el bus van ser establertes més tard mitjançant l'estàndard ISO 11898.

La especificació CiA (CAN in AUTOMATION, <http://www.can-cia.de>), complementà las definicions respecte al medi físic i connectors.

Els nodes connectats al bus interpreten dos nivells lògics denominats:

- Dominant: la tensió diferencial (CAN\_H - CAN\_L) es del ordre de 2.0 V amb CAN\_H = 3.5V i CAN\_L = 1.5V (nominals).
- recessiu: la tensió diferencial (CAN\_H - CAN\_L) es del ordre de 0V con CAN\_H = CAN\_L = 2.5V (nominals).

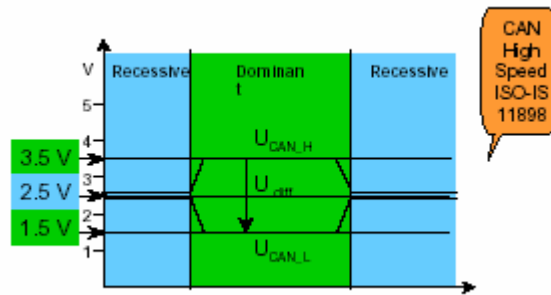


Fig. 2.11: Nivell voltatge segons estat

Aquests són valors orientatius que varien depenent de la topologia del bus amb derivacions de curta longitud. Si s'adopta una topologia en estrella provoca una pèrdua de prestacions en quant a velocitat o distancia.

Depenent de la distancia entre nodes. El bus es tanca en els extrems amb impedàncies de terminació.

El número màxim de nodes no esta limitat per l'especificació bàsica i depèn de les característiques dels transceptors, las especificacions de busos de camp el limiten a 64 en una xarxa sense repetidors.

### Capa de Enllaç:

Una de les característiques que distingeix a CAN amb respecte a altres normes, és la seva tècnica de d'accés al medi denominada CSMA/CD+CR o "Carrier Sense, múltiple Access/Colission Detection + Collision Resolution" .

En la tècnica utilitzada en xarxes Ethernet quan es produeix una col·lisió de varies trames, totes es perden, CAN resol la col·lisió amb la supervivència d'una de las trames que xoquen en el bus. a més a mes la trama supervivent és aquella a la que s'ha identificat com de major prioritat (numero d'identificador més petit).

La resolució de col·lisió es basa en una topologia elèctrica que aplica una funció lògica determinista a cada bit, que es resol amb la prioritat del nivell definida com bit de tipus dominant. Definint el bit dominant com equivalent al valor lògic '0' i bit recessiu al nivell lògic '1' es tracta d'una funció AND de tots els bits transmesos simultàniament.

Cada transmissor escolta continuadament el valor present en el bus, i es retira quan aquest valor no coincideix amb el que el transmissor ha forçat. Mestres hi ha coincidència la transmissió continua, finalment el missatge amb identificador de màxima prioritat sobreviu. Els altres nodes reintentaran la transmissió el més aviat possible. S'ha de tenir en compte que l'especificació CAN de Bosch no estableix com s'ha de traduir cada nivell de bit (dominant o recessiu) a variable física. Quan s'utilitza par trenat segons ISO 11898 el nivell dominant es una tensió diferencial positiva en el bus, el nivell recessiu és absència de tensió, o valor negatiu.

Aquesta tècnica aporta la combinació de dos factors molt desitjats en aplicacions industrials distribuïdes: la possibilitat de fixar latència en la transmissió de missatges entre nodes i el funcionament en mode multimestre sense necessitat de gestió del arbitratge, es a dir control de accés al medi, des de las capes de software de protocol.

La prioritat queda així determinada pel contingut del missatge un camp determinat, d'identificador de missatge és el que determina la prioritat.

### **Implementacions del CAN:**

Existeixen dues implementacions hardware bàsiques, encara que la comunicació en ambdues és idèntica i son compatibles entre sí. Això permet administrar el uso del bus en funció de las necessitats de cada node.

- Bàsic CAN: ha un vincle molt fort entre el controlador CAN i el microcontrolador associat. El microcontrolador serà interromput per tractar amb cada un dels missatges del CAN. Cada node transmetran només quan se produeixi un esdeveniment en alguna de las senyals que l'afecten. Aquest mode de funcionament és adequat per a aquells nodes encarregats de tractar informacions esporàdiques, disminuint la ocupació del bus.

- Full CAN: conte dispositius hardware addicionals que proporcionen un servidor que automàticament rep i transmet els missatges CAN, sense necessitat de interrompre al microcontrolador associat, reduint-se la carrega del mateix.

Esta orientat a nodes encarregades del tractament de senyals amb un alt nivell de exigència en quant a freqüència d'actualització i/o seguretat.

### **Especificació CAN 2.0A i CAN 2.0B:**

El ISO/OSI estan descrits las Capa 1 i Capa 2 en la norma internacional ISO 11519-2 per a les aplicacions de velocitat baixes i ISO 11898 per les aplicacions de velocitat altes. La descripció de ISO/OSI sobre especificació de CAN 2.0A i 2.0B estan mes orientades als requisits de fabricació de controladors CAN.

La diferencia entre CAN 2.0A i CAN 2.0B es localitza bàsicament sobre tot en el format de l'encapçalament del missatge. L'especificació CAN 2.0A defineix sistemes CAN amb un estàndard d'11 bits de l'identificador (CAN estàndard).CAN 2.0B especifica la trama estesa amb 29 bit en d'identificador (CAN Estes).

Els missatges transmesos des de qualsevol node en una xarxa CAN no contenen la direcció del node emissor ni la del node receptor. En comptes d'això, els missatges contenen una etiqueta identificava, única en tota la xarxa, que realitza aquesta funció.

Aquests identificadors determinen la prioritat del missatge. El missatge de major prioritat guanya l'accés al bus, mentes que els

missatges de menor prioritat es retransmetran automàticament en els següents cicles de bus. Com a conseqüència d'això, varis nodes poden rebre i actuar simultàniament sobre el mateix missatge.

Aquesta estructura dels missatges ofereix a la xarxa una gran flexibilitat i possibilitat d'expansió, ja que nous nodes poden ser afegits a la xarxa sense la necessitat de fer cap canvi en el hardware ni en el software existent.

Las trames dels missatges són els elements bàsics de transmissió i van de un node emissor a un o varis nodes receptors. El missatge esta dividit en set camps diferents, cada un d'ells amb una funció específica:

### Formats de Paquets:

**Data format:** És un paquet que s'envia quan es volen enviar dades, comença amb el camp d'identificació (11bits) + bit 12 (dataframe=0 remoteframe=1) + 6bits de control(data leng code n°0-8bytes de dades ) +0-64bits de dades +Cyclic Redundancy Field (CRC field) utilitzat per detectar errors 15 bit CRC seqüència +el CRC Delimiter bit+ Acknowledge Field+ 7 recessive bits fi de Frame.

**Remote frame:** normalment la transmissió de dades realitza automàticament (periòdicament, en situacions especials...) mitjançant dat frame. Tot i això també és possible que un node de destinació demani dades d'una font de dades, enviant un Remote Frame. Hi ha 2 diferències entre aquests 2 tipus de paquets un es que s'identifica com a remote RTR-bit és dominant, no hi ha camp de dades. En el cas de que un data frame i un remote frame tingui el mateix identificador el Data Frame guanya l'arbitratge gràcies al dominant RTR bit.

**Error Frame:** És genera per qualsevol node que detecti un error de bus. L'Error Frame consisteix en 2 camps : Error Flag field field depèn de l'error status del node que detecta l'error; seguit per un Error Delimiter field de 8 recessive bits que permet als bus nodes recomençar les comunicacions netament .

**Overload Frame:** Es pot generar per un node si es compleix alguna d'aquestes condicions: el node no esta apunt de començar a rebre el següent missatge, un node podria generar coma a màxim 2 Overload Frames seguit per retardar el començament del següent missatge.

Una Overload Frame te el mateix format que un "active" Error Frame Tot i això només es pot generar durant un espai Interframe. Aquesta és la manera de diferenciar-la d'un Error Frame (que s'envia durant la transmissió d'un missatge).Consisteix en 2 camps: una Overload Flag que consisteix en 6 bits dominant seguits de Overload Flags generats per altres nodes (igual que "active error flag", enviant com a maxim12 dominant bits).The Overload Delimiter consisteix de 8 recessive bits.

**Interframe space:** separa una frame precedent (de qualsevol tipus). Esta compostat com a mínim de 3 receptors bits (Bus Idle), aquests bits son part de la interrupció. Aquest frame proporciona temps per processament intern abans de l'inici del següent missatge. Després d'un active error la línia roman en espera. Si l'error es passiu el nodes s'han d'esperar 8 recessive abans de passar a estat idle. Gràcies a aquesta diferenciació els nodes amb error actiu poden transmetre missatges abans que el que tenen error passiu

**Codis de detecció d'errors:**

Una de les característiques principals del bus can es la seguretat i això es fa evident en aquest apartat, ja que hi ha diferents sistemes de detecció d'errors que actuen conjuntament i això dona poca possibilitats que un missatge erroni no es detecti. El protocol CAN no utilitza missatges d'acord però envia missatges d'error quan detecta errors; com en detecta:

Cyclic Redundancy Check (CRC). El CRC protegeix la informació afegint bits redundants de comprovació al final de la transmissió. Al receptor es recalculen aquest bits redundants i es comprova si coincideixen, si no error.

Frame Check. Aquest mecanisme verifica l'estructura de la trama comparant-los amb el format Standard.

ACK errors. Les trames rebudes són reconegudes/verificades per tots el receptors mitjançant un reconeixement positiu. Si el transmissor no rep un reconeixement es produeix un error ACK.

Monitoreig : es l'habilitat del transmissor d'observar el nivell del bus i detectar diferències entre el que es rep i el que s'envia.

Bit stuffing: la codificació de bit utilitzada en can es "No Retorna cap a Zero (NRZ)". Els flancs de sincronització es generen incloent un bit de valor complementari a una seqüència de 5 bits iguals consecutius, que es borra automàticament pels receptors.

Si un o més errors son detectats es cancel·la la transmissió enviant una frame/paquet d'error. Un cop el bus torna a estat d'espera, el transmissor automàticament intenta tornar a enviar i hi tornaria a haver una competició per l'arbitratge del bus.

### 2.3.3.- CAN-open.

El protocol CAN bàsic només especifica la capa física i la capa d'enllaç o nivell 2 (Modelo de Referència OSI de ISO), que no per això deixa de tenir importància ja que utilitza la fiabilitat i avantatges de CAN:

- interconnexió e intercanviabilitat de productes de diferents fabricants.
- Senzilla connexió y configuració de nous dispositius
- Disponibilitat de serveis estàndard per l'inici i la configuració de la xarxa
- Fiabilitat a interferències electromagnètiques
- Temps de latència baixos
- Capacitat *multimestre* (qualsevol node pot iniciar la comunicació)
- Molt baixa probabilitat d'errors residuals
- Suporta tant el model Client/Servidor com del model Productor/Consumidor
- El comportament temporal determinista del bus CAN lo fa molt apropiat para sistemes distribuïts con requisits temporals.

Utilitzant la capa 1 i 2 de CAN permet l'us de varis protocols d'aplicació ja que l'estandard no especifica res de temes tals com la gestió de xarxa, planificació de missatges o format de les dades. Això significa que es pot construir a mida el protocol d'alt nivell sobre la capa d'enllaç CAN.

Aquest fet permet un enfocament flexible que ha permès adoptar CAN en camps molt diferents. Els productors de dispositius CAN s'han unit en diferents associacions per definir protocols estàndard d'alt nivell. D'aquesta manera, han aparegut varis protocols d'alt nivell: CANopen de Can in Automation (CiA), DeviceNet de Open DeviceNet Vendor Association (ODVA), SDS de Honeywell, etc.

CANopen va ser pre-desenvolupat per Bosch(creadors de CAN).El 1995van donar les especificacions de CANopen a una agrupació internacional d'usuaris i fabricants CAN in Automation (CiA) perquè hi treballassin. Inicialment basant-se en CAN Application Layer (CAL). Finalment la versió 4 de CANopen (CiA DS 301) s'ha estandarditzat com a EN 50325-4; així com ha especificat l'estructura dels dispositius programables(CiA 302), recomanacions de muntatge dels cables i connector (CiA 303-1) i el sistema d'unitats SI i representació de prefix (CiA 303-2).CANopen esta implementat en software. Especificacions([www.can-cia.org/services/order.html](http://www.can-cia.org/services/order.html)).

