

# COMPARAZIONE TRA BUS ETHERNET

*Micaela Caserza Magro*

*Genoa Fieldbus Competence Centre srl*





## Ethernet per applicazioni





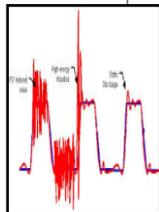
## Mission critical

- Non sono ammessi fermi o perdite di pacchetti



## Ambiente «sporco»

- Temperature estreme
- Polvere
- Agenti chimici



## «Rumore» elettrico

- Impianti di BT, MT insieme ad impianti di segnale
- Presenza di carichi disturbanti
- Presenza di rumore e disturbi



## Vibrazioni



## Interoperabilità

- Possibilità di comunicare con altri dispositivi
- Possibilità di rendere disponibili dati anche attraverso protocolli diversi
- Multi produttore



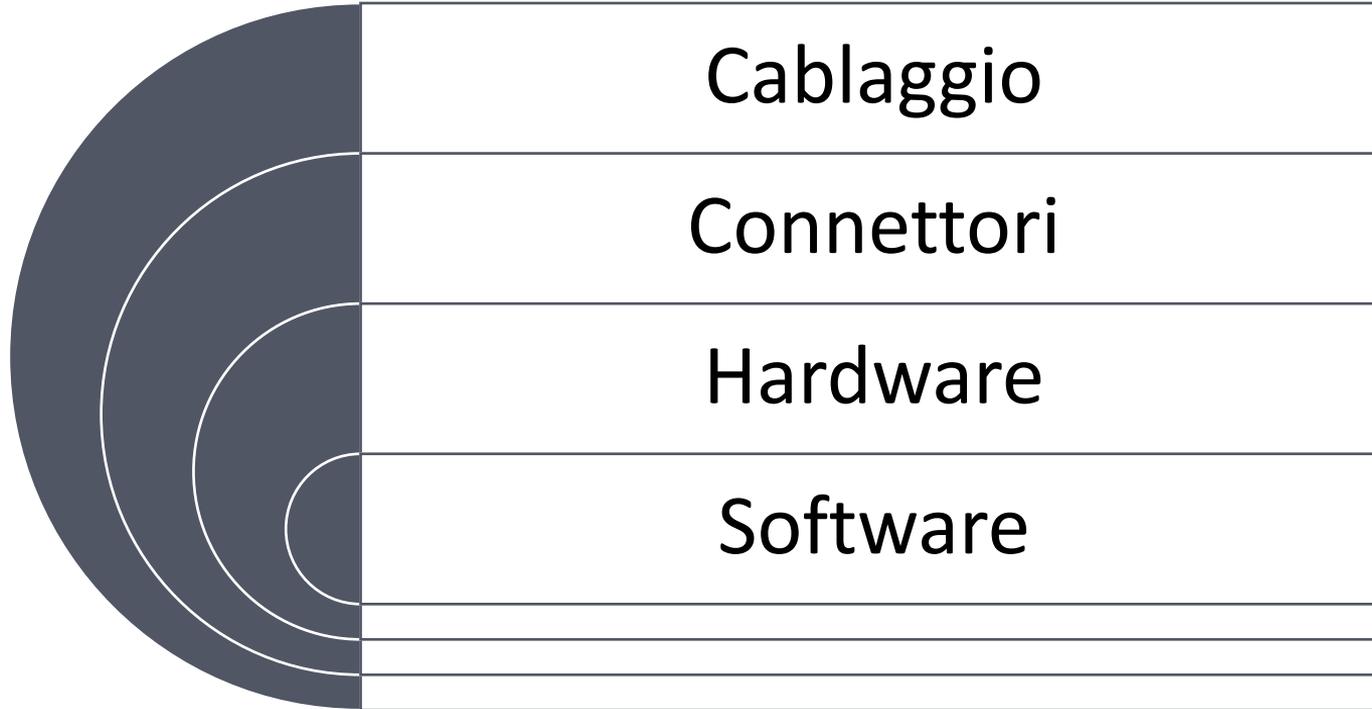
## Comunicazione real-time e deterministica

P1 • Critical	S1 • Critical
P2 • High	S2 • Major
P3 • Medium	S3 • Moderate
P4 • Low	S4 • Low

Diabet Priority Levels Diabet Severity Levels  
© www.DiabetVedding.com

## Livelli di priorità

- Alcuni dati devono essere deterministici e real-time
- Alcuni dati sono non time critical





Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

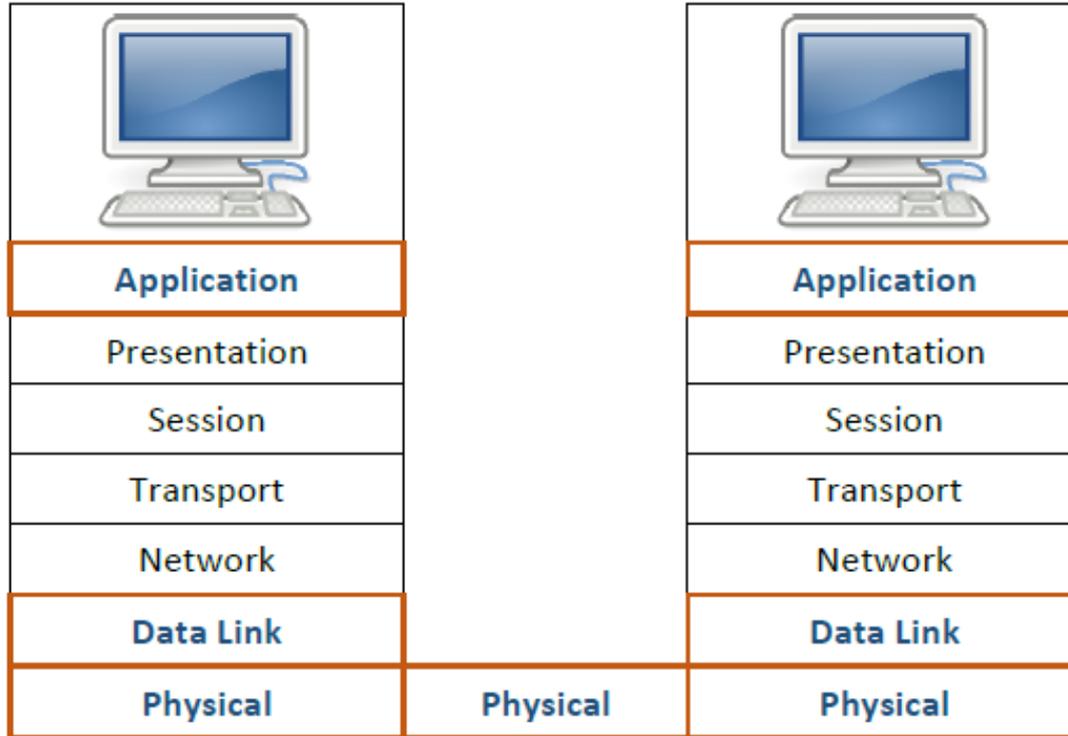
Profinet

Ethernet/IP

Powerlink

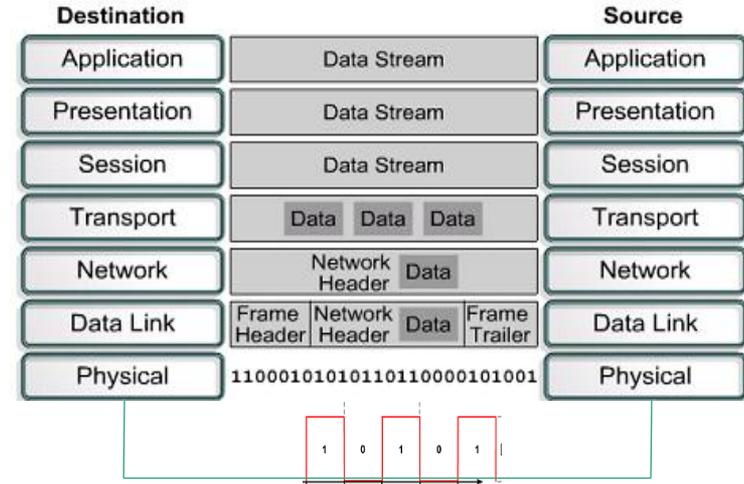
Ethercat

Modbus TCP/IP



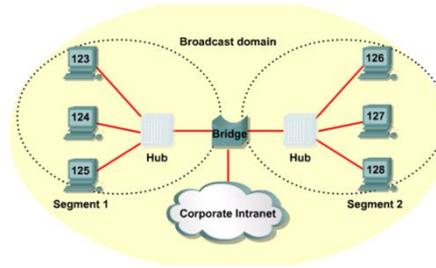


- Conversione info in “dati”.
- Suddivisione in **segmenti** tramite i protocolli TCP e UDP.
- Incapsulamento dei dati in **pacchetti** con source e destination IP address, gestisce l’instradamento.
- Incapsulamento** del pacchetto in frame con indirizzo MAC, **sincronizzazione, controllo degli errori, prioritizzazione** .
- Conversione in uno/zero per la **trasmissione sul media**.

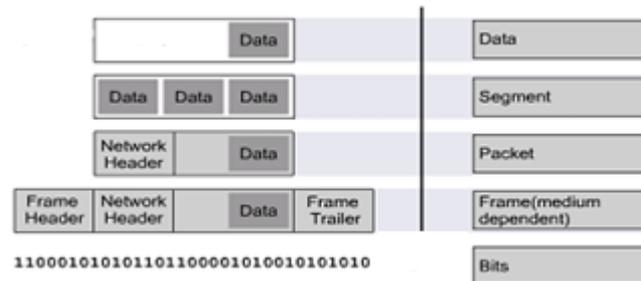




- Rete:** si riferisce a tutti i componenti fisici e l'hardware necessario alla trasmissione dei dati dal trasmettitore al ricevitore



- Protocollo:** si riferisce alla parte «software» o meglio di linguaggio tra i componenti di una rete. **Definisce le regole e le proprietà delle informazioni che vengono scambiate.** Il protocollo deve essere implementato secondo il modello ISO/OSI





## 100 BASE-TX

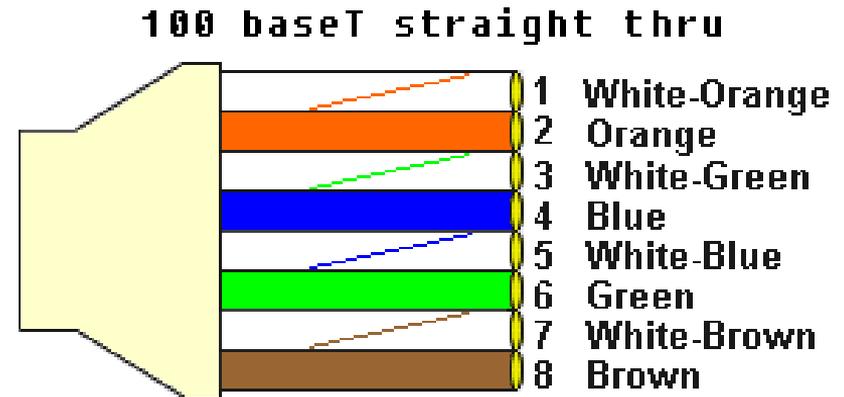
T: Unshielded Twisted pair  
TX: 2 coppie di categoria 5  
F: Fibra ottica

