

# Introduzione ai Field Bus

**Cristian Randieri**

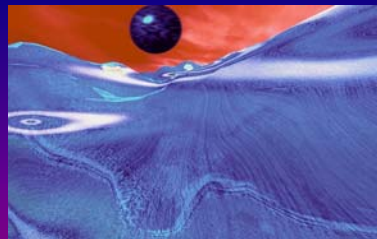


&

**Carlo Spitale**



## Introduzione

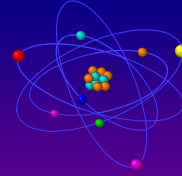


I Field Bus sono sistemi di comunicazione industriale per lo scambio di informazioni tra sistemi di automazione e dispositivi di campo distribuiti.

Con questa nuova tecnologia è possibile risparmiare sino al 40% del costo necessario per il cablaggio e la manutenzione.

Ciò aumenta notevolmente la sicurezza intrinseca degli impianti soggetti a rischi di esplosione.

... *continua*



Il profibus è uno dei più importanti Field Bus attualmente utilizzati, esso trova larga applicazione nell'ambito manufacturing, nel controllo di processo e nell'automazione industriale.

Dispositivi realizzati da costruttori diversi possono comunicare senza la necessità di particolari interfacce.

Tali dispositivi sono ideali per applicazioni industriali tempo critiche in cui si vuole una risposta immediata da parte del controllore di processo.

## Automated Manufacturing

In tale ambito i sistemi a più alto livello della gerarchia industriale necessitano di ottenere dati di produzione ed informazioni sullo scheduling.

I sistemi che supervisionano e controllano le aree individuali o "celle" di produzione devono poter comunicare con i controllori e con gli altri dispositivi (sensori, attuatori, ecc.).

Se consideriamo la comunicazione strutturata su più livelli dobbiamo aggiungere un altro livello di rete detto "livello del Bus di Campo" che serve per l'interconnessione dei dispositivi di campo (tale livello permette ai controllori di interagire con i sensori e gli attuatori).

# Controllo tradizionale



Attualmente tutti i dispositivi sono collegati ad una workstation o ad un PLC e ognuno di questi controlla solo piccole parti di un processo.

La comunicazione tra PLC e sensori o attuatori è realizzata mediante collegamenti con un doppino intrecciato schermato di tipo punto-punto.

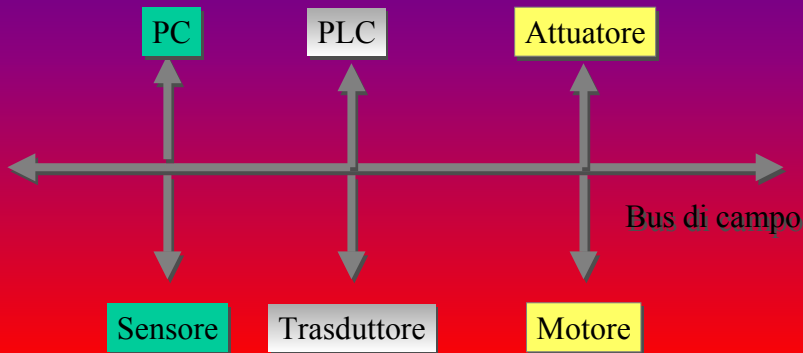
## continua...

Il collegamento così realizzato usa un generatore di corrente costante per attenuare i disturbi esterni. Al bit 0 corrisponde una corrente di 4 mA, mentre al bit 1 corrisponde una corrente di 20 mA (per questo motivo tale collegamento è detto 4-20 mA current loop).

Tale collegamento oggi è ritenuto molto costoso perché:

- 1) si ha un elevato numero di collegamenti;
- 2) il cablaggio è molto complesso ed ingombrante.

Da qui è nata l'idea di connettere tutti i dispositivi in un unico bus detto appunto Bus di campo (Field Bus).



## Vantaggi del Field Bus

Riduzione della complessità del sistema

Riduzione del costo del cablaggio e della stesura dei cavi

Diminuzione degli errori di installazione

Possibilità di una facile espansione

Riconoscimento immediato dei guasti sia dei dispositivi che nel cavo  
Meccanismo di Broadcasting dei dati misurati

Migliore distribuzione dei compiti tramite l'uso di sensori ed attuatori  
sempre più intelligenti capaci di svolgere complesse operazioni  
(controllo di velocità ed azionamento)

# ***Problematiche relative ai Field Bus***

Gestione del traffico sul bus rispettando i vincoli temporali delle variabili monitorate dal Bus stesso (Applicazioni tempo critiche).

Sincronizzazione dell'informazione prodotta dai sensori con quella richiesta dagli attuatori. Poiché il bus è unico deve essere stabilito l'ordine di trasmissione dei vari nodi. Abbiamo pertanto due possibili approcci:

- 1) Si possono usare dei Token se non si hanno esigenze temporali stringenti (Approccio distribuito);
- 2) Si possono utilizzare delle stazioni Master che fanno da arbitri per la schedulazione (Approccio centralizzato).

Il problema si complica se abbiamo variabili con frequenza di generazione diverse. In questo caso il traffico è variabile e bisogna distribuirlo uniformemente nel tempo.

## ***Traffico aciclico***

***Il traffico aciclico*** costituito da eventi non periodici è sempre presente. La difficoltà che esso genera è che non essendo noto a priori non lo si può inserire nelle tabelle di schedulazione a meno che non si voglia sprecare banda.

Una soluzione potrebbe essere che il nodo che deve inoltrare un dato aciclico prenoti in anticipo quella porzione di banda che gli servirà.