Perfils estandarditzats (interfície i aplicació) desenvolupats per membres de CiA simplifiquen la integració d'una xarxa. Per als dissenyadors de sistemes és important reutilitzar el software d'aplicació que requereix possibilitat d'intercanviabilitat i

compatibilitat entre els dispositius. Per aconseguir-ho s'han definit objectes d'aplicació:

-Les transmissions PDO(Procés Data Object) són dades en temps real per a control de processos i es tracta de 1 a 8 octets de dades, cada PDO té un únic identificador i es transmet per un sol node però pot ser rebut per més nodes. L'enviament d'un PDO pot ser degut a l'activació d'un event intern, un dímer intern, per enquesta remota( paquet remot ) i per el missatge Sync. En el cas de la transmissió síncrona s'utilitza per mostrejar simultàniament valors de tots els nodes i pot ser (es pot determinar el n de sync que activin):

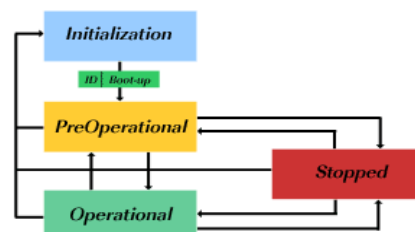
Cíclica: enviar PDO al rebre n sync

Acíclica : enviar valor al rebre n sync i ocórrer un event

-SDO (Service Data Object) dades de configuració dels nodes, llegeix o escriu el Object Dictionary. Permet la transmissió d'objectes de qualsevol mida; el primer octet del primer segment(8by segment) conte la informació necessària per al control de flux, el següents tres bytes del 1er segment contenen l'índex i el subíndex del nom del Object Dictionary a llegir o escriure . Els últims 4 bytes de dades . El segon i següents segments (utilitzant el mateix identificador) contenen el byte de control i fins a 7 bytes de dades. El receptor confirma cada segment o bloc de segments, com una comunicació peer-to-peer (client/servidor).

Objectes d'administració de xarxes:

El missatge NMT consta d'un packet amb 2 byte de dades. El seu identificador és 0. El 1er byte conte el tipus d'ordre el 2on bytes conte l'identificador del node que ha de complir-la (si l'identificador es 0 tots compleixen l'ordre). La comanda NMT força als nodes a canviar d'estat; els estats possibles són Inicialització, Pre-Operacional, Operacional i parat. Després d'iniciar cada node esta en l'estat Inicialització i automàticament passa a Pre-operacional(transmissió de SDOs permesa). Si un NMT mestre fixa un node a operacional, aquest pot rebre i enviar PDOs. En l'estat parat la única comunicació permesa es



d'objectes NMT.

Missatge d'inici : un dispositiu al connectar envia aquest missatge per indicar al NMT mestre que esta en estat pre-operacional.

Control d'error, protocol "Heartbeat" es un missatge periòdic d'un node cap a altres nodes per indica'ls-hi que funciona correctament.

Objecte de Sincronització(Sync):es un missatge enviat per el generador de sincronisme i permet definir el cicle de comunicacions i els seus múltiples (mes petits) ; es caracteritza per el següent format missatge ID=128 dades 0.

Objecte d'emergència (Emcy)aquest missatge s'activa(s'envia un sol cop) al produir-se un error intern en un dispositiu i s'envia a un altre node determinat la reacció del dispositiu que el rep depèn de l'aplicació.

Objecte "Time stamp" (Time) fixa una referència de temps als dispositius; es caracteritza per el seu identificador=256 i el mida de les dades 6 octets.

Un cop hem definit els objectes d'aplicació en CANopen podem veure que realitzar tasques de control es mes fàcil i estructurat utilitzant aquestes funcions que si nomes rebéssim paquets de dades amb un identificador; el resultat és un bon aprofitament de l'ample de banda, un servei de detecció d'errors i una fàcil configuració del bus.



### 2.3.4.- DEVICE NET (compobus /D).

DeviceNet esta orientat als nivells d'automatització mitja -baix, dintre de la piràmide d'automatització, en el nivell de planta, i en alguns casos en el nivell de cèl·lula. Originàriament fou desenvolupat pel fabricant d'autòmats i elements d'automatització nord-americans Allen- Bradley en 1994, encara que actualment es un sistema obert en el que nombrosos fabricants basen els seus elements de xarxa; "L'associació de fabricants de Devicenet" (ODVA, Open DeviceNet Vendor Association) es la encarregada actualment de gestionar i organitzar la certificació de dispositius DeviceNet i impulsar l'ús d'aquesta tecnologia dins de la indústria. DeviceNet es un protocol versàtil en l'àrea de busos de camp.

Les característiques principals de DeviceNet són:

- Número màxim de nodes: 64
- Distància màxima: entre 100 m. i 500 m
- Velocitat de transferència de dades: 125, 250 i 500 kbit/s (depenent de la velocitat varia la distància màxima)
- Estructura de comunicacions en bus amb una línia principal i possibilitats de bifurcació de la línia cap als nodes (major número de bifurcacions implica menor velocitat i distància admissible)
- Requereix terminació de línia amb impedància de 120 Ohms aproximadament
- Utilitza dos parells trenats (un par para alimentació fins 8A i l'altre per a dades fins 3A)
- Mida màxima del missatge: 8 bytes para cada node (igual que CAN)
- El sistema de transmissió esta basat en un modelo productor/consumidor, per això admet el model mestre/esclau, multimestre, de igual a igual, etc., que possibilita la transmissió de missatges mitjançant diferents mètodes tals com sondeig, enviament cíclic, etc.

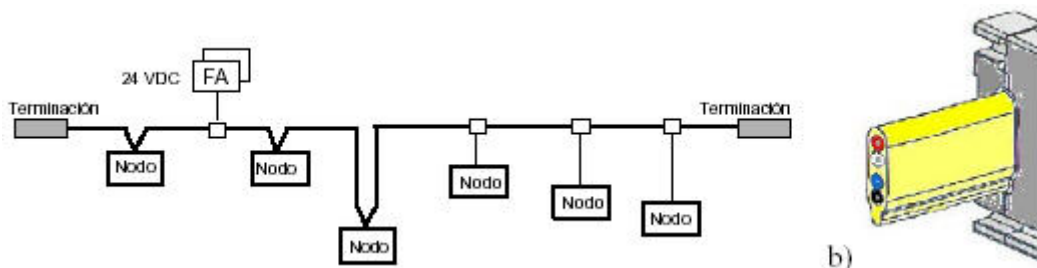


Fig. 2.12: Mètodes de connexió

Les aplicacions en les que habitualment s'utilitza DeviceNet són totes les aplicacions habituals dels busos de camp, como por exemple assemblatge de peces, màquines de soldadura, captació de sensors distribuïts, sensors intel·ligents, vàlvules neumàtiques, lectors de codis de barres, interfícies d'operador, etc.

Com avantatges principals es pot ressaltar seu baix cost, alta fiabilitat, utilització eficient de l'ample de banda i la possibilitat d'incorporar la tensió d'alimentació (24 VDC) en el mateix cable de bus.

Les desavantatges principals destacables serien seu ample de banda relativament limitat (no molt alta velocitat de transferència de dades) i la mida limitada dels missatges.

DeviceNet utilitza les especificacions del bus CAN (la capa 2 de DeviceNet es íntegrament CAN), per tant són aplicables gran part de les característiques de robustesa de CAN, i afegeix les especificacions elèctriques de RS485.

CAN no incorpora la capa d'aplicació es tracta d'un protocol de missatges de baix nivell implementat en circuits integrats de baix cost, DeviceNet aprofita esta situació per no desenvolupar seus propis circuits integrats (lo que resultaria més costós). Por tant, al protocol CAN se li afegeixen noves capes dins dels nivells ISO/OSI. De manera senzilla, DeviceNet és como un conjunto de funcions o "macros" d'alt nivell que inclueixen missatges CAN, moltes funciones estan orientades a facilitar les comunicacions necessàries en processos d'automatització.

Anàlogament, CAN-open i SDS son protocols similars a DeviceNet en el sentit de utilitzen CAN como base de funcionament. Així com el compobus/d és un cas particular d'omrom que es compatible amb dispositius i busos d'omrom

### 2.3.5.- *FIELDBUS*.

És un bus orientat sobretot a la interconnexió de dispositius a indústries de procés continu. El seu desenvolupament ha estat recolzat per importants fabricants d'instrumentació (Fisher-Rosemount, Foxboro, etc.). En l'actualitat existeix una associació de fabricants que utilitza aquest bus, que gestiona l'esforç normalitzador, la Fieldbus Foundation. Normalitzat com ISA SP50, IEC-ISO 61158 (ISA és l'associació internacional de fabricants de dispositius de instrumentació de procés).

La capa física segueix la norma IEC 11158-2 per comunicació a 31,25Kbps, és, per tant, compatible amb PROFIBUS PA. Presta especial atenció a les versions que compleixen normes de seguretat intrínseca per indústries de procés en ambients combustibles o explosius. El suporta un parell trenat i és possible la reutilització dels cables antics d'instrumentació analògica 4-20mA. S'utilitza comunicació síncrona amb comunicació Manchester Bifase-L. El Fieldbus el podem dividir en dos nivells H1 i H2.

En el nivell H1 la capa de transport utilitza un protocol sofisticat orientat a objectes amb múltiples formats de missatge. Distingeix entre dispositius amb capacitat d'arbitració (LINK MASTER) i normals. En cada moment un sol Master arbitra el bus, pot ser substituït per un altre en cas que fallés. Utilitza diversos missatges per gestionar comunicació per pas de testic, comunicació client/servidor, model productor-consumidor, etc. Existeixen serveis per configuració, gestió de diccionari d'objectes per node, accessos a variables, carrega i descarrega de fitxers i aplicacions, execució d'aplicacions, etc. La codificació dels missatges es defineix segons ASN1.

En nivell H2 està besat en Ethernet d'alta velocitat (100Mbps) i orientat al nivell de control de xarxa industrial.

2.3.6.- *ETHERNET.*

Ethernet: és un sistema d'interconnexió entre ordenadors, desenvolupat per Xerox Network System, a principi del 90.

Pertany a les formes de xarxa local, amb la particularitat de que pot funcionar sobre cable coaxial doble (10base5), amb un connector BNC RG-58, a cada extrem del cable es te que posar una resistència de 50 ohm, pot arribar a 500m i 100 transceptors.

Actualment s'utilitza un parell de cable trenats (10baseT) amb connectors RJ-45 i pot abrivar a a 100m i muntat amb tipologia d'estrella també pot funcionar sobre fibra òptica amb cables dobles per l'enllaç "full duplex", i s'utilitza principalment per enllaçar xarxes locals separades per una distancia respectable.

Ethernet i IEEE-802.3 funcionen a 10Mb/s.

Fast Ethernet IEEE802.3 de 100 Mb/s, compatible amb la de 10 Mb/s.

Token Ring IEEE802.5 és una xarxa del tipus anell, amb velocitat de 4 Mb/s i 16Mb/s.

Segons les tecnologies s'utilitza unes denominacions per referència al tipus de xarxa i són les següents:

10 Base T	10 Mb/s Parell cables trenats.
10 Base 2	10 Mb/s Cable coaxial.
10 Base 5	10 Mb/s Vell cable prim.
10 Base F	10 Mb/s Fibra òptica.
100 Base Tx	100 Mb/s Nou parell cables trenats
100 Base T4	100 Mb/s Vell parell cables trenats
100 Base Fx	100 Mb/s Fibra òptica.
1000 Base Sx	1 Gb/s Fibra de baixa longitud d'ona.
1000 Base Lx	1 Gb/s Fibra de llarga longitud d'ona.
1000 Base T	1 Gb/s Parell de cables trenats.

Fig. 2.13: Taula cables usats

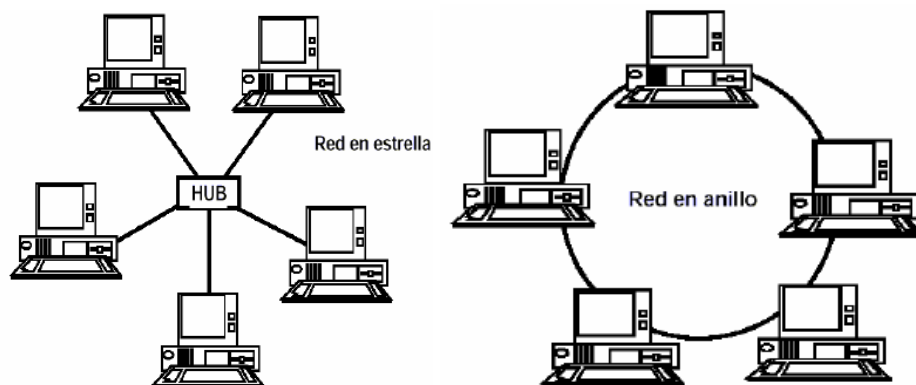


Fig. 2.14: a)Xarxa connexió estrella. b)Xarxa connexió anell



**Cable de Par Trenzado**

**Cable Coaxial**

**Fibra Optica**

Fig. 2.15: Classes de cables amb connector

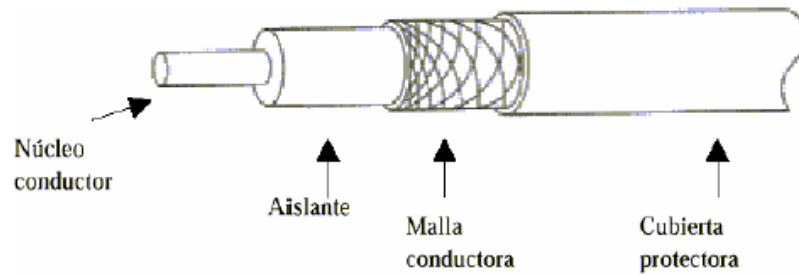


Fig. 2.16: Detall de cable coaxial

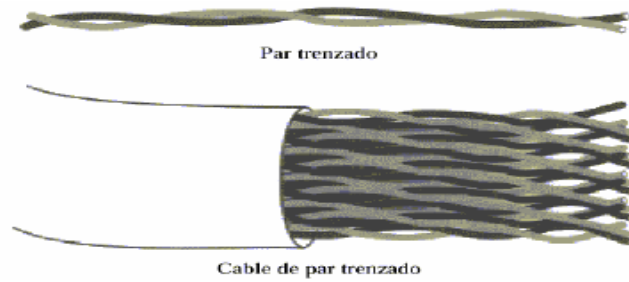


Fig. 2.17: Cable trenat

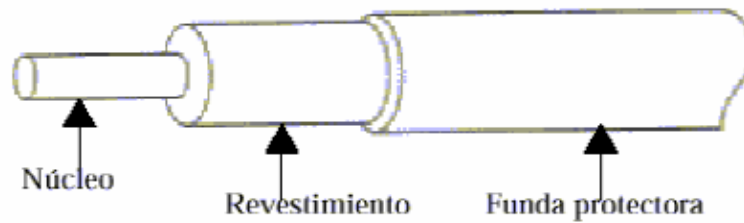


Fig. 2.18: Parts cable fibra òptica.