BASE=baseband / BROAD=broadband

indica la velocità di trasmissione in Mbit/s (10, 100, 1000)

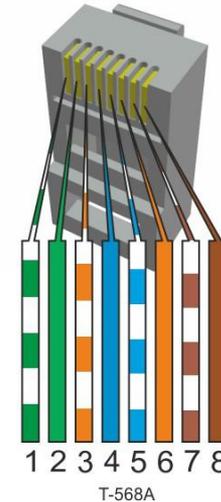


- Si parla di 100BASE-T
- Usa due coppie di Unshielded Twisted Pair (UTP)
- Codifica 4B5B
- Connettori RJ45
- Topologia a Star con due soli nodi per segmento
- Connessione Punto-Punto
- Lunghezza max segmento: 100m



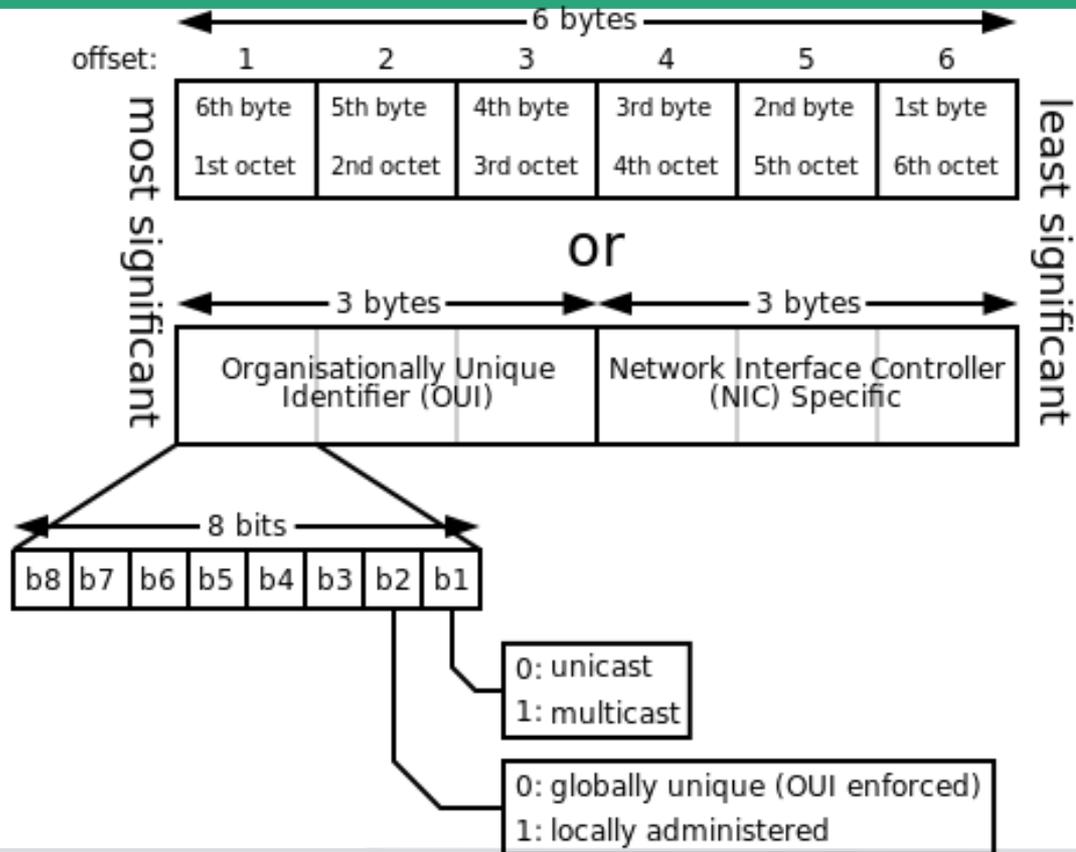


- 1000BASE-T
- 4 coppie di Unshielded Twisted Pair (UTP)
- Codifica 8B10B
- Una coppia per trasmettere, una coppia per ricevere
- Connettori RJ45
- Topologia a Star con due nodi per segmento
- Connessione Punto-Punto
- Lunghezza max segmento: 100m



Pin	Description	10base-T	100Base-T	1000Base-T
1	Transmit Data+ or BiDirectional	TX+	TX+	BI_DA+
2	Transmit Data- or BiDirectional	TX-	TX-	BI_DA-
3	Receive Data+ or BiDirectional	RX+	RX+	BI_DB+
4	Not connected or BiDirectional	n/c	n/c	BI_DC+
5	Not connected or BiDirectional	n/c	n/c	BI_DC-
6	Receive Data- or BiDirectional	RX-	RX-	BI_DB-
7	Not connected or BiDirectional	n/c	n/c	BI_DD+
8	Not connected or BiDirectional	n/c	n/c	BI_DD-