Quanta porzione di banda riservare ?



# Tipi di Profibus

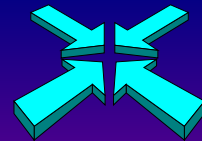


Oltre al profibus esistono diverse versioni di Field Bus , tra cui:

- FIP
- IEC
- CAN

Esistono poi altre versioni utilizzate per particolari applicazioni ad es. automazione treni aerei ecc.

# FIP



Standard sperimentale non ancora realizzato in ambiente industriale. Dal FIP sono generati i seguenti tipi di traffico:

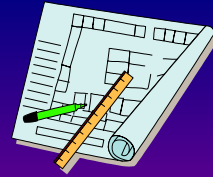
- *traffico periodico* per l'aggiornamento delle variabili;
- *traffico aperiodico* per l'aggiornamento delle variabili;
- *traffico aperiodico* per lo scambio dei messaggi.

Un messaggio è generalmente una frame di dimensione molto maggiore rispetto ad una variabile. I traffico è schedato da un Bus Arbitrator.

Le trasmissioni acicliche devono essere richieste al Bus Arbitrator che in seguito dopo averle accettate le accoderà al traffico ciclico. Solamente quando ci sarà sufficiente banda per contenerle.

Questo metodo è ovviamente discriminante verso il traffico aciclico.

# IEC



Dovrebbe essere uno standard internazionale. Usa un approccio centralizzato per la gestione del mezzo fisico.

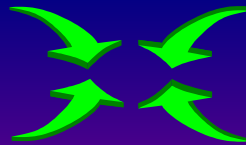
L'architettura di tale sistema prevede un bus con un certo numero di stazioni chiamate LAS (Link Active Scheduler) ed ogni stazione link master ha bisogno dell'autorizzazione del LAS per poter trasmettere.

La tabella di schedulazione prevede che ci siano una sequenza di trasmissioni cicliche e degli spazi vuoti disponibili per il traffico aciclico, che viene gestito con un meccanismo a prenotazione.

Tale approccio permette una gestione più efficiente del traffico aciclico perché per esso sono previsti messaggi con tre diverse priorità:

Urgent    Normal    Time Available

# CAN



Sistema multimaster il cui accesso al bus avviene seguendo le regole di un protocollo CMA/CD modificato.

Ogni nodo che vuole trasmettere ascolta il bus, se è libero inizierà a trasmettere. In caso di collisione il messaggio a priorità più alta otterrà l'accesso.

L'approccio usato è di tipo distribuito basato su un meccanismo a collisione più che a token. La priorità è associata ai messaggi, che hanno nomi individuali che ne specificano il significato del dato.

Il numero dei nodi è pertanto illimitato (a meno delle limitazioni imposte dal mezzo fisico) e quindi si possono aggiungere nuovi nodi senza modificare l'hardware o il software del sistema.

# Generalità sul ProfiBUS

Il PROcess Field BUS (PROFIBUS) è un sistema di comunicazione nato per connettere dispositivi di campo quali ad esempio trasmettitori, attuatori, controllori, PLC ecc.

Solitamente esiste un'unità centrale di supervisione con funzioni di controllo e da un certo numero di dispositivi automatici.

La funzione più importante è quella di permettere uno scambio ciclico di messaggi tra i dispositivi di campo e l'unità centrale di controllo.

Il sistema PROFIBUS include stazioni attive e passive per un totale di 127 stazioni indirizzabili, delle quali 32 attive.

## Accesso al BUS

*E' realizzato con un metodo ibrido ovvero:*

- Master/Slave per una comunicazione tra stazioni attive e passive;
- Token BUS per la comunicazione delle stazioni attive tra di loro. Ogni stazione è inserita in un ring logico in cui ogni nodo contiene una "Live List" di tutti i nodi attivi del ring.

L'accesso al bus è controllato esclusivamente dalle stazioni attive che hanno ricevuto il permesso tramite un token. Le stazioni passive possono trasmettere dati solo a seguito di una esplicita richiesta da parte di una stazione attiva.



# Implementazione del protocollo PROFIBUS

Può essere implementato su più processori.

Solitamente con un numero di stazioni passive molto basso sia il protocollo che il programma utente possono risiedere nello stesso chip (microcontrollore).

I protocolli PROFIBUS si possono anche realizzare in modo software in modo che ogni singolo dispositivo di campo possa utilizzare un'implementazione ad hoc per esso.

# Standard PROFIBUS

Con riferimento al modello OSI lo standard Profibus ha tre livelli:

**Layer 1** *Physical Layer*

**Layer 2** *Data Link Layer*, che incorpora il Fieldbus Link Control (FLC) ed il Field Access Control (FAC)

**Layer 7** *Application Layer*

Gli altri livelli sono omessi per consentire una buona efficienza e un basso costo dell' HW e SW necessario.

Le prestazioni tecniche del bus possono adattarsi ad ogni singola applicazione ad es. sono possibili differenti data rates che vanno da 9,6 Kbit/s a 1.500 Kbit/s.

# Physical Layer

Definisce le caratteristiche di trasmissione a livello fisico.

Esso fornisce due varianti tecniche di trasmissione:

RS 485 e IEC 1158-2

Recentemente si è iniziato ad usare anche la fibra ottica per coprire distanze maggiori ed avere maggiore immunità ai disturbi

# Data Link Layer

Definisce il protocollo di accesso al Bus.

Il DLL del Profibus segue lo standard IEEE 802 nel separare i servizi di comunicazione dei dati (Link Control) dai servizi di controllo dell'accesso al mezzo fisico (Access Control).