## 2.3.7.- Lonworks.

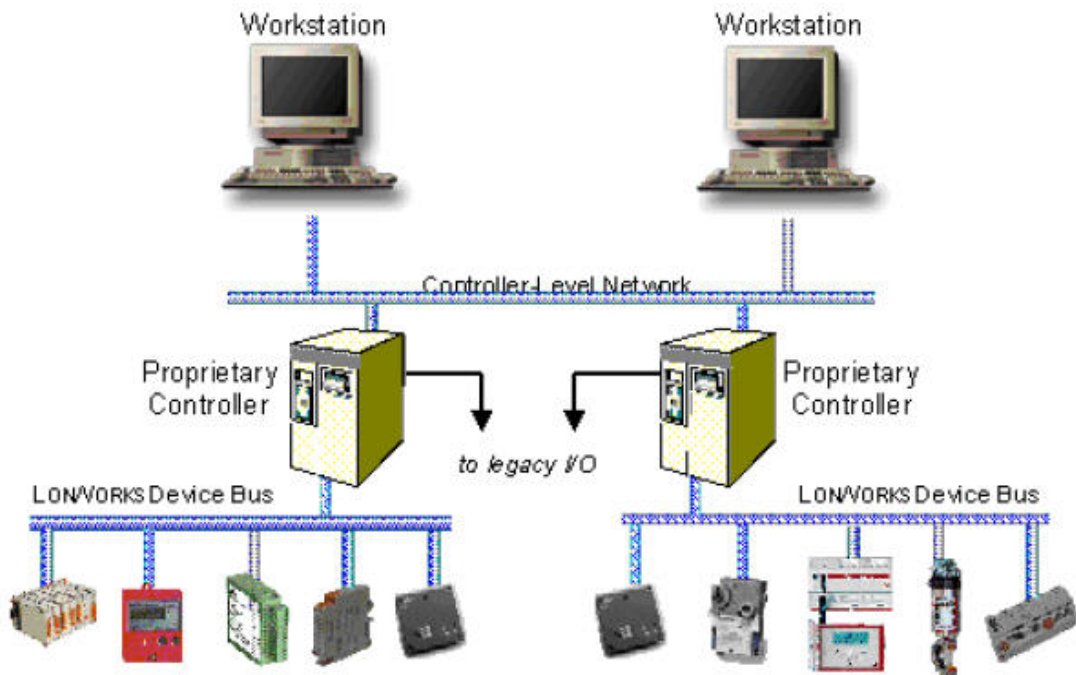


Fig. 2.19: Exemple interconnexió Lonworks

LONworks referència al nom del bus, però aquest sempre s'utilitza en conjunt amb un protocol anomenat LONtalk. LONtalk consisteix amb una sèrie de protocols que permeten la comunicació intel·ligent entre els dispositius de la xarxa.

Aquest protocol ha set inclòs a l'estàndard ANSI/EIA 709.1 al 1999 i el principal impulsor d'aquest bus es Echelon Corporation. LONworks (Local Operating Networks) utilitza com a concepte bàsic per definir la seva xarxa com una "xarxa de control", amb contrast a les "xarxes de dades" que tradicionalment és coneixen. Les xarxes de control estan orientades a la transmissió de poques dades, però amb mode segur i amb un temps restringit.

La comunicació LONworks entre els nodes pot fer-se per control distribuït d'igual a igual (peer to peer) o be mestre/esclau. Però amb qualsevol cas, la intel·ligència entre els nodes (capacitat de computació) permet la distribució de la carga computacional de processat, per exemple, utilitzar amb sensors intel·ligents, realitzant un anàlisi de les dades censades, convertir-les en altres formats, o analitzar-los, per solament realitzar comunicacions en casos concrets.

Aquesta distribució de las funcions de control permet un increment molt significatiu del rendiment i la robustesa.

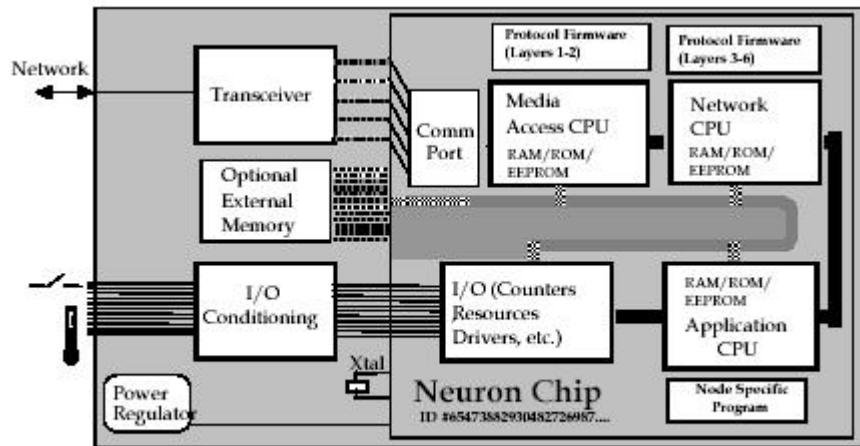


Fig. 2.20: Lonwrks device components

Per això, cada node incorpora la denominada “neurona” (neuron chip), consistent en 3 processadors de 8 bits amb Paral·lel, dos d’ells optimitzats per al protocol de comunicació, i un tercer per la execució d’aplicacions al node. Aquesta tècnica assegura que la complexitat duna aplicació no interfereixi negativament amb el rendiment de la xarxa. Ames, donat que tota la neurona queda incorporada al mateix chip, el cost econòmic no es significativament elevat, podent incús incorporar dins del mateix dispositius com temporitzadors, memòries, o inclús funcions específiques realitzades pel hardware, facilitant així el desenvolupament del software.

Actualment, el protocol es obert i pot ser implementat amb software por qualsevol fabricant.

LONworks és capaç de funcionar a múltiples medis físics de transmissió (utilitzant els transceiver adequats per cada un d’ells), la taula següent mostra alguns dels medis físics possibles. Utilitza dos fils i depenent del medi de transmissió el rendiment es diferent. Pot utilitzar com a medi físic la línia elèctrica de potencia i la topologia de xarxa que s’utilitza no influeix sempre i quan no es superi els límit marcats.

La següent taula mostra les característiques de la transmissió dependent del medi físic utilitzat.

<b>Channel Type</b>	<b>Medium</b>	<b>Bit Rate</b>	<b>Compatible Transceivers</b>	<b>Maximum Devices</b>	<b>Maximum Distance</b>
TP/FT-10	Twisted pair, free or bus topology, opt. link power	78kbps	FTT-10, FTT-10A, LPT-10	64-128	500m (free topology) 2200m (bus topology)
TP/XF-1250	Twisted pair, bus topology	1.25Mbps	TPT/XF-1250	64	125m
PL-20	Power line	5.4kbps	PLT-20, PLT-21, PLT-22	Environment Dependent	Environment Dependent
IP-10	LonWorks over IP	Determined by IP network	Determined by IP network	Determined by IP network	Determined by IP network

Fig. 2.21: Taula transmissió dependent medi físic

El protocol LONtalk implementa les set capes OSI utilitzant una mescla entre funcions hardware i software.

Las característiques que incorpora inclouen accés a arxius multimèdia, reconeixement de les transaccions, comunicació entre iguals, prioritats de transmissió, autenticació del remitent del missatge, eliminació de col·lisions, suport client/servidor, i altres funcions avançades. S'utilitza una variant del protocol CSMA per al control d'accés al medi (CSMA predictiu persistent-p) utilitzant una tècnica d'accés aleatòria (de mode similar a Ethernet).

Cada dispositiu posseeix varies classes de direccions:

1) Direcció física, identificador únic anomenat “neuron ID” que s'assigna a la fabricació i no es possible modificar.

2) Direcció del dispositiu. Direcció assignada a la instal·lació, la utilització d'aquesta direcció millora la instal·lació doncs és més fàcil la substitució d'elements avariats; consta de identificador de domini, id. de subred, id. de node. L'ús de tres identificadors millora l'encaminament de paquets.

3) Direcció de grup. Per a definir un conjunt de nodes independentment de la seva situació física, per exemple, per agrupar funcionalitat, etc.

4) Direcció de difusió (broadcast). Aquesta direcció identifica tots els nodes que poden rebre missatges al mateix temps. Cada paquet enviat conte de forma necessària la direcció de destí (una o varies de les direccions avanç descrites) i la direcció del node transmissor (origen del paquet). També existeix un identificador de domini de manera que dos xarxes LONworks poden coexistir al mateix medi físic (cada una funcionant en un domini diferent).

LONworks defineix quatre tipus de missatges (tres dels quals essencials):

1) Missatge reconegut, de manera que al enviar un missatge s'ha d'esperar la recepció de reconeixement de missatge rebut per part del receptor o receptors, pugen configurar un número de reintents o temps límit per al cas de fallida.

2) Missatges repetits, no necessita el reconeixement del receptor, però per assegurar la seva arribada aquestos són enviats varies vegades, es útil en el caso d'una difusió múltiple ja que evita el tràfic massiu de missatges de reconeixement de recepció.

3) Missatges sin reconeixement, el missatge solament s'envia una vegada i no s'espera confirmació d'arribada. Genera poc tràfic a la xarxa i es vàlid en xarxes fiables.

4) Servei d'autenticitat, permet que un receptor pugui determinar si l'emissor d'un missatge està autoritzat per fer-ho, de manera que es garanteixi que solament qui és autoritzat pugui enviar cert tipus de missatges. Aquesta seguretat s'implanta a la instal·lació introduint claus de 48 bit entre els dispositius per poder xifrar/desxifrar alguns missatges.

Ames, LONworks disposa del que es denomina “variables de xarxa”. Mitjançant aquestes variables és possible crear una “connexió virtual” entre dos nodes de manera que una vegada configurada ja no es necessari executar-la de nou.

Aquesta connexió permet associar el valor d'una o varies



variables de entrada a un node amb altres variables de sortida a l'altre node, de manera que cada cop que es produeixi un canvi a las entrades, aquestes es reflecteixin a las sortides sense necessitat de que la programació del sistema estigui pendent d'executar la rutina d'actualització d'aquestes entrades remotes, creant el que es denomina "cable virtual".

Aquesta utilitat permet fàcil interconnexió entre dispositius de diferents fabricants, ja que no es necessari conèixer amb detall cada dispositiu, pues existeixen funcions estàndard d'enllaç virtual (SNVT, Standard Network Variable Tipe) que s'encarreguen d'això.

### **2.3.8.- PROFIBUS.**

La base per al desenvolupament d'aquest protocol és un projecte d'investigació de diferents empreses i cinc instituts d'investigació alemanys. Actualment, Profibus en les seves 3 versions FMS, DP i PA són estàndard europeu EN50170 des de 1996, però les seves activitats varen començar al voltant de 1987. Existeix més de dos milions de dispositius Profibus instal·lats, amb aproximadament 250 fabricants de productes Profibus en tot el mon. Son dos les associacions principals que organitzen les activitats encaminades a la millora d'aquest bus: PI (Profibus Internacional) i PNO(Organització d'usuaris de Profibus)

La família Profibus consisteix en tres versions compatibles:

#### **2.3.8.1.-PROFIBUS –FMS i tcp/ip.**

**PROFIBUS- FMS (Fieldbus Message Specification).**

Es la solució de propòsit general per feines de comunicació a nivell de control. Els potents serveis FMS obren un ampli rang d'aplicacions i ofereixen una gran flexibilitat. També poden ser utilitzats per feines

de comunicacions extenses i complexes. Amb Profibus-FMS la funcionalitat és més important per aconseguir un sistema amb temps de reacció petit. Amb la major part d'aplicacions, l'intercanvi de dades depèn de la demanda de l'usuari.

PROFIBUS sobre TCP/IP. Mitjançant una passarel·la, i utilitzant l'especificació MMS(Manufacturing Message Specification) que FMS constitueix una part d'ell, és possible enviar missatges sobre una xarxa TCP/IP amb destí nodes d'una xarxa Profibus.