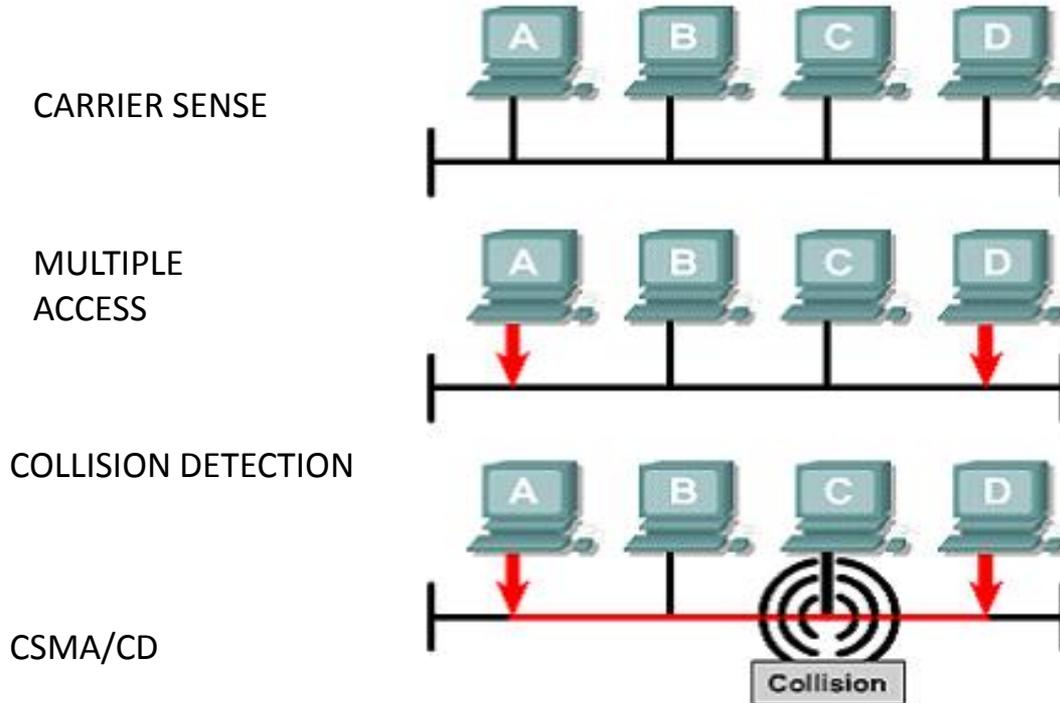
# INDIRIZZO MAC





- Un pacchetto (frame) Ethernet ha la seguente struttura:
- Destination / Source: contengono gli indirizzi MAC del device che deve ricevere il segnale e quello del device che lo invia;
- Type: dipende dal protocollo usato a livello di rete (per noi è IP);
- Data: dipende dalla lunghezza del dato da trasmettere;
- Check: è un campo che serve per identificare eventuali errori nella trasmissione.

Preamble	Destination	Source	Type	Data	Check
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	Variabile	4 bytes



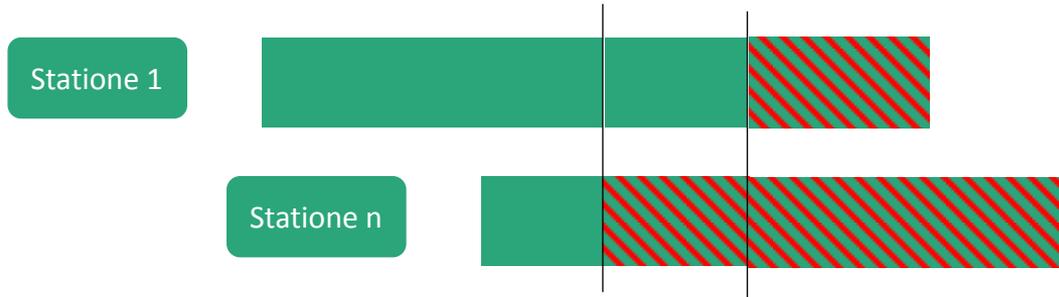
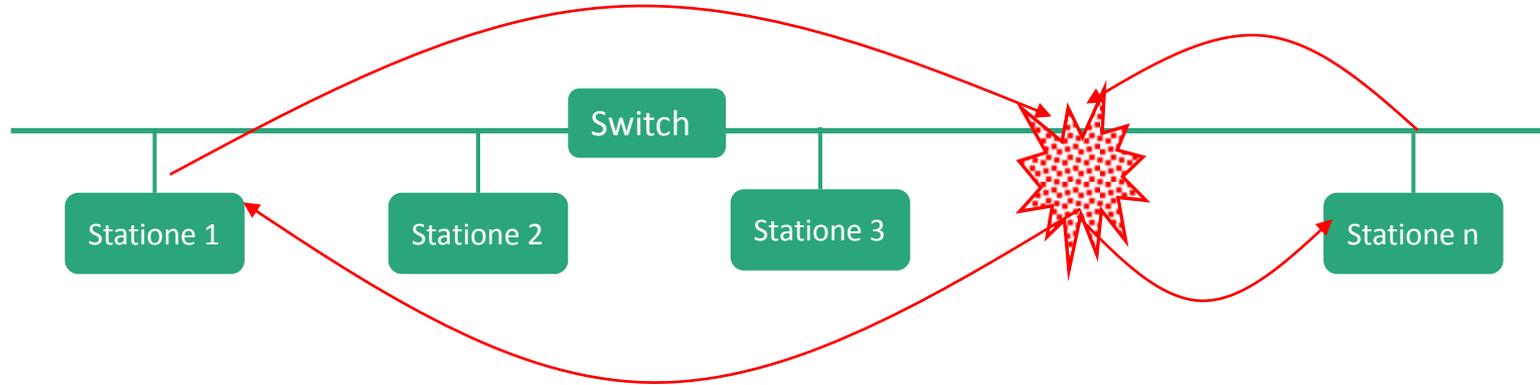