Ciò permette un controllo più efficiente dell'accesso al bus senza degradare o complicare i servizi forniti all'Application Layer

# Application Layer

Definisce i servizi applicativi.

Ogni versione del PROFIBUS (FMS,DP,PA) implementa un proprio application layer in modo da venire incontro alle diverse esigenze nell'ambito delle applicazioni industriali.

## FIELD MANAGEMENT LAYER

Il Field Management Layer si occupa della gestione dei tre livelli esposti, controllandone le funzioni e risolvendo eventuali condizioni d'errore o critiche

# La famiglia PROFIBUS

## PROFIBUS FMS

Costituisce la soluzione general-purpose per la comunicazione a livello di cella. I servizi FMS permettono un ampio range di applicazioni ed una grande flessibilità, anche in processi molto complessi ed onerosi.

Contiene tutti e tre i livelli descritti precedentemente.

L'application layer consiste di un Field Message Specification (FMS) e di una Lower Layer Interface (LLI).

L'FMS contiene il protocollo delle applicazioni e fornisce all'utente una vasta scelta di potenti servizi di comunicazione.

L'LLI implementa le varie relazioni di comunicazione e permette all'FMS un accesso indipendente dal dispositivo al livello 2 (FDL, Field Data Link) che, invece, implementa il controllo dell'accesso al bus ed opportuni meccanismi di sicurezza.

Le tecniche di trasmissione utilizzate sono l'RS 485 o la fibra ottica.

## **PROFIBUS DP**

E' stato progettato per la comunicazione tra sistemi di controllo d'automazione e dispositivi di I/O e viene particolarmente utilizzato in tutte le applicazioni che richiedono basso costo ed alta velocità.

Sono previsti i primi due livelli e l'interfaccia utente.

Questa architettura assicura una trasmissione dei dati veloce ed efficiente.

Le funzioni applicative fornite all'utente ed al sistema stesso sono definite nell'interfaccia utente.

Sono disponibili la tecnica RS 485 e la fibra ottica

## **PROFIBUS PA**

E' stato progettato in particolar modo per l'automazione di processo.

Permette lo scambio di dati e l'alimentazione sul bus usando una tecnologia a due cavi e seguendo lo standard internazionale IEC 1158-2.

Usa un'estensione del protocollo usato dal profibus DP per la trasmissione dei dati.

La tecnica di trasmissione dei dati, in accordo con lo standard IEC 1158-2, garantisce intrinseca sicurezza e permette ai dispositivi di campo di essere alimentati sul bus.

# Compatibilità tra i tre standards

I profibus DP e FMS usano la stessa tecnica di trasmissione e lo stesso protocollo d'accesso al bus.

In questo modo entrambe le versioni possono essere simultaneamente usate sullo stesso cavo.

Anche i dispositivi basati sul profibus PA possono essere integrati nelle due reti precedenti mediante l'uso di accoppiatori di segmenti.

## Tecniche di trasmissione usate nel Profibus Physical Layer

Esistono fondamentalmente tre tecniche di connessione che si differenziano per lunghezza tipologia del mezzo, interfaccia di linea, numero di stazioni e velocità di trasmissione, ed hanno un interfaccia comune all'application layer.

Tuttavia tutte le varianti usano lo stesso protocollo di controllo di accesso al mezzo e lo stesso protocollo di trasmissione, ed hanno un'interfaccia comune all'application layer.

Per soddisfare le diverse richieste il profibus fornisce le seguenti varianti:

# Tecnica di trasmissione RS 485 per DP/FMS

E' la tecnica più frequentemente usata. Le sue aree di applicazione sono tutte quelle in cui è richiesta alta velocità di trasmissione e installazioni semplici e poco costose.

Il mezzo fisico usato è il doppino intrecciato e schermato.  
Le velocità di trasmissione vanno da 9,6 Kbit/s a 12 Mbit/s.

La struttura dell'RS 485 e del bus permettono l'aggiunta e la rimozione di stazioni o la realizzazione passo passo del sistema senza influenzare le altre stazioni permettendo così future espansioni del sistema.

Ogni segmento del bus può contenere sino a 32 stazioni mediante l'uso di opportuni ripetitori.

Il bus deve essere terminato con opportune resistenze Bus Terminator.

La massima lunghezza del bus è inversamente proporzionale alla velocità di trasmissione dei dati (Es. 9,6 Kbit/s 1200m, 12000 Kbits/s 100m).

La lunghezza del cavo può essere incrementata mediante l'uso di ripetitori. E' consigliabile non usarne più di tre in cascata.

# Tecnica di trasmissione 1158-2 per PA

Permette una sicurezza intrinseca maggiore compatibilmente con le esigenze dell'industria e permette ai dispositivi di campo di essere alimentati direttamente sul bus.

Tale tecnologia si basa sui seguenti principi:

- ogni segmento ha solo una sorgente di alimentazione detta PSU (Power Supply Unit);
- nessuna alimentazione è fornita sul bus quando una stazione sta trasmettendo;
- ogni dispositivo di campo assorbe una corrente costante;
- la linea del bus è terminata ad entrambe le estremità;
- è possibile realizzare reti con struttura lineare ed a stella;
- per incrementare l'affidabilità possono essere utilizzati segmenti di bus ridondanti.

## Principali caratteristiche

Trasmissione digitale bit-synchronous, codifica Manchester  
Velocità di trasmissione 31,25 Kbit/s  
Uso di un preambolo, start e end delimiter  
Cavo doppino intrecciato (schermato o meno)  
Topologia ad albero o lineare o combinazione di entrambe  
32 stazioni per ogni segmento per un massimo di 136  
Si possono usare sino a 4 repeater

# Fibra ottica

Si utilizza in ambienti con interferenze elettromagnetiche molto forti, per incrementare la massima distanza per le alte velocità di trasmissione.