**2.3.8.2.-PROFIBUS –DP.**

Profibus DP (Distributed Procés Periphery) és un protocol de Profibus que integra la transmissió i accés al bus en comunicacions d'alta velocitat en xarxes de sistemes automàtics de control i E/S distribuïdes a nivell de camp (perifèria descentralitzada). Les principals característiques son:

- Profibus DP és un bus de camp que connecta sensors, actuadors, i mòduls E/S cap a un dispositiu de control mestre.
- Profibus DP permet alta velocitat d'intercanvi de dades al nivell de sensor i actuator.
- El Profibus DP permet la comunicació entre el dispositiu mestre i els seus dispositius E/S (esclaus). (el TSX PBY 100 Profibus DP mòdul màster PLC i). El mestre llegeix la informació d'entrada del esclau i els escriu les sortides
- La comunicació entre mestre i els seus esclaus distribuïts és cíclica. Per garantir el bon funcionament el temps de cicle ha de ser més petit que el temps de cicle del programa del mestre.

Profibus DP esta basat en la norma DIN 19245, Part 1 i 3, l'estàndard Profibus per a perifèrics distribuïts. La norma tecnològica ha de complir les parts 1 i 3 de la IEC Fieldbus Standard, IEC 1158.

El Profibus DP protocol compleix el model ISO OSI per a sistemes oberts (Standard ISO 7498).

Profibus DP i el STB NDP 2212 compleix amb les ISO OSI referents a la capa 1 (física) i la capa 2 (enllaç de dades):

Capa 1—interfície RS-485

Capa 2— controlador Profibus 3, control d'accés al medi (MAC); el software STB NDP 2212 proporciona serveis addicionals a la capa per a gestió de xarxa.

**Serveis Estàndards:**

La interacció entre Profibus DP mestre i qualsevol node de la seva xarxa es compon d'una sèrie de serveis d'accés (SAPs) definits en l'estàndard DIN 19245. Totes les dades es transmeten com un missatge Profibus DP. En cada comunicació s'utilitzen els següents SAPs:

Service	Description
set_parameter (See Set_Parameter Service, p. 60)	send parameter setting data
get_configuration	read configuration data
check_configuration (See Service Description, p. 62)	check configuration data
slave_diagnostic (See Structure of the STB NDP 22 12 Diagnostic Message, p. 81)	read slave diagnostic data
read_inputs	read slave input data
read_outputs	read slave output data
global_command (See Global_Command Service, p. 79)	control command to support the freeze, unfreeze, or clear_data functions
*write_read data (See Exchanging Data with the Profibus DP Fieldbus Master, p. 67)	data exchange
*default SAP	

Fig. 2.21: Taula de comandes de transmissió

### Capacitat de Diagnòstic:

Profibus DP proveeix robustos serveis de diagnòstic que permeten una localització ràpida de l'error.

Els missatges de diagnòstic es transmeten a través del bus de camp al mestre des dels dispositius esclaus.

Les funcions de diagnòstic poden informar l'estat de l'esclau i localitzar i identificar falles en els següents nivells:

Operacional :estat global de les comunicacions entre el mestre i els esclaus

Mòdul :estat d'un mòdul E/S, que és representat per un bit en el registre de diagnòstic

### Especificacions de Transmissió:

Medi de transmissió: elèctric mitjançant un parell de cable trenat apantallat.

Baudis: el bus i els dispositius han d'estar configurats al mateix nombre de baudis/s

Parameter	Valid Values	Factory Default Settings
bit rate (baud)	2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 / 57600	9600
data bits	7/8	8
stop bits	1/2	1
parity	none/odd/even	even
Modbus communications mode	RTU/ASCII	RTU

Fig. 2.22: Especificacions de transmissió

Limitacions en la Transferència de dades: el màxim de dades que pot transmetre és:

Per tant si les adreces van de 1 a 125 poden connectar a 125 nodes esclaus.

Parameter	Limitation
protocol	Profibus DP, DIN 19245, Parts 1 and 3
maximum input data length	240 bytes
maximum output data length	240 bytes
maximum diagnosis data length	32 bytes
maximum I/O data length	240 bytes
maximum user parameter data length	8 bytes
maximum configuration data length	216 bytes
address range	1 ... 125

Fig. 2.23: Limitacions de la transferència de dades.

### 2.3.8.3.-PROFIBUS –PA.

PROFIBUS- PA (Procés Automation).

Està especialment dissenyat per automatització de processos. Permet que sensors i actuadors pugin ser connectats a un bus comú en àrees d'especial seguretat qualificades com Ex. Permet comunicació de dades i transport d'energia sobre el mateix bus utilitzant tecnologia de dos cables, d'acord amb l'estàndard internacional IEC 1158-2. Bàsicament, és l'ampliació de Profibus- DP compatible amb comunicació, una tecnologia que permet aplicacions pel l'automatització de processos en recintes amb perill d'explosions (àrees classificades Ex).

També existeixen diversos perfils orientats a aplicacions concretes on es defineixen elements específics com automatització d'edificis, aplicacions segures respecte a fallides (PROFISafe), control numèric i robots, encoders, drivers de motors de velocitat variable o interfícies Home/Màquina.

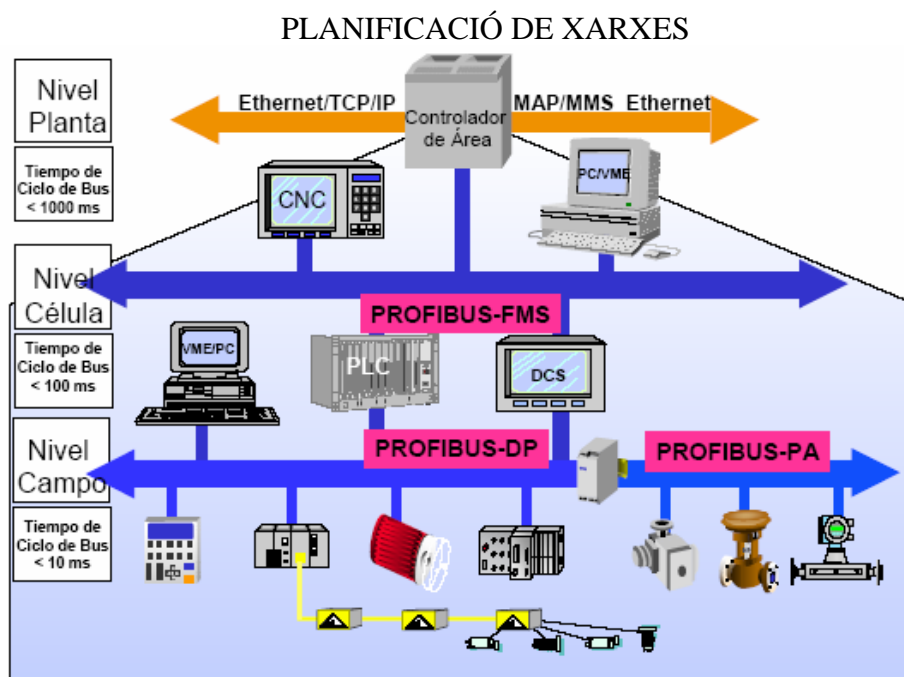


Fig. 2.24: Nivells de connexió de Profibus.

Profibus especifica les característiques tècniques i funcionals d'un sistema basat amb un bus de camp sèrie, on controladors digitals descentralitzats poden ser connectats entre ells tant a nivell de camp com a nivell de control. Es distingeix dos tipus de dispositius, dispositiu mestre, que determinen la comunicació de dades sobre el bus i l'esclau, que són dispositius perifèrics.

Un mestre pot enviar missatges sense una petició externa quan tingui el control d'accés al bus (el testigo). Els mestres també es denominen estacions actives.

Els esclaus són normalment dispositius d'Entrada/Sortida, vàlvules, actuadors i transmissors de senyal que no tenen el control d'accés al bus i sol poden rebre o enviar missatges al mestre quan se'ls i autoritza.

Els esclaus també es diuen estacions passives, perquè solament necessiten una part del protocol del bus.

Així doncs, sobre un mateix medi físic del bus, existeixen dos tipus de comunicacions, mestre per al pas de (testigo), i entre els nodes mestres i esclaus.

Profibus utilitza una topologia de bus amb finals als dos extrems per adaptació d'impedàncies. Aquesta tècnica assegura l'acoblament i desacoblament d'estacions (inclòs en àrees de seguretat) durant operacions normals sense afectar a la resta.

Per això, al medi físic s'utilitza:

1. RS 485 (H2): Parell de fils trenats i apantallats, utilitzat bàsicament per DP i FMS, utilitza transmissió asíncrona, amb transferència de 9.6 Kbit/s fins a 12Mbit/s (seleccionable). Utilitza 32 estacions per segment, màxim 127 estacions, amb distància màxima que depèn de la velocitat desitjada (12 Mbit/s = 100 m; 1,5 Mbit/s = 400m; <187,5 Kbit/s = 1.000 m), amb l'avantatge que amb repetidors pot arribar a 10 km.

La combinació del trenat de conductors, l'apantallament de làmina i l'apantallament de malla el fan especialment apropiat per l'estesa en entorns industrials amb fortes interferències electromagnètiques i un cost d'instal·lació reduït.

Es necessària la finalització de la línia per l'adaptació d'impedàncies.

2. IEC 1158- 2 (H1): Utilitzat per al Profibus-PA. Funciona en mode de corrent, i arriba a 31,25 Kbit/s.

La tecnologia de transmissió d'acord amb la IEC 1158\_2 compleix tots els requisits de les indústries químiques i petroquímiques. Permet seguretat intrínseca i fa possible que s'alimentin els dispositius de camp per mitja del bus. Aquesta tecnologia consta d'un protocol

síncron al bit amb transmissions lliures de corrent continua. Utilitza parell de fils trenats apantallats o no apantallats, amb una distància de fins a 1.900 m per segment, repartida per repetidors fins a 10 km, 127 estacions màxim, de 10 a 32 per segment (dependent del tipus de dispositiu i consum). Són possibles configuracions en línia, arbre i estrella.

3. Fibra Òptica: Utilitzat per al DP i FMS. Els elements que proporcionen la sortida de dades per la fibra òptica s'anomenen "Mòdul d'Enllaç Òptic" (Optical Link Module, OLM) i "Connector d'Enllaç Òptic" (Optical Link Plug, OLP).

Amb OLM es poden aconseguir topologies de xarxa amb estructures de línia, estrella o anell, creant enllaços de fins a 15 km.

(la distància depèn del tipus de fibra utilitzat).

Amb OLP s'aconsegueix, ames, estructures d'anell monofibra amb distàncies curtes.

Degut al funcionament unidireccional de les fibres òptiques, les xarxes òptiques s'implementen amb enllaços punt a punt entre els components actius. Com a avantatges principals, ofereix separació galvànica entre els usuaris del bus i el suport de transmissió, es invulnerable per interferències electromagnètiques i la tècnica de connexió es extremadament senzilla, utilitzant fibres òptiques de plàstic dins les curtes distàncies.

Per a OLM les velocitats de transmissió possibles son: 9.6 Kbit/s, 19.2 Kbit/s, 93.75 Kbit/s, 187.5 Kbit/s, 500 Kbit/s, 1.5 Mbit/s.

Per OLP: 93.75 Kbit/s, 187.5 Kbit/s, 500 Kbit/s, 1.5 Mbit/s.

La configuració dels sistemes Profibus es totalment oberta, es a dir, que dispositius de diferents fabricants es poden utilitzar a la mateixa xarxa Profibus, solament es necessari tenir un fitxer de configuració (GSD) on es troba la informació d'aquest dispositiu, aquesta es llegida per l'eina de configuració (un PC o un terminal de programació), per posteriorment transferir totes les dades a l'element mestre que controlarà la xarxa.

### ***2.3.9.-Compobus / s.***

És un bus de camp específic de la casa omron d'entrades i sortides digitals de baix nivell. S'utilitza per la comunicació entre màquines mitjançant dos cables que poden ser un parell trenat o bé un cable pla (amb parell d'alimentació per a la alimentació dels perifèrics). Aquests cables recorren la instal·lació i permet connectar les targetes on sigui necessari, per tant és una solució interessant per l'estalvi de cables. Poden haver fins a 32 nodes. Permet una estructura en bus o arbre. La distancia màxima per una línia principal és de 500m metres i per una línia secundaria és de 100m. El temps d'accés a les entrades i sortides és pràcticament el mateix que si estiguessin cablejades directament al autòmat., la velocitat és de 0.75 Mbits/s. El Compobus/s prolonga el bus del autòmat fins a la màquina. Els autòmats que podem utilitzar com a esclaus són: C200H, Alpha, CQM1 y SRM1, aquest últim és un miniautòmat que ocupa molt poc espai i a part de tindre un o dos ports sèrie té com a bus d'entrada i sortida el propi Compobus/s.

Alguns dels productes per a Compobus:

- El CPM2C com a mestre de Compobus/s

- Esclaus programables: CPM2C-S100C-DRT o CPM2C-S110C-DRT
- Unitats mestres: C200HW-SRM21-V1 (nova versió del Controler Link), CQM1-SRM21-V1, CJ1-SRM21.
- Tarja amb unitat mestre de Compobus/s per PC amb Bus ISA.
- Esclaus: Unitats d'enllaç d'entrada/sortida.
- Terminals remots de E/S a transistor.
- Terminals remots de E/S a transistor amb bloc de terminals de 3 borns.
- Terminals remots de E/S a relés.
- Terminals remots de E/S a transistor de connectors.
- Terminals remots de E/S a transistor amb IP67
- Terminals per sensor.
- Terminals amplificadors de sensor en Compobus/s
- Unitats de connexió per els terminals amplificadors de sensor.
- Terminals analògics
- Mòduls remots de E/S per muntatge en circuit imprès.
- Servodriviers avançats en funció de posicionament.
- Productes per cable VCTF
- Productes per cable especial pla
- Productes per cable VCTF de 4 conductors.