Collisioni

No  
determinismo



- In Ethernet, un messaggio deve essere lungo in modo tale da garantire che arrivi a destinazione prima che il trasmettitore abbia finito di trasmettere, in altri termini il canale deve essere integralmente sfruttato. La lunghezza minima del messaggio definisce la lunghezza massima della rete, che prende il nome di **Dominio di Collisione**.
- Minimizzare il numero di dispositivi su un dominio, minimizzare la lunghezza del cavo e usare dei buffer possono rappresentare una prima via per aggirare questo tipo di problemi



- Minimizzare la lunghezza del cavo
- Minimizzare il numero di dispositivi su un dominio
- Usare dei buffer



7 - APPLICATION

➔ **GATEWAY** : converte i messaggi provenienti da protocolli diversi

6 - PRESENTATION

5 - SESSION

4 - TRANSPORT

3 - NETWORK

➔ **ROUTER**: invia i messaggi gestendo il miglior percorso in base all'indirizzo IP di destinazione -> LOOKUP TABLE

2 - DATA LINK

➔ **SWITCH / BRIDGE**: invia i messaggi su MAC (gestione dinamica), gestisce ring di ridondanza, switch di tipo STORE & FORWARD e CUT THROUGH

1 - FISICO

➔ **HUB / REPEATER**: invia i messaggi su tutte le sue uscite, non possiedono un indirizzo MAC, non hanno alcun tipo di capacità di interpretare o ordinare i dati che ricevono



Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

Profinet

Ethernet/IP

Powerlink

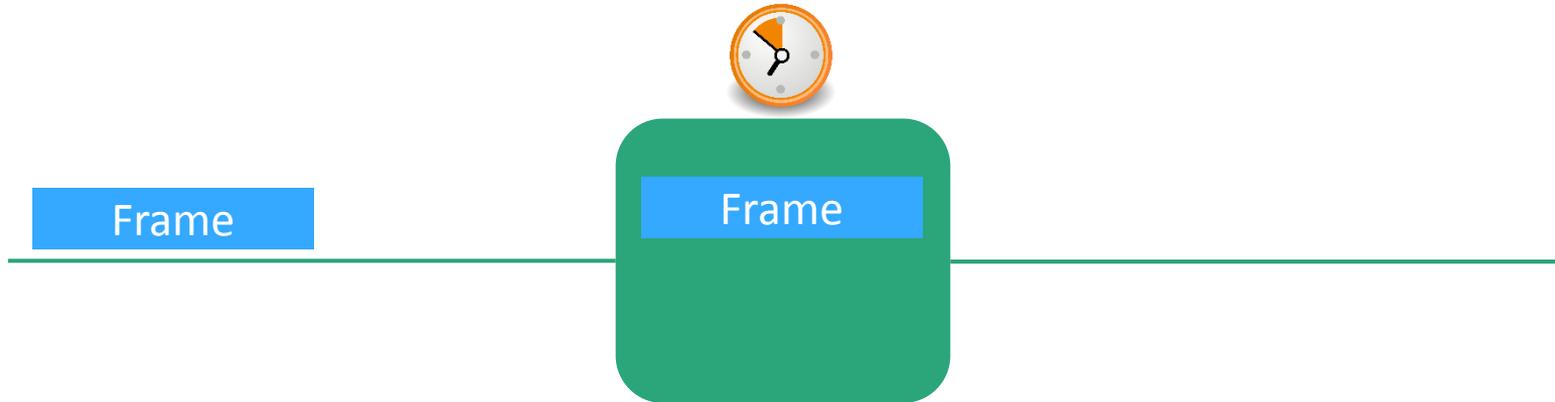
Ethercat

Modbus TCP/IP



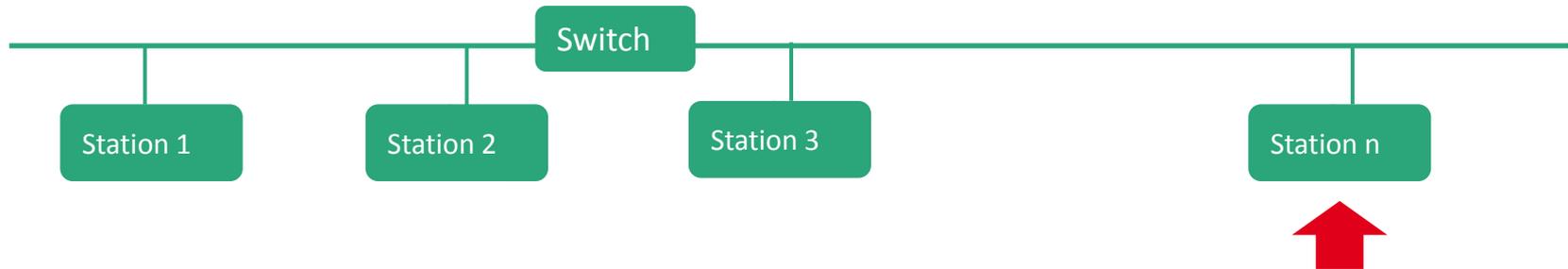


- Gli switch inoltrano i messaggi solo in modo mirato ai dispositivi e se necessario li trattengono.
- Vantaggio: non sono più possibili collisioni.
- Svantaggio: gli switch ritardano l'invio dei messaggi. Il tempo di ritardo dipende dal carico sulla rete. Non è quindi possibile parlare in questo caso di "real time".