**Sono disponibili sul mercato due tipi di fibra ottica:**

- in plastica per distanze uguali o minori di 50 m
- in vetro per distanze sino ad 1 Km

## *Primitive del Physical data layer*

Essenzialmente include due primitive di servizio:

- **Primitive di Request** (PHY\_DATA.request) usata per richiedere un servizio ad un controllore FDL remoto;
- **Primitive di Indication** (PHY\_DATA.indication) usata per indicare la ricezione di una richiesta al controllore FDL locale.

# Profibus Data Link Layer

Il Profibus utilizza un metodo di accesso al mezzo fisico che è un ibrido tra due diverse tecniche: una di tipo centralizzato basata sul modello del “Token Passing” (semplificato) ed una di tipo centralizzato basata sul modello “Master/Slave”.

L’accesso al mezzo fisico è controllato esclusivamente dalle stazioni master che sono le uniche stazioni attive del bus, mentre le stazioni slave rappresentano quelle passive, non possono mai accedere al bus di propria iniziativa ma solo se richiamate esplicitamente dalle stazioni attive.

La comunicazione attraverso il bus è iniziata dalla stazione master che detiene il token. Quest’ultimo è trasmesso da una stazione master all’altra tramite un “ring logico”. Ogni stazione appartenente a tale ring conosce oltre al suo indirizzo quello della stazione a lei successiva e precedente.

# continua...

Il Profibus è un bus di campo robusto, infatti permette di gestire diversi stati, condizioni di errore o eccezioni che possono presentarsi durante il normale funzionamento.

## **Tra le diverse condizioni gestite ricordiamo:**

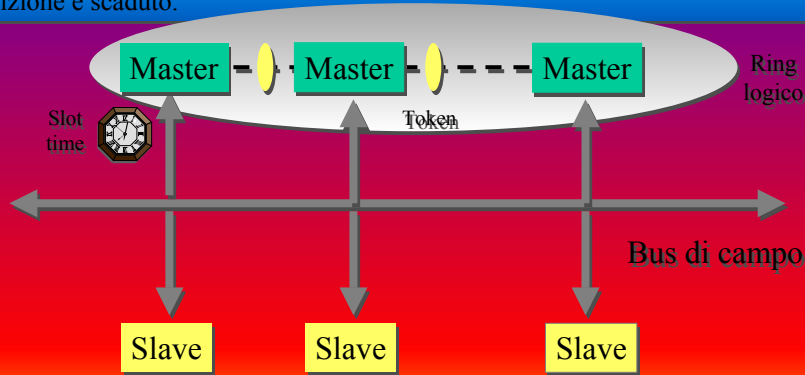
- presenza di token multipli nel bus;
- perdita del token;
- errori nel passaggio del token;
- duplicazione degli indirizzi;
- presenza di stazioni con mal funzionamenti dei transreceiver;
- aggiunta od eliminazione di una stazione al bus;
- qualunque combinazione di stazioni Master/Slave.



# continua...

Quando un master riceve il token può accedere al bus tramite uno scambio ciclico di messaggi con le altre stazioni, siano esse master che slave.

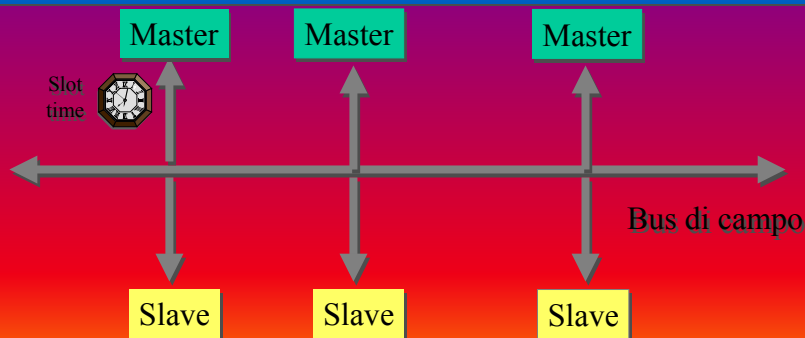
Tale scambio è costituito da una frame di una stazione master e da un ack o una risposta da parte della stazione master di cedere il token perché il tempo a sua disposizione è scaduto.



# continua...

In particolare la comunicazione avviene in modo tale che tutte le stazioni, esclusa quella che sta trasmettendo, stanno in ascolto sul bus e rispondono alla stazione mittente solo quando sono esplicitamente indirizzate da una frame.

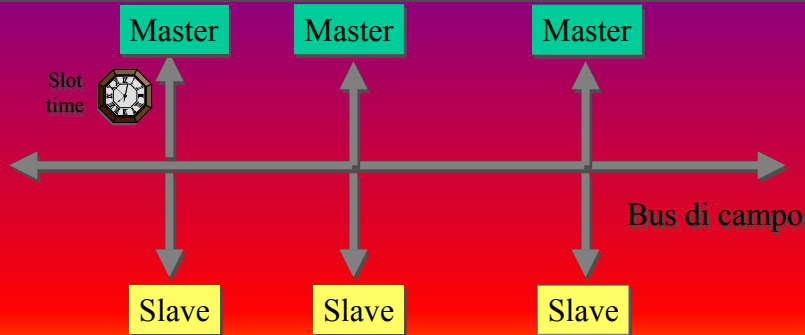
La risposta da parte della stazione indirizzata deve pervenire alla stazione mittente entro un certo periodo di tempo detto "Slot Time", superato il quale la stazione mittente ripeterà la richiesta ovvero rispedirà una frame.