Per la instal·lació del bus tindrem en compte tota una sèrie d'aspectes.

- Preparació del sistema : Seleccionar el sistema i els esclaus que s'utilitzaran. En funció de la distància i de la velocitat que volguem escullirem un cable o un altre.
- Configuració dels nodes : Es configura el mode de comunicació del mestre i dels esclaus i s'estableix el número de nodes dels esclaus. La resistència de terminació és connecta a la línia principal, en el punt més allunyat del mestre.
- Direccionament dels esclaus: Els esclaus ocuparan una zona de memòria fixa per cada tipus de mestre utilitzat. Les direccions específiques dins d'aquesta àrea, dependran del número de node de l'esclau i de si és d'entrades o de sortides.
- Inici de les comunicacions: Les comunicacions s'activen automàticament.
- Revisió i estat del sistema: ERC (indicador encés) indica que hi ha un error a la comunicació amb l'esclau. I/O (indicador encés) indica si l'error es produeix a un esclau d'entrada o a un de sortida, mentre que el número de node bé indicat als quatre indicadors que tenen la nomenclatura dels pesos "8", "4", "2", "1", com a número binari de quatre dígitos.

Degut a les seves característiques el Compobus/s és molt indicat per aplicacions de domòtica, on tota la gestió elèctrica de l'habitatge es centralitza, al mateix temps que es permet millorar la seguretat de forma local o remota dels consums i el benestar.

Una de les aplicacions a la indústria és el control de màquines i robots; la idea del compobus/s en aquest cas és que es podran connectar les màquines a qualsevol punt de la instal·lació.

### **2.3.10.-Controler LINK.**

Controler Link és una xarxa d'automatització industrial que permet l'enviament i recepció de grans quantitats de dades. S'instal·la de forma fàcil i ràpida. És un bus d'OMRON, l'aplicació més comú és la connexió entre PLC's. Soporta PLC's de la sèrie CQM1, CJ1 y CS1, així com Terminals NS i/o ordinadors mitjançant targetes de Bus PCI. Es tracta d'una solució de comunicacions que està a nivell de planta.

Controler Link permet muntar xarxes en cable, mitjançant un parell trenat apantallat (RS485) o amb fibra òptica, mitjançant fibra multimode. Amb Controler Link es pot comunicar des de 500Kbps a 2Mbps de velocitat, podent aconseguir distàncies de fins a 100m amb cable o 30Km amb fibra òptica, amb 32 nodes en cable i 62 en fibra òptica.

En el cas de configuracions amb fibra òptica cal destacar que es poden utilitzar topologies en anell (Token Bus N:N y Token ring N:N en les unitats de fibra òptica), que assegurin les comunicacions davant errades en algun dels segments de la xarxa, com podria ser la ruptura d'un cable. Cal destacar també el CS1-Dúplex que és un PLC redundat i que per tant permet tindre un sistema de comunicacions redundat davant errades de línia i davant errades de la unitat de comunicacions.

Actualment s'ha incorporat una millora del Controler Link que afecta a tots els mòduls del mateix. Aquesta millora s'identifica com a V1, és a dir, totes les referències ara acaben amb el sufixe V1.

Les característiques més importants de la versió V1 són:

- Nova interfície gràfica per ajudar i facilitar les configuracions del Controler Link des del CX-Programer 3.2.
- Possibilitat d'utilitzar 4 nous modes de configuracions automàtiques (1:N): igual, 1 a 1 i cadena.
- Xarxes de cable amb 62 nodes; amb l'anterior versió eren 32, mitjançant l'ús de repetidors.
- Es poden afegir nodes online, permet crear aplicacions de xarxa sense tindre que preparar les comunicacions de la resta de la xarxa, i canviar configuracions de datalink, de nodes existents, sempre que s'hagi establert un Datalink Manual.

Alguns dels productes específics pel Controler Link són:

- Targeta Controler Link de cable per a CS1.
- Targeta Controler Link de Fibra òptica multimode (ST) per CS1. Topologia d'anell i opció de redundància.
- Targeta Controler Link de cable per CJ1.
- Targeta de Bus PCI per PC; per cable i per fibra òptica.
- Unitats repetidores: repetidor cable-cable i repetidor cable fibra òptica



Els aspectes que hem de tindre en compte per posar en funcionament el Controler Link són:

- Preparació del sistema: Determinar el nodes que formaran part de la xarxa. La classe de cable utilitzat s'escull en funció de la distancia que hem de cobrir i de les velocitat de les comunicacions.
- Configuració dels nodes: Es configura el número de nodes de cada una de les unitats i s'estableix la velocitat de comunicació de la xarxa, aquesta velocitat haurà de ser la mateixa per a tots els nodes. En cas d'utilitzar un cable trenat s'haurà d'activar la resistència d'acabament en el nodes que ocupen els extrems de la xarxa.
- Flux d'informació: Es pot transferir informació entre els nodes mitjançant comandes com SENS, RECV i CMND o bé mitjançant comandes FINS. El Data Link permet compartir informació entre nodes de forma ràpida i automàtica. Les taules Data link es poden crear amb el CX-Net i mitjançant configuració directe a l'àrea de DMs del PLC, i defineix les zones de memòria que s'intercanviaran els diferents nodes que formaran part de la xarxa. El Data Link pot ser AUTOMATIC o MANUAL. Quan es parla d'automàtic es vol referir que és coincident en tots els nodes i especificant només canal d'inici i el tamany per cada node. En canvi manual bé referit a que serà específic per cada node amb àrees de lectura i escriptura deferents i també de tamany diferent.
- Inici de les comunicacions: El Data Link ha de ser activat després de crear les taules Data Link per que s'iniciï la transferència de dades. Per aconseguir-ho s'haurà d'activar el Bit Iniciar Data Link que serà diferent segons el tipus de node.
- Revisió i estat del sistema: ERC(indicador encès) errors en les comunicacions, ERH(indicador encès) ens dona informació sobre els errors en el PLC, LNK (intermitent) indica que hi ha un error de configuració a la taula Data Link. En l'àrea d'estat es pot veure informació sobre el funcionament actual del sistema.

Una de les aplicacions pràctiques per les quals ha estat dissenyat especialment el Controler Link és per a la automatització de processos de tractaments d'aigües. Gràcies a la possibilitat de distribució dels autòmats i els PC's de supervisió al llarg d'un mateix bus, s'aconsegueix una descentralització de les tasques de tractaments, però al mateix temps, totes les variables sobre el procés estan disponibles en qualsevol node del sistema ja sigui un autòmat com també un ordinador.

2.4.- Comparativa.

BUS	Aplicacions	Medi Transmissió	Velocitat distància	Bits max paquet	T de cicle max	Nº de nodes	Topologia	Fabricants	Avantatges
ASI	Sensor actuator	cable	100m 167kbps 300m(3rep)		5ms 31slaves 10ms 62slv V2.1	31slaves 4E/4S slave	Arbre anell estrella	75 Fabricants 8 associacions	Senzille sa baix cost
CAN	Control automocio	Cable fi b opt?	40m 1Mbs 1Km 50kbs	64	0,270ms	64	Bus amb derivacions		++seguretat multimaster
CANopen	Capa 3 a7 del CAN 2.0	Cable trenat + PWR		64	< 1 ms	127		Estandar obert CiA	autoconif
DEVICENET (compobus/d omron)	Capa 3 a7 del CAN 2.0	cable serie wireless	100m 500kbs 250m 250k 500m 125k	64	< 2 ms	64 nodes	Cable principal + derivacions T	Organitzacio estandaritzacio 3w.odva.org	Configuracio desde pc
Controller LINK	Supervisio control	Cable serie f. optica 20km	500m 2Mbps 1km 500kbps			32 64 f.opt	Token bus token ring f.opt	OMROM	
COMPOBUS /S	Maquinaria sensor-act	Par trenat Cable pla	750Kbps 500m 93.7kbps	8 o 16	1 ms a 100m 5ms	32slaves 256 E/S	Conexs multipunt derivacions T		Senzille sa baix cost
FIELDBUS	Processos continus	cable	31.25kbps		< 100 ms	240/segment			seguretat
ETHERNET	Grans volums dades	cable	10 /100 Mbps	46 + 1500	100ms o +	10 base T 10 base F	Bus, estrella, arbre, anell		LAN economic
Lonworks	control	Cable,JP,PWR	38 a 78kbps...	2^32		256gru*64nod	Liure o bus (vel)		Lon talk 7c osi
PROFIBUS -DP	Control periferics	Cable f.opt	400m 500	0 - 244	5ms		Bus amb deriva		seguretat
PROFIBUS -PA	Automatitzacio processos	f. opt cable trenat	31,85kbps 10Km	0 - 244	5ms	127	Lin arbre estrella		seguretat
PROFIBUS -FMS i tcp/ip	Comunicacio ins extenses	Cable f.opt	100m 12Mbps 1km 18kbps	244	60ms				Seguretat nivell aplicacio

Per escollir un bus adequat a les nostres necessitats tindrem en compte els conceptes nombrats a la taula, aquets són:

- El medi de transmissió determina el tipus d'aplicació que podem comunicar : el medi òptic tot i ser més car ens permet comunicar grans distancies amb una alta velocitat de transferència, el medi wireless en permet comunicar amb dispositius mòbils (però actualment encara és molt car) , el tradicional parell de cable trenat és mes econòmic i per a distancies no massa grans pot transmetre a velocitat acceptable.
- La relació velocitat/distancia s'haurà de tenir en comte el flux necessari de dades i la distancia, ja que en el medi elèctric i wireles com més distancia tens menys velocitat , depenent del tipus d'aplicació estarà justificat el medi fibra òptica per a mantenir la velocitat.
- Bits màxims per paquets: Com més gran sigui el paquet més velocitat de transmissió tindrem, però menys seguretat i menys detecció d'errors, ja que, el temps de cicle de comunicació serà més elevat. Per tant a velocitats menors (paquets més petits) el temps de cicle serà més curt i podríem parlar de comunicacions en temps real que són imprescindibles en control de processos on la sincronització sigui crítica.
- Temps de cicle: Per aplicacions industrials en temps real el temps de cicle ha de ser el més petit possible. En nivells de supervisió o superiors el més important és la velocitat de transferència de dades i el temps de cicle secundari.
- N° de nodes: Ens determinarà el número d'elements que és capaç de suportar el bus. Depenent de la complexitat i número d'elements de la planta, per tant seleccionar un bus amb més o menys número de nodes màxim, tenint en compte la possibilitat d'una futura ampliació.
- Topologia: Ens determina l'estructura de comunicació de la planta, així com també la distancia màxima entre els nodes i la velocitat en que es comunicaran (repetidors).
- Fabricants: Quan hi ha molts fabricants hi ha molts productes disponibles i la competència de preus beneficia el client. El principal problema sons el busos de propietari on nomes tens una llista de productes que no son compatibles amb altres sistemes i la dependència és molt gran.

### 3.- Possibles arquitectures de muntatge.

PROFIBUS® és el sistema de bus per a la comunicació de camp entre petites cèl·lules amb els dispositius de camp. Basat en European standard EN 50170, Volum 2, PROFIBUS proporciona la possibilitat d'interactuar amb components d'altre fabricants. Amb els components de xarxa SIMATIC NET® podem preparar el següents xarxes.

#### 3.1.-Red òptica amb profibus.

La variant cable de fibra òptica de PROFIBUS te les característiques:

- Insensible al les interferències electromagnètiques
- Adequat per a grans distàncies
- Aïllament Galvànic
- Es pot utilitzar cables de plàstic ( PCF) o vidre

Xarxes òptiques amb OLM

Amb el mòduls d'enllaç òptics (OLMs®), es pot implementar una xarxa en línia ,estrella i anell redundant .

Es pot implementar quasi qualsevol tasca d'automatització .

La distància màxima pot ser superior a 15Km.

La velocitat de transmissió pot ser un valor situat entre 9.6 kbit/s to 12 Mbit/s.

No requereixen protecció per a llamps

Els cables de fibra òptica no necessiten equalitzadors de voltatge (repetidors ).