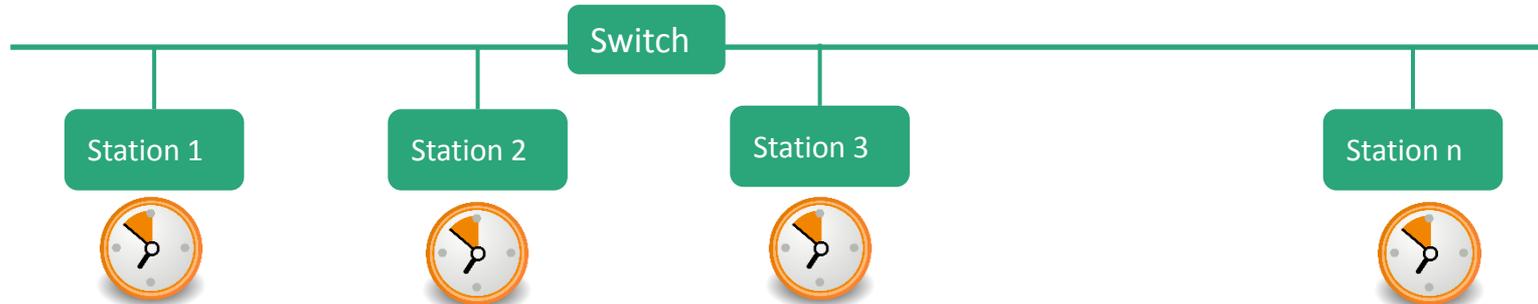


- Al protocollo Ethernet non deterministico viene sovraordinata una procedura con assegnazione di un time slot, ovvero di un intervallo di tempo specifico. Nell'ambito dell'intero ciclo, ciascun nodo "comunica" solo quando è attivo il proprio time slot. In tal modo si evitano le collisioni che comprometterebbero il determinismo.
- Vantaggio: possibilità di completo controllo del determinismo.
- Svantaggio: tutti i nodi che si trovano sullo stesso segmento della rete devono conoscere la procedura sovraordinata con assegnazione di time slot. Basta un nodo non conforme per disturbare il determinismo.





- Ciascun dispositivo sul bus possiede un orologio interno (clock). Tramite uno speciale protocollo di sincronizzazione (IEEE1588) viene assicurato che tutti gli orologi funzionino in modo sincronizzato e che pertanto determinate azioni vengano eseguite da tutti i nodi nello stesso momento.
- Vantaggio: il determinismo è possibile tramite Ethernet standard.
- Svantaggio: è richiesto un hardware particolare (con orologio interno) anche per gli switch. Inoltre è possibile controllare solo gli eventi ciclici in tempo reale..





Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

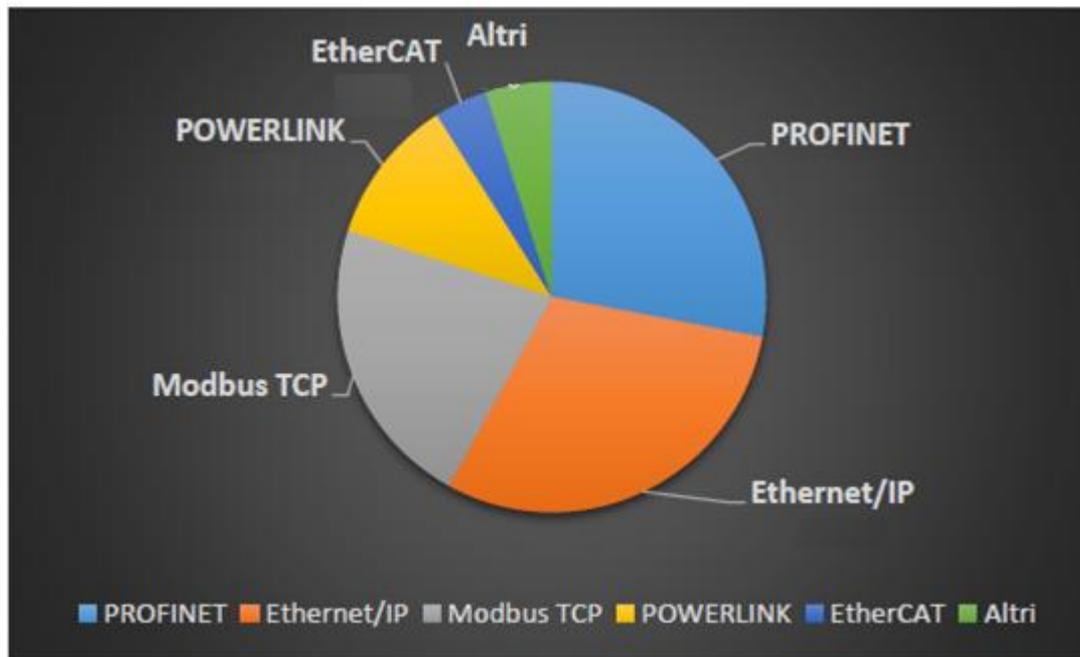
Profinet

Ethernet/IP

Powerlink

Ethercat

Modbus TCP/IP



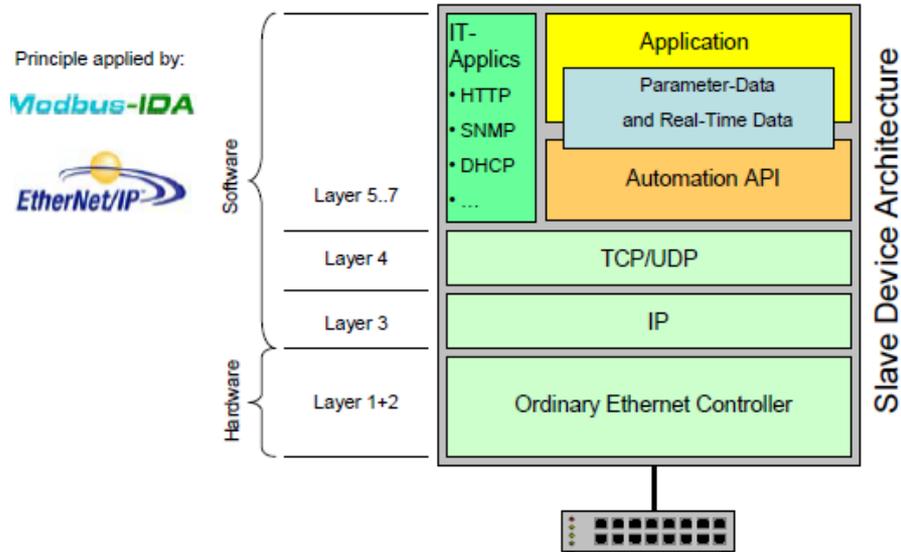


	<h2>CLASSE A</h2> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uso di Ethernet TCP/IP non modificato</li><li>• «Best effort»</li><li>• Ritardi legati alla rete</li></ul>
	<h2>CLASSE B</h2> <ul style="list-style-type: none"><li>• Utilizza hardware standard non modificato</li><li>• Non impiega TCP/IP per la comunicazione real-time</li><li>• Può utilizzare TCP/IP per configurazione o dati non realtime</li></ul>
	<h2>CLASSE C</h2> <ul style="list-style-type: none"><li>• Modifica dei componenti HW</li><li>• Modifica di Ethernet standard</li><li>• Si ottengono prestazioni IRT</li><li>• Non è ammesso traffico TCP/IP</li></ul>



## A

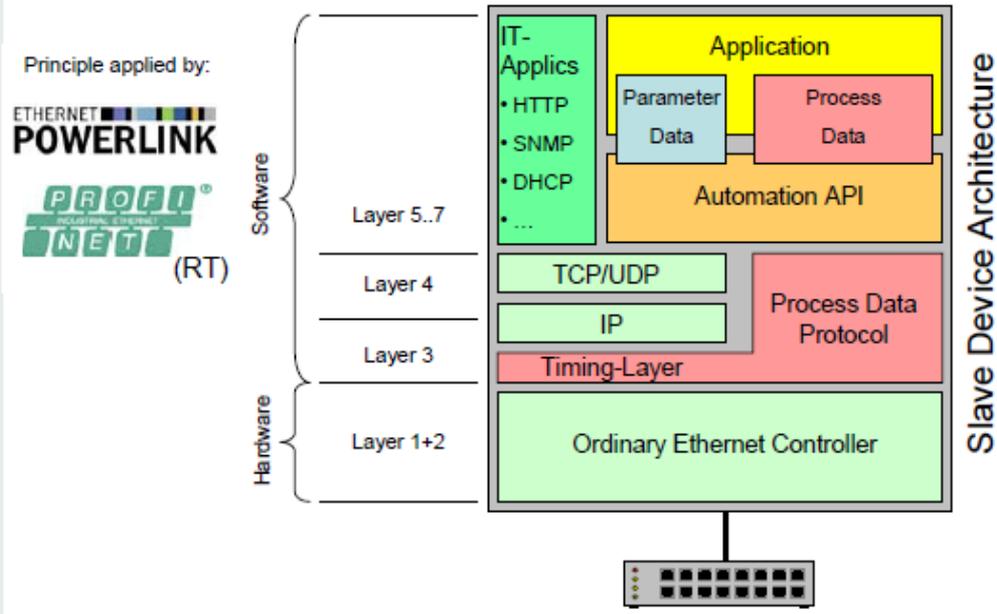
- Completely TCP/UDP/IP based
- Ordinary Ethernet Controllers and Switches