## continua...

Da notare, comunque, che una qualunque richiesta, sia essa nuova o una ripetizione a causa di un precedente fallimento, non può essere inoltrata, rispetto alla precedente, prima dello scadere di un altro periodo di tempo detto "Idle Time".

Se dopo un certo numero prefissato di tentativi la stazione destinataria non risponde alla richiesta, essa è marcata come "Non-Operational". I successivi tentativi di accedere ad essa verranno effettuati solo una volta senza ripetizione fino a quando non si avrà una risposta dalla stazione, a quel punto tutto riprenderà normalmente.



## Modi trasmissivi del profibus

*Nel Profibus esistono sostanzialmente quattro modi trasmissivi:*

- o Token handling;
- o Acyclic request or send/request operation;
- o Cyclic send/request operation;
- o Registration of station.

# TOKEN HANDLING

In questa sezione viene presa in considerazione la tecnica di gestione dei token utilizzata dal Profibus.

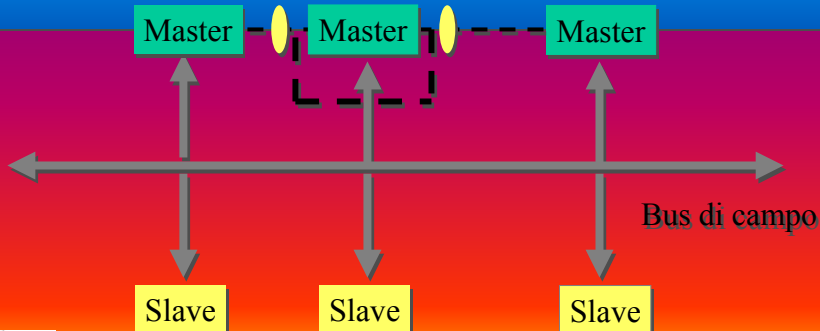
In particolare verranno descritti i comportamenti delle stazioni master collegate al bus (che ricordiamo essere le uniche stazioni attive del bus e quindi autorizzate a gestire il token) sia nel caso in cui esse devono ricevere il token da un'altra stazione sia nel caso in cui esse devono, invece, trasmetterlo ad un'altra stazione.

# TOKEN RECEPTION

Una stazione Master (TS) può trasmettere sul bus solo dopo aver ricevuto il token dalla stazione Master registrata come PS (Previous Station) nella sua LAS (List of Active Station), cioè la lista di tutte le stazioni attive collegate al bus, creata all'atto dell'accensione della stazione).

Se, invece, il token arriva da una stazione Master che non coincide con la PS, la stazione ricevente (TS) presuppone che si sia verificato un errore di trasmissione e rifiuta il token.

Se però, dopo il primo rifiuto, la stazione TS riceve di nuovo il token dalla stessa stazione, accetta il token perché si suppone che la topologia del ring logico è cambiata (p.e. la stazione PS è guasta). In tal caso, inoltre, la stazione TS dovrà anche modificare la sua LAS per aggiornarla alla nuova condizione del ring.



## TOKEN TRASMISSION

Quando una stazione Master (TS) ha terminato la sua trasmissione ciclica di messaggi o è scaduto il suo tempo di possesso del token (THT=Token Holding Time), essa deve passare il token alla stazione Master NS (Next Station) e deve mettersi in ascolto sul bus per verificare che la trasmissione del token sia avvenuta correttamente.

Infatti, per informare la stazione che la trasmissione ha avuto successo, la stazione Master che riceve il token deve spedirle una frame. Può anche accadere che la frame ricevuta non sia stata spedita dalla stazione NS. Ciò vuol dire che un'altra stazione, e non la NS, si è impossessata del token. In ogni caso, non appena ricevuta la frame, la stazione smette di stare in ascolto sul bus.

Un caso particolare si verifica, invece, quando la stazione TS dopo aver spedito il token non riscontra nessuna attività sul bus per un periodo di tempo maggiore di un intervallo prefissato detto Slot Time. In questo caso la stazione TS ripete la trasmissione del token e attende, in ascolto sul bus, per un altro Slot Time.

Se in questo secondo Slot Time viene riscontrata attività sul bus, la stazione TS finisce di stare in ascolto. Se, invece, anche in questo secondo tentativo nessuna attività è riscontrata sul bus, la stazione TS prova a trasmettere il token alla stazione Master successiva alla NS.

A questo punto si ripete il procedimento precedente, cioè se la stazione - TS riceve una frame smette di stare in ascolto sul bus, altrimenti, trascorso lo Slot Time, riprova la trasmissione e così via.

Se in fine, la stazione TS è l'unica stazione Master presente sul bus, essa spedisce il token a se stessa fino a quando non riesce a registrare un'altra stazione Master sul bus alla quale spedire il token.

## Rimozione ed aggiunta di stazioni ne bus

Le stazioni Master e Slave possono essere rimosse o aggiunte al bus in qualunque momento, fino ad un massimo complessivo di 127 stazioni. Questo è dovuto al fatto che gli indirizzi PS, NS e TS contenuti nella LAS non sono consecutivi ma esiste quello che in gergo è detto GAP cioè un intervallo di indirizzi utilizzabili per inserire nuove stazioni.

Questi intervalli sono memorizzati in una "GAP LIST", che però non contiene gli indirizzi compresi tra quello più grande e 127.