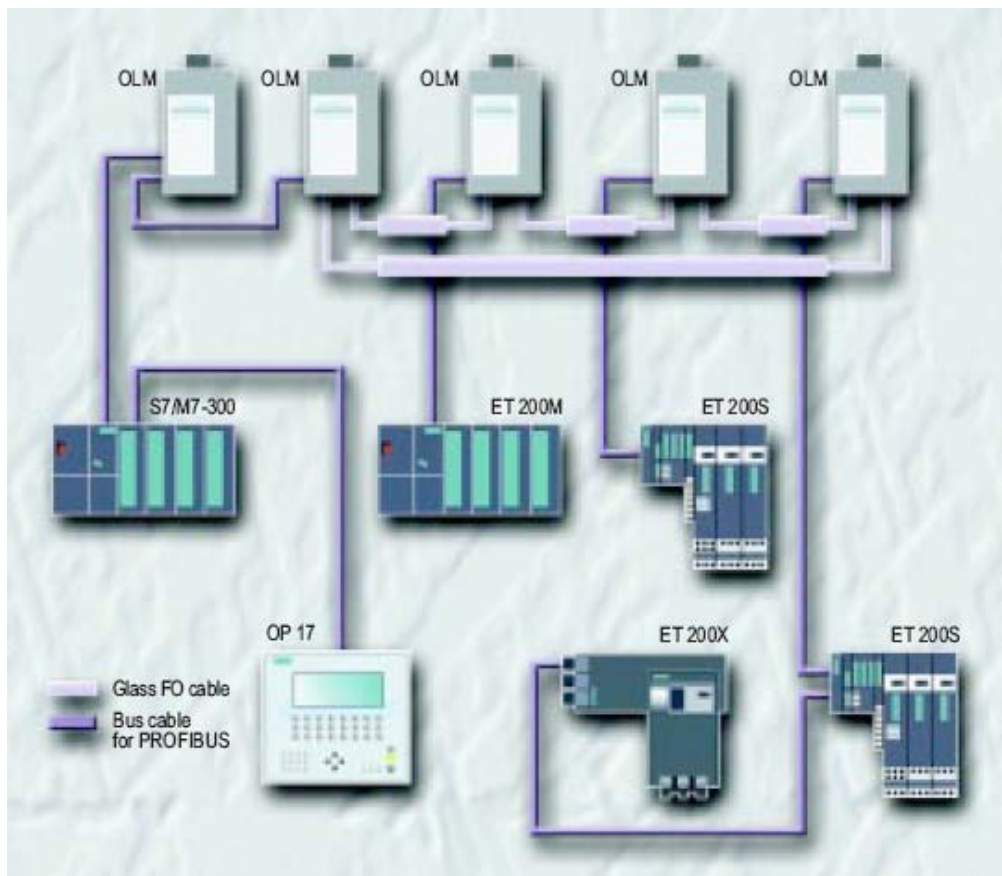


Fig. 3.1: Exemple configuració red profibus amb OLM.

Xarxes Òptiques amb interfícies integrades OBT es disposen en una configuració lineal.

Una solució efectiva i econòmica ; Terminals amb interfície RS 485 o segments existents RS 485 es poden connectar via un Optical Bus Terminal (OBT).

La distància màxima entre estacions és 50 m amb plàstic FO cabling. Per a unir distàncies fins a 300 m, es pot utilitzar (PCF = Polymer Cladded Fiber).

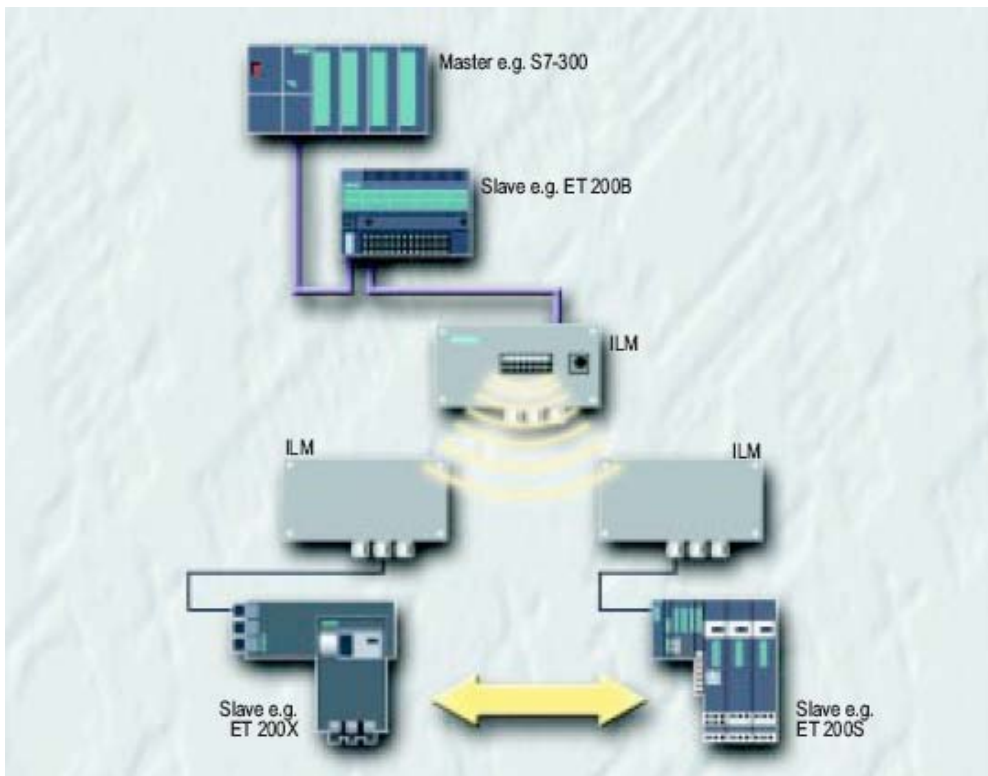


Fig. 3.2: Interfície mòbil de la red.

En es estructures Híbrides entre medi elèctric i òptic és possible. La transmissió entre els dos medis s'implementa amb el OLM. No més de 127 nodes es poden connectar a una xarxa PROFIBUS .

Wireless intrefícies amb ILM amb el modul d'enllaç (ILM), es poden establir connexions inalambriques entre dos o més node esclaus o segments esclaus .A un màxim ratio de 1.5 Mbit/s a 15 m, possibilita la comunicació a components mòbils .

### 3.2.- Red elèctrica.

La xarxa elèctrica usa un doble cable trenat i apantallat .  
L'interfície RS 485 funciona amb voltatge diferencial . Que el fa menys sensible a les interferències que les interfícies de corrent o voltatge.

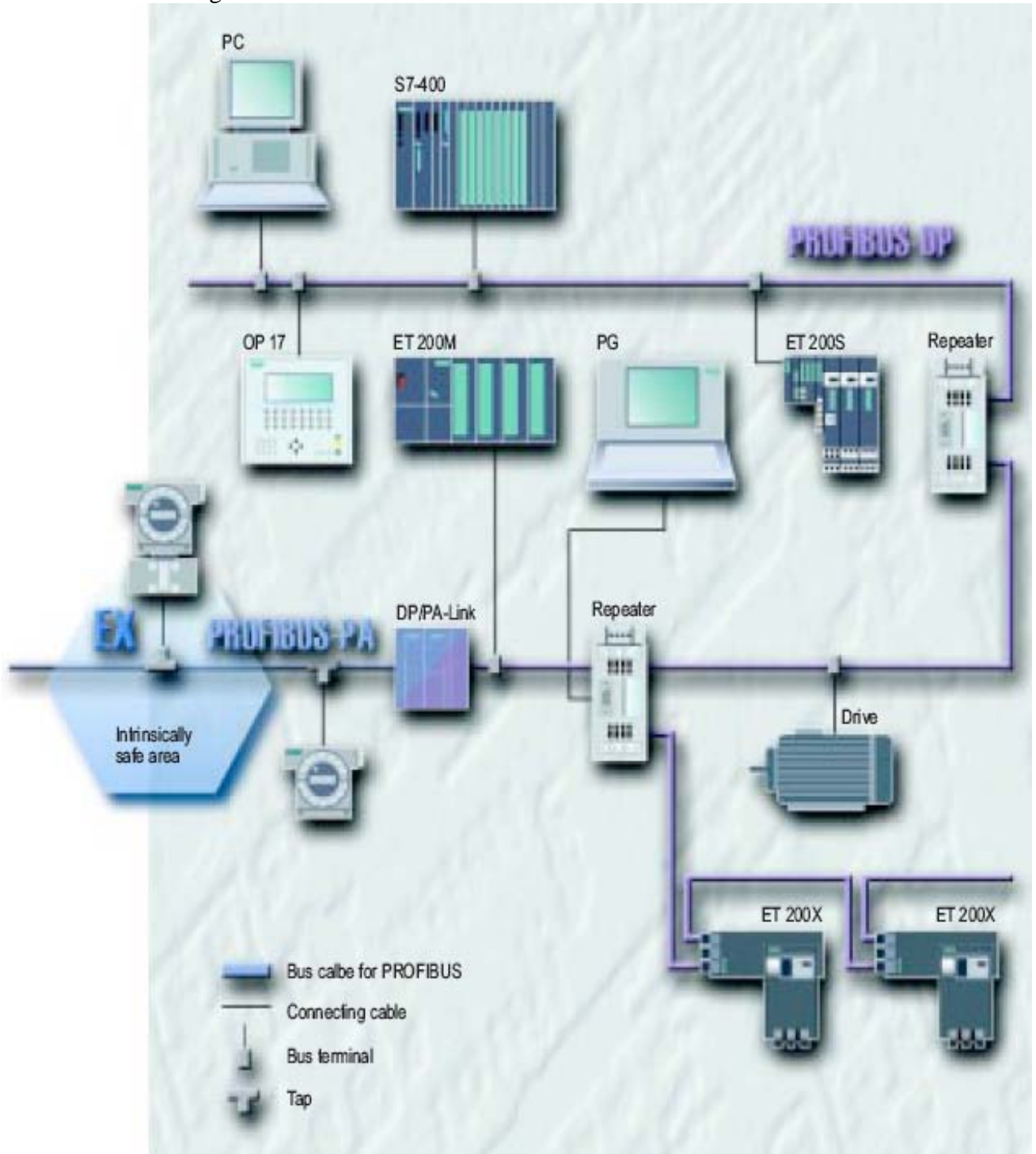


Fig. 3.3: Esquema complet de l'arquitectura Profibus.

En PROFIBUS, els nodes es connecten al bus via un terminal de bus (max. 32 nodes per segment).  
· Els segments es connecten via repetidors .



- El rati de transmissió es pot ajustar entre 9.6 kbit/s fins 1.5 Mbit/s. Per a aplicacions on el temps de resposta es crític PROFIBUS-DP, es pòssible transmetre 3.6 Mb/s i 12 Mbit/s.
- El màxim de longitud del segment depèn del rati de transmissió.
- Es pot configurar en estructura bus o arbre (see Fig. 6).
- Per a aplicacions en àrees segures el mètode de transmissió està definit per IEC 61158-2 utilitzat amb PROFIBUS-PA. La velocitat de transmissió és de 31.25 kbit/s.

### 3.3.- Exemples de connexió Profibus.

A les següents figures es mostra exemples de connexió d'elements de Profibus, tant com a PLC com a PC's.

La figura 3.4 es mostra el mòdul d'interconnexió PLC amb el connector Profibus FastConnect RS485.

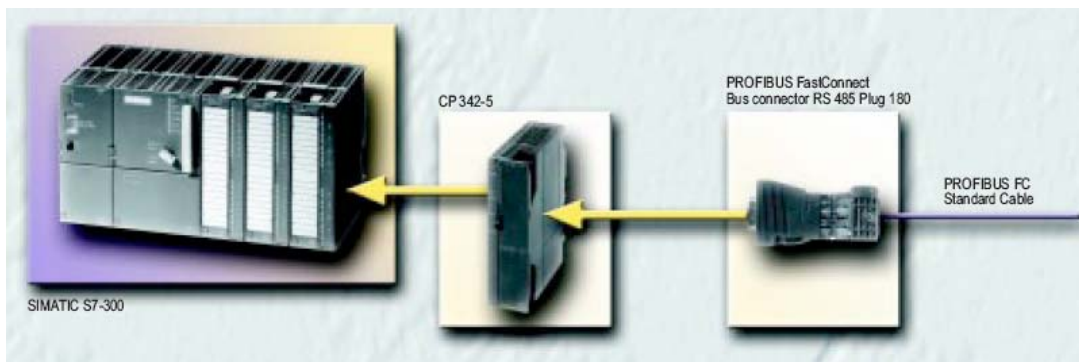


Fig. 3.4: Connexió exemple de la red amb el connector RS 485.

A la figura 3.5 es mostra la interconnexió entre la placa de connexió al PC i les dues possibles connexions per el RS485 o un connector terminal de xarxa Profibus.

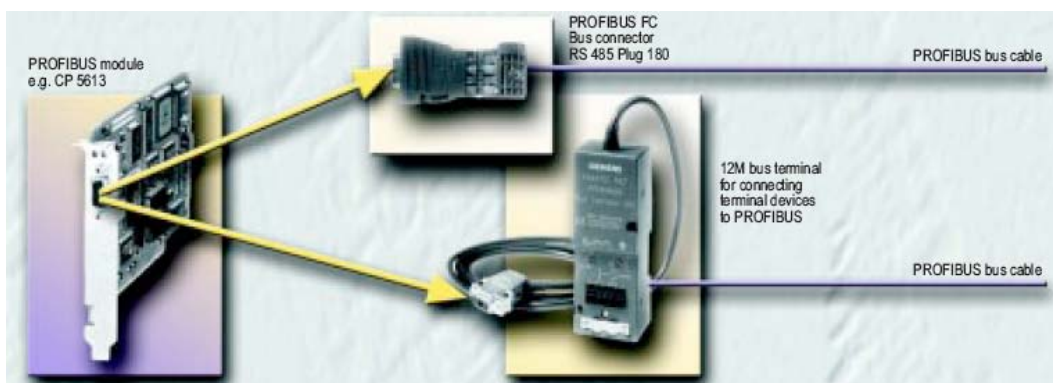


Fig. 3.5: Connexió a la red.