Nella progettazione del sistema, quindi si devono tenere in considerazione eventuali aggiunte o rimozioni di stazioni in modo da scegliere opportunamente gli indirizzi di partenza.

Ogni stazione Master possiede una GAP List e la gestione di quest'ultima avviene al termine della trasmissione di tutti messaggi ciclici, sempre che sia ancora possibile mantenere il token, ovvero se la stazione Master è riuscita a trasmettere tutti i messaggi prima che il suo tempo di possesso del token sia scaduto.

Se una stazione non riesce a gestire la sua GAP List durante l'intervallo di tempo in cui essa possiede il token, la GAP List verrà gestita al successivo arrivo del token subito dopo la trasmissione di tutti i messaggi ad alta priorità.

Durante la gestione della GAP List la stazione Master che possiede il token testa tutte le stazioni connesse al bus richiedendo a ciascuna di esse un ack che rappresenta lo stato della stazione interrogata (p.e. "not ready", "Slave station", ecc.). Finita la precedente fase di interrogazione la stazione Master aggiorna la sua GAP List con i nuovi dati ottenuti.

## REINIALIZZAZIONE DEL RING LOGICO

L'inizializzazione del bus è necessaria ogni volta che una stazione Master, pronta ad entrare nel ring, non riscontra nessuna attività sul bus per un intervallo di tempo prefissato.

In questa condizione la stazione Master si appropria del token ed avvia una fase di polling delle stazioni collegate al bus spedendo a tutte una "Request FDL Status" che permette di conoscere lo stato attuale delle stazioni interrogate.

Se le stazioni interrogate rispondono alla richiesta precedente con una "Master Station not reday" oppure con una "Slave station", queste stazioni sono inserite nella GAP List. La prima stazione Master che risponde con una "ready to enter logical token ring" è registrata come NS nella LAS e ad essa viene passato il token.

Con questo procedimento la singola stazione Master riesce a ricostruire un primo ring logico costituito da due stazioni che può successivamente essere esteso con l'aggiunta di altre stazioni.

Nel caso in cui si perda il token nel bus e, quindi, la LAS e la GAP List esistono ancora, piuttosto che inizializzare il bus è necessario reiniziarlo.

In quest'ultimo caso la stazione con l'indirizzo più basso prende il token e comincia la sua normale trasmissione ciclica dei messaggi fino a quando non scade il suo tempo di possesso del token. A questo punto il token viene passato alla stazione successiva e tutto riprende normalmente.

## TOKEN ROTATION TIME E PRIORITA' DEI MESSAGGI

Dopo che una stazione Master riceve il token si comincia a misurare il "TRR" (Real Rotation Time) che rappresenta il tempo che intercorre tra l'istante in cui la stazione riceve il token e quello in cui il token viene ricevuto nuovamente dopo un intero giro del ring logico.

Un primo dimensionamento del sistema Profibus viene effettuato fissando un altro parametro che è il "TTR" (Target Rotation Time) che rappresenta il massimo valore del TRR che deve essere misurato sul sistema, e che dipende, in genere, dal numero di stazioni Master collegate al bus e dalla durata della trasmissione dei messaggi ad alta priorità.

Comunque è da notare che, indipendentemente dal valore del TRR, ogni stazione Master deve avere sempre la possibilità, all'atto della ricezione del token, di trasmettere un messaggio ad alta priorità e la relativa ripetizione in caso di errore.

Questo meccanismo è implementato proprio per dare la possibilità a tutte le stazioni di segnalare errori, guasti o allarmi che rappresentano appunto i messaggi a più alta priorità.

# Continua...

Per poter trasmettere più di un messaggio ad alta priorità ed eventualmente per trasmettere anche messaggi a bassa priorità una stazione Master deve avere all'istante in cui riceve il token un TRR minore del TTR cioè deve avere a disposizione più tempo di quello minimo stabilito in fase di progetto.

La differenza tra TTR e TRR definita come "THT" (Token Holding Time) che rappresenta appunto l'intervallo di tempo in cui una stazione Master possiede il token e può quindi trasmettere i suoi messaggi. Questa trasmissione comincia con i messaggi ad alta priorità e solo se dopo la trasmissione di questi messaggi il THT è ancora positivo la stazione Master può passare alla trasmissione di messaggi a bassa priorità o alla gestione della GAP List.

# MODALITÀ SEND/REQUEST CICLICA E ACICLICA

Il modo trasmissivo "Acyclic Send/Request" viene utilizzato ogni volta che l'utente deve trasmettere o richiedere un dato (messaggio) in maniera asincrona. Per far ciò l'utente inoltra una specifica richiesta al controller FDL che trasmetterà in modo aciclico i dati che gli sono forniti. Nel caso di "Cyclic Send/Request", invece, la stazione Master che possiede il token interroga ciclicamente le altre stazioni collegate al bus seguendo un ordine stabilito in una lista detta "Poll List".

La gestione della Poll List (Poll Cycle) comincia dopo che sono stati trasmessi tutti i messaggi ad alta priorità; quelli a bassa priorità possono essere trasmessi solo se alla fine del Poll Cycle il THT è ancora positivo, cioè se la stazione può tenere ancora il token.

Se il THT non è sufficiente per completare tutto il Poll Cycle la Poll List viene divisa in segmenti e ciascuno dei segmenti viene gestito in arrivi successivi del token. Da notare che in ogni caso i messaggi a bassa priorità potranno essere trasmessi solo alla fine del Poll Cycle, quindi è necessario bilanciare opportunamente il sistema in modo da evitare che i messaggi a bassa priorità non vengano mai trasmessi.

## REGISTRAZIONE DELLE STAZIONI

Questa modalità di trasmissione viene attivata tutte le volte in cui l'utente inoltra al controller FDL la richiesta della Live List, cioè della lista di tutte le stazioni collegate al bus.

Per ottenere la Live List il controller FDL indirizza con una "Request P-DL status" tutte le stazioni agganciate al bus, con l'eccezione di quelle contenute nella LAS.

Alla fine, gli indirizzi di tutte le stazioni che hanno risposto correttamente e di tutte quelle contenute nella LAS verranno memorizzati nella Live List.

## SERVIZI DEL PROFIBUS DATA LINK LAYER

L'architettura del Profibus è costituita da tre soli livelli (Layer 1, Layer 2 e Layer 7), mentre i livelli che vanno dal terzo al sesto risultano vuoti. Il livello FDL (Fieldbus Data Link) del Profibus mette a disposizione dell'utente i seguenti servizi di comunicazione

- o Send Data with Acknowledge (SDA)
- o Send Data with no Acknowledge (SDN)
- o Send and Request Data with Reply (SRD)
- o Cyclic Send and Request Data with Reply (CSRD)

Tutti i servizi sono realizzati usando un certo numero di primitive di servizio. Per richiedere un servizio l'utente utilizza una primitiva Request; all'utente, inoltre, viene ritornata una primitiva Confirmation dopo il completamento di un servizio, o, nel caso di servizi ripetuti ciclicamente, dopo ogni ciclo send/request.

Infine, se un evento inaspettato o un errore si verifica durante l'espletamento del servizio, l'utente ne è informato con una primitiva Indication.



# FIP



## Field Instrumentation Protocol

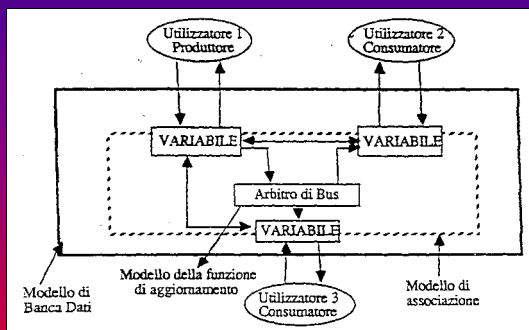
E' un tipo di fieldbus che viene gestito come un database in tempo reale distribuito. Lo scambio delle variabili è quindi visto come un'aggiornamento del data base stesso.

I servizi messi a disposizione dal protocollo precedono la creazione, l'accesso e la modifica dei dati manipolati.

*Le variabili scambiate generano tre tipi di traffico:*

- Traffico periodico per l'aggiornamento ciclico di variabili scambiate fra i controllori e i dispositivi di I/O.
- Traffico aperiodico per l'aggiornamento ciclico di variabili non predicibili a priori.
- Traffico aperiodico per lo scambio di messaggi di configurazione e Set-up.

# Modello generale



A causa dei requisiti di periodicità, il FIP usa un meccanismo di accesso centralizzato basato su BUS ARBITRER. Esiste quindi un unico arbitro attivo e diversi passivi



# Modello Client-Server

Interazione in cui un processo (client) usa un servizio fornito da un altro processo (server).

Consente la cooperazione fra coppie di Application Process (Aps).

E' perfettamente adatto al traffico verticale, in una singola funzione, fra entita' di livelli diversi.

Privilegia il punto di vista delle azioni descritte nelle APs mentre ignora il punto di vista dei dati, delle informazioni scambiate, usate o condivise dai processi.

# Modello Produttore Distributore Consumatore

**Il produttore** di un dato e' un processo applicativo.

**Il distributore** del dato e' responsabile del suo trasferimento dal produttore ai consumatore.

**Il consumatore** e' un processo applicativo che necessita dei dato per essere eseguito.

### *La produzione puo' essere:*

Periodica o non.

Sincronizzata o non con altre produzioni o altre APs.

### *L'uso dei dati puo' essere:*

Periodico o non.

Sincronizzato o non con altri utilizzatori o altre APs.

La distribuzione dei dati deve garantire le caratteristiche temporali di produzione rispetto agli usi  
Questo modello e' adatto al traffico orizzontale.

# Coerenza dei dati

Coerenza temporale di produzione: indica che i valori prodotti (ad es. da P1,F1,P2,F2) sono stati prodotti nella stessa finestra temporale (cioè più o meno nello stesso istante di campionamento).

Coerenza temporale di trasmissione: indica che i valori hanno raggiunto l'utilizzatore nella finestra temporale e sono disponibili per l'algoritmo che deve essere eseguito.

Coerenza spaziale: indica che una lista di variabili in differenti stazioni contiene gli stessi valori per tutti gli utilizzatori.

# Caratteristiche generali del FIP

Fino a 60 stazioni per sezione senza ripetitori.

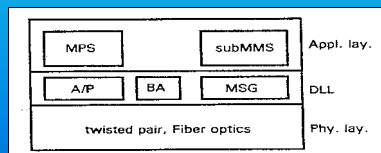
Bit rate di 31.25 Kbit/s, 1 Mbit/s, 2.5Mbit/s

Trasmissione sincrona con codifica manchester.

Tre classi di conformita': CH (high power) class per lunghe distanze, CM (medium power) class e CL (low power) class per applicazioni in sicurezza intrinseca.

Usa un Bus Arbitr per il controllo dell'accesso al mezzo fisico.

Il tempo fra l'ultimo bit di una request ed il primo bit della response (turnaround time) e' compreso fra 10 e 70 bit.



Il traffico realtime e quello generato dalla configurazione e set-up e' gestito da due moduli diversi dell'Application layer. MPS e subMMS.