La figura 3.6 ens mostra la connexió final entre els actuadors/sensors i les connexions que fan de pont amb el bus (Tap).

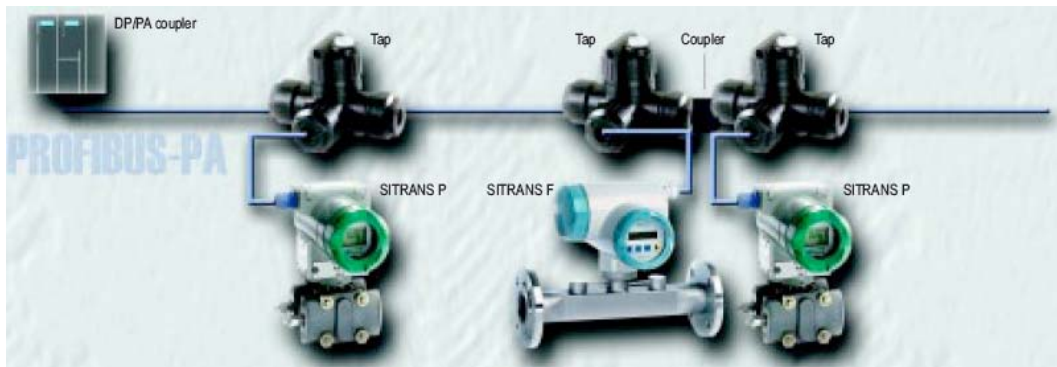


Fig. 3.6: Connexió als actuadors de la red.

A la figura 3.7 i 3.8 es mostra els cables utilitzats avui en dia tan en parells diferencials com fibres òptiques.



Fig.3.7: Tipus de cables profibus.

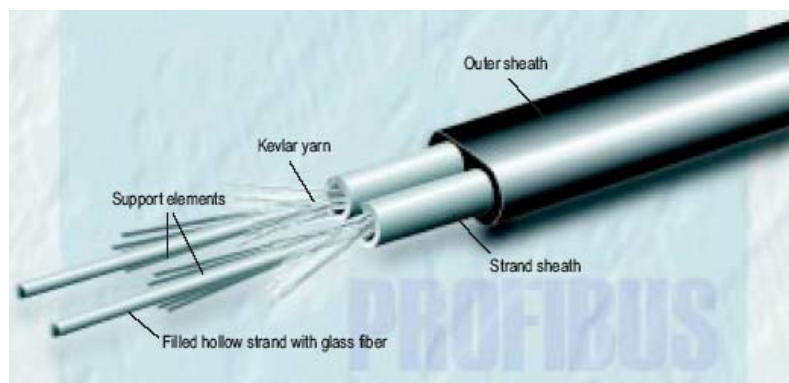


Fig.3.8: Cable fibra -òptica utilitzat amb profibus.



3.4.- Mapa de connexió de múltiples protocolos comunicació.

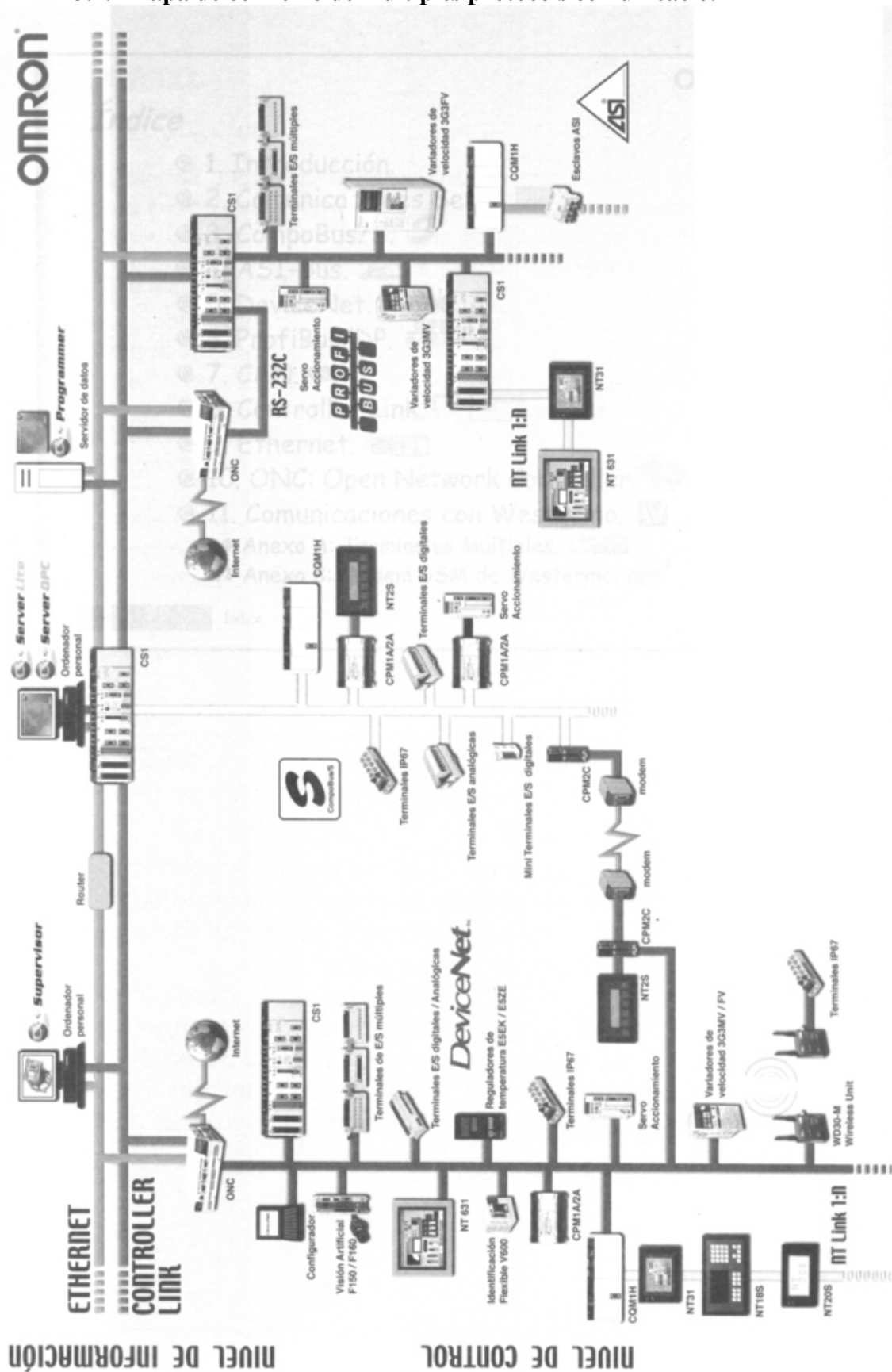


Fig. 3.10: Connexió múltiples protocols de comunicació.

Com és pot observar en la figura 3.5, és possible la interconnexió de diferents busos des de el nivell de cèl·lula fins a nivell de procés.

És un possible exemple per a la connexió de múltiples estacions, PLC's, ordinadors, terminals d'entrada i sortida, etc..

A continuació mostrem un llistat de busos de l'exemple i la seva situació en la piràmide CIM, així com l'aplicació que té cada un dins el procés:

**ETHERNET:** És el bus a nivell 2 (cèl·lula) que podem utilitzar tant per la gestió de dades entre PLC's, com equips informàtics (SCADAS).

**CONTROLLER LINK:** És un bus d'OMRON, també el tenim situat al nivell 2 (cèl·lula) i s'encarrega de la gestió i control amb PLC's i ordinadors en planta, programació i supervisió.

**DEVICE NET:** És un bus estàndard situat al nivell 1 (estació), l'aplicació del qual són els sistemes distribuïts dels dispositius de control o també adquisició de dades.

**COMPOBUS /S:** És un bus d'OMRON, s'aplica a connexions distribuïdes d'entrada sortida, i suporta una estructura tipus bus o arbre.

**RS232/422/485:** És un bus estàndard, l'aplicarem per connectar l'ordinador i el PLC a través de la línia sèrie, només suporta estructura tipus bus.

**NT LINK 1:N:** És un bus d'OMRON, l'aplicarem per a la supervisió i monitorització distribuïda des de terminals home/màquina, utilitza estructura bus.

**PROFIBUS DP:** És un bus estàndard, l'aplicarem per a la distribució de dispositius de camp i utilitza una estructura bus amb derivacions.

**ASI BUS:** És un bus estàndard, s'aplica en el cablejat d'entrada/sortida digitals.

## 4.- Aplicacions pràctiques al món real.

### 4.1.- APLICACIÓ CANOPEN

Mentres que busos de camp com Profibus i DeviceNet es trien perquè el sistema de control ja els incorpora, la decisió de triar CANopen és una raó tecnològica. Els Enginyers busquen un sistema de comunicacions obert i fiable que es pugui configurar a mida per complir necessitats específiques de l'aplicació i es pugui implementar fàcilment en dispositius de funcions especials que encara no estan disponibles amb connectivitat amb busos de camp. La capa física i d'enllaç CAN proporciona un impressionant control d'accés al medi de transmissió, l'intrínsec sistema de detecció d'errors i mecanismes de control. La capa d'aplicació CANopen aprofita les capacitats de CAN i es ràpidament accessible per a una ampla gamma de dispositius.

Mattson Wet Products GmbH es un empres multinacional que proporciona maquinaria per a la construcció de semiconductors. Han utilitzat CANopen com a sistema de comunicacions entre els ordinadors de control per a la seva arquitectura de control de nova generació triant Beckhoff com a proveïdor de hardware i software de control (TwinCAT control system).

Mattson Wet Products esta especialitzat en processos humits en la manufacturació de semiconductors. Després de cada procés litogràfic, les "obleas" han de passar per un bany d'àcid, aclarir i netejar. Fiabilitat dels controls i comunicacions és crucial en aquesta aplicació: si es produís una fallada podria causar que una safata d'oblees estigues a l'àcid massa temps i això les destruiria, les pèrdues serien d'1 milió de dòlars. Per tant s'utilitza un bus que proporcioni una tolerància alta a les perturbacions electromagnètiques. Una taxa d'error en la transmissió d'un bit  $<10^{-7}$  sota estres (aproximadament 1 error transmès cada 150 anys en un sistema carregat al màxim).

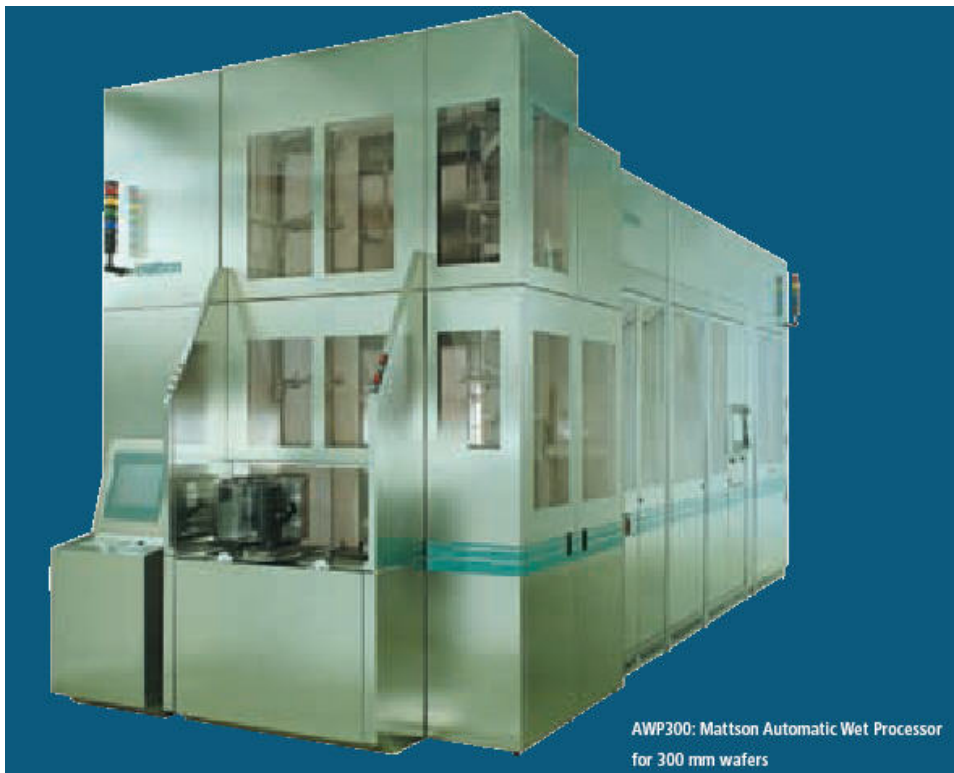


Fig. 4.1: Habitable construcció oblees.

**aplicacions****control de posició amb CANopen**

Mattson ha introduït CANopen en el producte AWP300 i KRONOSTM300 que son maquines que processen oblees de 300mm. Totes aquestes maquines son dissenyades modularment. Ajustant-se als requeriments del client el nombre d'unitats de procés i tancs varia ,així com el software .

El sistema de comunicacions es CANopen a 500 kbit/s que connecta el controlador PC amb varis servo eixos,ràpids mòduls E/S i el panell de Control . Altres mòduls E/S menys sensibles al temps, vàlvules ,panells de control i dispositius amb funcions especials com els sistemes megasonics i ultrasònic utilitzen una 2<sup>a</sup> xarxa CANopen 125 kbit/s. En total més de 500 canals i 50 E/S analògiques .