# CAN

E' un bus seriale per applicazioni automobilistiche

CAN (Controller Area Network): originariamente concepito per la sostituzione dei cablaggi elettrici relativi a lampade, interruttori, indicatori, ecc. (velocita' <10Kbps) e per la comunicazione fra le varie Electronic Control Unit (ECU) per il controllo del motore, sospensioni, freni, ecc. (velocita' fra 100 Kbps e 1 Mbps).

## *Requisiti della rete per applicazioni auto*

Prestazioni Real-time

Velocita' di trasmissione fino a 1 Mbps

Flessibilita' di configurazione

Sicurezza elevata in ambiente rumoroso

Capacita' di connettere qualunque punto dell'auto, con minima estensione del mezzo fisico

Basso costo

# CARATTERISTICHE PRINCIPALI

- o Bus seriale asincrono Muffi-master
- o Data bit rate fino a 1 Mbps
- o Lunghezza dei bus fino a 40 metri
- o Numero di nodi illimitato (almeno in teoria)
- o 2032 differenti tipi di messaggi
- o da 0 a 8 bit di informazione per ogni frame
- o Accesso al bus di tipo CSMA/CD modificato
  - arbitraggio a livello di bit
  - arbitraggio basato su priorita'
  - non distruzione dei messaggi a piu' alta priorita'
- o Massimo tempo di latenza garantito per i messaggi ad alta priorita'
- o Elevato livello di sicurezza
  - rivelazione d'errore
  - segnalazione e recupero d'errore
  - confinamento d'errore
- o Distinzione fra errori temporanei e guasti permanenti e disconnessione automatica dei nodi guasti

# CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Il CAN e' un sistema Multimaster. Ogni nodo può iniziare a trasmettere appena- il Bus e' libero.

Il MESSAGGIO con la più alta priorità ottiene l'accesso al bus

La prioritá e' definita dall'identificatore dei messaggio.

Il numero di nodi e' illimitato (a meno delle limitazioni di ordine fisico) pesche' non esiste un identificatore di nodo (quindi nuovi nodi possono essere aggiunti senza nessuna modifica Hw e Sw).

Sono i messaggi ad avere dei nomi individuali (fino a 2032 identificatosi che. indicano il significato dei dato.

Grazie alla comunicazione multicast tutti i nodi possono ricevere ed utilizzare i dati. Un processo di Overlappaggio permette di selezionare i dati di interesse per ogni nodo.

Sistemi CAN indipendenti possono operare a differenti velocità, ma in un sistema CAN tutti i nodi operano alla stessa velocità.

# Codifica dei bit e Sincronizzazione

I Bit sono codificati con una tecnica on-off denominata NRZ (non-return-to zero).

Poiche' il clock non e' trasportato coi segnale, la sincronizzazione e' realizzata sul fronte dei bit "Start of Frame". Per evitare la perdita di sincronizzazione occorrono transizioni periodiche nei livelli dei segnale.

Viene utilizzata una tecnica di bit stuffing: un bit di segno diverso ogni 5 bit uguali.

# Arbitraggio dei BUS

L'accesso al Bus e' permesso solo se il bus e' libero (recessivo).

Ogni accesso inizia col bit Start-of-frame (dominante).

Se due nodi iniziano a trasmettere simultaneamente, il conflitto è risolto mediante un processo di arbitraggio durante la trasmissione dell'Arbitration Field.

Il processo di arbitraggio non e' distruttivo.

La frame a priorita' piu' alta non viene danneggiata.

# Stati di funzionamento

Un nodo CAN può essere in uno dei seguenti stati:

- o Error-Active
- o Error-Passive
- o Bus-Off

Lo stato Error-Active è lo stato normale di un nodo funzionante correttamente: un nodo Error-Active può prendere parte normalmente alle comunicazioni e, nel caso in cui riscontri un errore, trasmette una Active Error Frame.

Un nodo che generi o rilevi molti errori (e quindi presumibilmente guasto) modifica il proprio stato in Error-Passive: anch'esso può prendere parte alle comunicazioni, tuttavia in caso di errore trasmette una Passive Error Frame.

Se il guasto è di lunga durata, il nodo passa nello stato Bus-Off Non prende parte attivamente alle comunicazioni ma continua a monitorare il bus: se il guasto cessa, esci torna nello stato Error-Active.

Lo stato di un nodo è definito dal valore di due contatori di errore e da un insieme di regole di gestione:

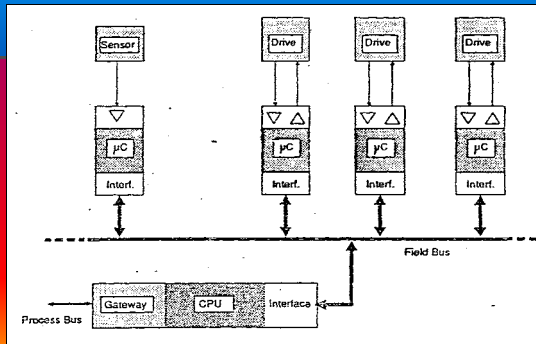
- o TxCounter contatore degli errori di trasmissione
- o RxCounter contatore degli errori di ricezione

# Configurazione di un sistema CAN

Un tipico sistema CAN comprende diversi microcontrollers per l'interfacciamento con i sensori e gli attuatori ed una CPU per il controllo dell'intero sistema.

La comunicazione avviene principalmente fra la CPU ed i microcontrollori.

La CPU è inoltre connessa ai livelli più alti della gerarchia del Controllo.



Fine