Els motors dels eixos tanquen el llaç de control de posició en el controlador .Per tant el controlador principal tan sols ha de transmetre ordre de noves posicions quan un nou segment de moviment comença. Per començar a moure diferents eixos simultaniament ,les dades objecte de posició del control de processos (position command Process Data Objects (PDOs) ) es comuniquen usant el sistema de sincronització CANopen . El tipus de transmissió de PDOs és acíclica, on el PDO s'envia només quan la dada canvia i es valid el següent missatge de sincronització. Com que el controlador principal supervisa el moviment de la guia(del eix), la posició real es comunica en un cíclic síncron PDO (transmissió tipus 1). La dada digital E/S s'envia en el mode interrupció per events: Quan una entrada o sortida varia, el resultant PDO es transmet Això proporciona un petit temps de resposta amb una utilització mínima de l'ample de banda del bus; per evitar “flooding” del bus per senyals analògics canvians ,les dades analògiques s'envien cíclicament, activades pel missatge de sincronia. Les Variables que canvien el seu valor lentament com temperatures es comuniquen cada segon, al rebre el 3er o 5emissatge de sincronització, utilitzant els mecanismes de customització del CANopen es pot fer el millor us del ample de banda disponible.

En la AWP300 i la KRONOSTM300, Mattson troba unes utilitzacions típiques del bus del 30-40 % que deixen suficient ample de banda per a improbables però possibles increments dels missatges i per a la comunicació no cíclica de paràmetres utilitzant serveis d'objecte de dades ( Service Data Objects (SDO)).Mattson utilitza la targeta Beckhoff FC5102 PCI CANopen 2canals que constantment mesura la carrega del bus i proporciona la dada a la representació del procés.

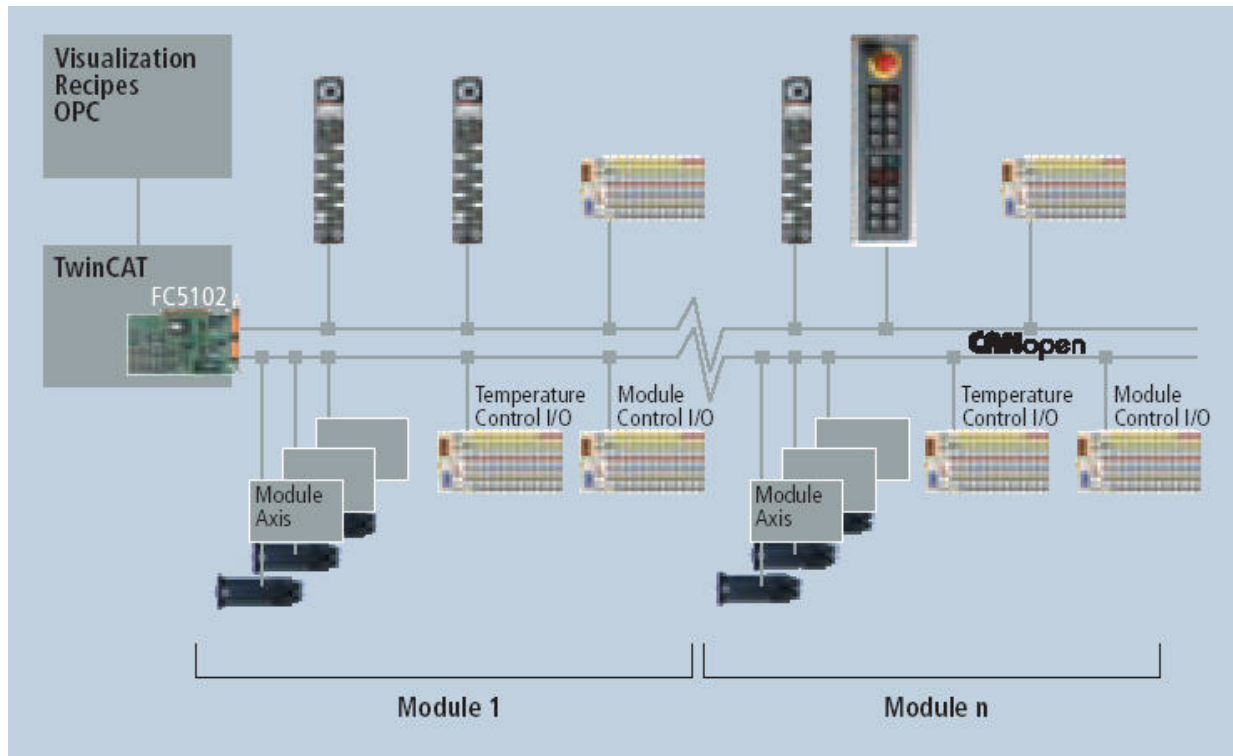


Fig. 4.2: Representació del procés.

#### Quatre PLC virtuals funcionant en un PC

L'aplicació TwinCAT està escrita en llenguatges especificats a la normativa IEC 61131-3 (text estructurat) ha de complir varies tasques: a part de la manipulació mecànica de l'oblea, control de fluids i temperatures i control de les eines (altres dispositius de la màquina) una altra tasca important és seguir tots els passos del procés i guardar-los en una base de dades Access. Com que el procés requereix una constant adaptació de la composició de l'àcid, el software també s'ha d'encarregar del control de l'estequiometria. El control de les eines corre en 4 PLC's virtuals simultàniament, cada un d'ells encarregat de diferents tasques. El codi font de control excedeix 4 Mb i usa al voltant de 150,000 variables, sense contar l'aplicació visual.

Un segon PC s'utilitza per la visualització, mitjançant un paquet de software SCADA (TwinCAT) ja que per si sol ja requereix prou potència de processament. Els 2 PC's estan connectats via Ethernet i TCP/IP una OPC s'utilitza per l'intercanvi de dades amb l'aplicació de control. Més de 7 500 etiquetes indica el gran tamany de l'aplicació de visualització. Intrínscament el servidor OPC server corre en el PC de visualització i no en el de control: la comunicació per ethernet Beckhoff ADS que transporta les dades des de el controlador d'eines cap al servidor OPC és molt més ràpida que la connexió OPC via TCP/IP.

#### Software de control de temperatura substitueix el Hardware

Un controlador autoajustable de temperatura amb sensors de supervisió que controla la temperatura dels líquids de varis tancs de la planta. L'algorisme per determinar els paràmetres òptims del controlador simplifica el procés de generar el controlador. Aquest ha estat implementat com un bloc funcional permeten que varis processos corrin simultàniament. L'algorisme de control és basat en PID amb un pre-regulador addicional per minimitzar el sobrepuig. Opera independentment del bus de camp i del sensor/activador instal·lat. Tots

els paràmetres es poden observar directament en el PLC virtual per a diagnòstic, així com també en el sistema de visualització . Utilitzant aquest software es redueix el nombre de controladors discrets reduint el tamany del hardware. En equipament per a manufacturació de semiconductor la mida importa ja que la sala neta es cara.

**Sistemes E/S per CANopen classe de protecció IP 20 i IP 67**

Poc espai , alta protecció i ràpid cablejat justifiquen l'us de Beckhoff Fieldbus Box series. La línia de producte consisteix en : la Compact Box, la Coupler Box i els mòduls Extension Box. Els mòduls compleixen la classe de protecció IP 67 .

Juntament amb la IP 67 Fieldbus Box ha seleccionat la Beckhoff IP 20 Bus Terminal series que proporcionen total funcionalitat CANopen : fins a 32 PDO's suporten tots els tipus de transmissió . Mapejat variable , missatge d'inici i diagnòstic global via missatge d'emergència son capacitats addicionals. Els paràmetres es poden guardar en memòria no volàtil. Activat intel·ligent de PDO a traves de "delta functions" i limitar els valors per a entrades analògiques permet ajustament fi de l'utilització de l'ample de banda . Actualitzable FLASH firmware dona accés fàcil a noves capacitats .Tots el nodes del bus permeten la configuració amb una interfície sèrie , però tots els paràmetres són accessibles a traves de CANopen i SDO's.

## 5.- Conclusions.

El sistema de comunicacions, que forma el nucli estructural de l'estratègia CIM, s'ha de dissenyar amb els objectius d'eficiència, fiabilitat i versatilitat.

Adaptar els sistemes existents mitjançant la incorporació d'equips, sistemes i mètodes d'interfície entre els dispositius disponibles i el sistema de comunicació.

Hem fet un recorregut per diferents busos de comunicacions i n'hem vist les característiques. Hem pogut constatar que hi ha una gran quantitat de busos semblants (no els hem explicat tots), això es degut a que cada propietari ha intentat desenvolupar un bus que sigui el predominant en el mercat hi ha desenvolupat productes i aplicacions per a la seva utilització, alguns d'aquest el podríem anomenar busos propietari ja que no han publicat obertament totes les característiques tècniques dels protocols de comunicació i per tant no es podien comunicar fàcilment amb altres xarxes. Posteriorment alguns busos s'han obert al públic i això ha provocat que molts fabricants en desenvolupin dispositius augmentant-ne l'interconnectivitat i gamma de dispositius algunes empreses amb busos propietari han rectificat i han participat en aquests projectes o han desenvolupat "gateways" que permetin d'interconnexió de xarxes.

Podem dir que el present són els busos oberts que evolucionen.

El fet de promocionar els sistemes de comunicació industrial normalitzats, ens permetrà:

- Facilitar tota la infraestructura de comunicació.
- La interconnectivitat podrà ser molt més elevada.
- Incrementar la velocitat de resposta de la comunicació.
- Disminuir cost del hardware i software de suport a la comunicació.
- Disminuir els costos de formació i manteniment.

El futur és un aspecte que queda una mica indeterminat, ja que les grans marques seran les que faran que el mercat es decanti cap a un bus o un altre.

Un aspecte que s'hauria de tenir en compte es que en el món de la informàtica el bus de comunicacions ja està decidit, i és Ethernet, la creixent importància de la supervisió i control per computador, la promesa de poder interconnectar tots els dispositius, unir la xarxa de fabrica amb la de corporació, per això Ethernet industrial està sorgint amb força. Ara la introducció d'industrial Ethernet planteja futurs problemes de seguretat (informàtica), dubtes en la topologia de la xarxa (bus, estrella (switchs)), i dubtes en les prestacions en temps real i detecció d'errors; això si a favor seu incorpora l'alta velocitat de transferència (possibilitat de fibra òptica a altíssima velocitat) de dades i la virtual alta capacitat interconnexió.

Les principals empreses d'automatització estan desenvolupant els protocols TCP/IP ethernet:

-Rockwell Automation ha adoptat Ethernet/IP un protocol que deriva de Open DeviceNet Vendor Association (ODVA).

-Schneider Electric's ha adoptat Modbus TCP/IP desenvolupat pel grup Interface for Distributed Automation (IDA) on un membre destacat és Schneider.

-Siemens AG utilitza el protocol PROFInet desenvolupat per PROFIBUS International (Karlsruhe, Germany).

Com podeu veure la competició continua i posa en dubte la real interconnexió entre protocols propietari diferents; potser hi ha un camí per unir els nous protocols propietari de la capa d'aplicació gràcies a la OPC Foundation (PROFINet, Foundation fieldbus, Siemens, ABB, Emerson) que ha desenvolupat l'especificació OPC DX (Data eXchange) per proveir una interfície comuna que permeti compartir informació ara falta esperar els beneficis i resultats d'aplicar-la .

Una altra qüestió que es planteja en un futur és l'aplicació de la tecnologia sense fils ja com només la capa física d'un bus (ja en Profibus o DeviceNet) o com un bus nou , actualment els dispositius wireless són molt cars i està justificat el seu ús en aplicacions mòbils o llunyanes, quan els fabricants es decideixin a invertir en aquesta tecnologia en veurem els avantatges i inconvenients; ara per ara no es té absoluta confiança en la seguretat i temps de resposta d'aquest medi inalambric en un entorn industrial on les interferències electromagnètiques poden ser importants.

## Annexes.

Carpeta Documents\_adjunts: Catàlegs en format pdf de diferents busos de comunicació

## Referències.

### Llibres:

- Ingeniería de la AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL  
Ramón Piedrafita Moreno  
Ed: Ra-Ma
- Redes de Comunicación  
León-García, A. i Widjaja I.  
McGraw Hill 2002

### Revistes i catàlegs:

- Catàleg de OMRON Technologitrends magazine
- Manual de comunicacions (OMROM).
- Compobus/D, el bus de camp obert d'OMROM.
- Compobus /S, el bus d'alta velocitat per cablejat de màquines.
- Comunicacions (OMROM).

### Pàgines web

- <http://www.automatas.org/redes/redes.htm>
- <http://olmo.pntic.mec.es/~jmarti50/enlaces/comunicaciones.html>
- <http://lorca.umh.es/isa/es/assignaturas/ci/>
- [http://www.automatica-aei.com/recursos/333\\_recursos.html](http://www.automatica-aei.com/recursos/333_recursos.html)
- <http://www.bibliotecaoberta.com/bmi/web/index.html>
- [http://www.ad.siemens.de/imc/html\\_76/glossar/abisz.shtml](http://www.ad.siemens.de/imc/html_76/glossar/abisz.shtml)