**B**

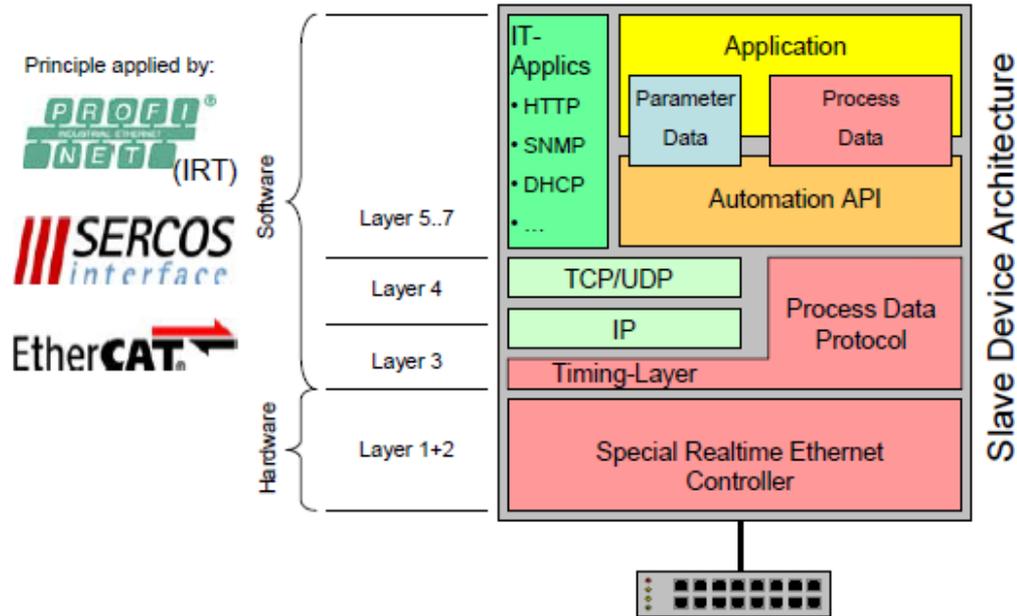
- Process Data: Parallel Channel to TCP/UDP/IP
- TCP/UDP/IP Timing Controlled by Process Data Driver
- Ordinary Ethernet Controllers and Switches (or Hubs)





## C

- Process Data: Parallel Channel to TCP/UDP/IP
- TCP/UDP/IP Timing Controlled by Process Data Driver
- Special Realtime Ethernet Controllers or Switches





Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

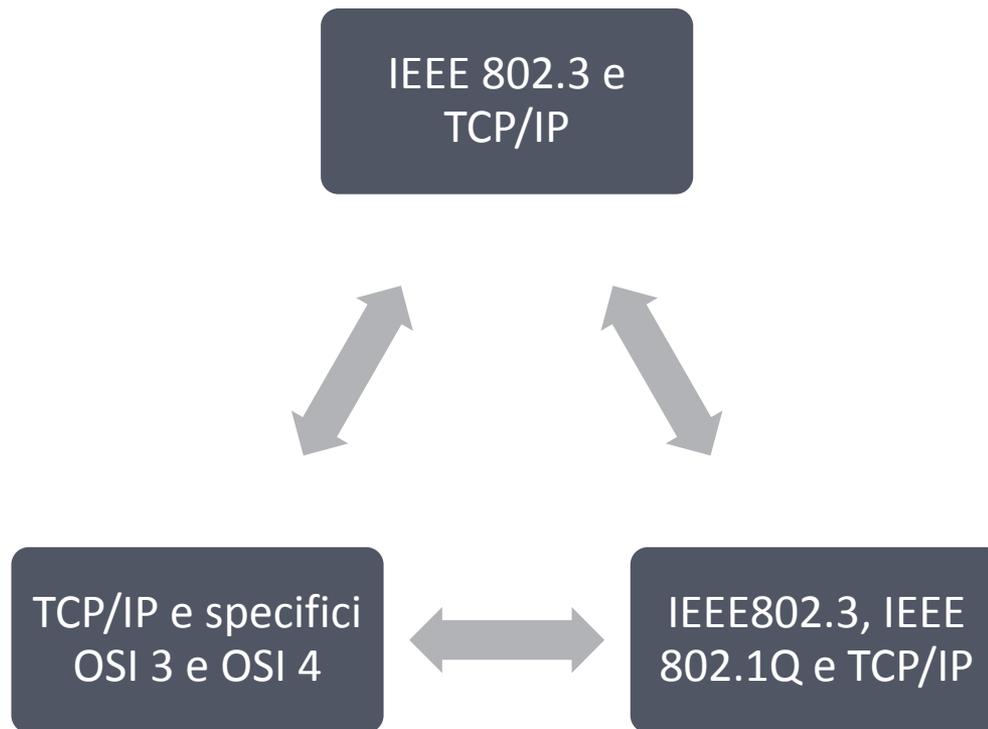
Profinet

Ethernet/IP

Powerlink

Ethercat

Modbus TCP/IP



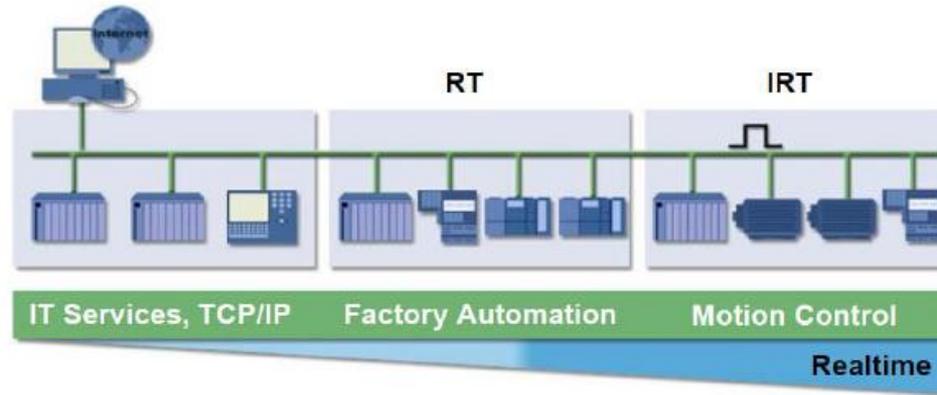


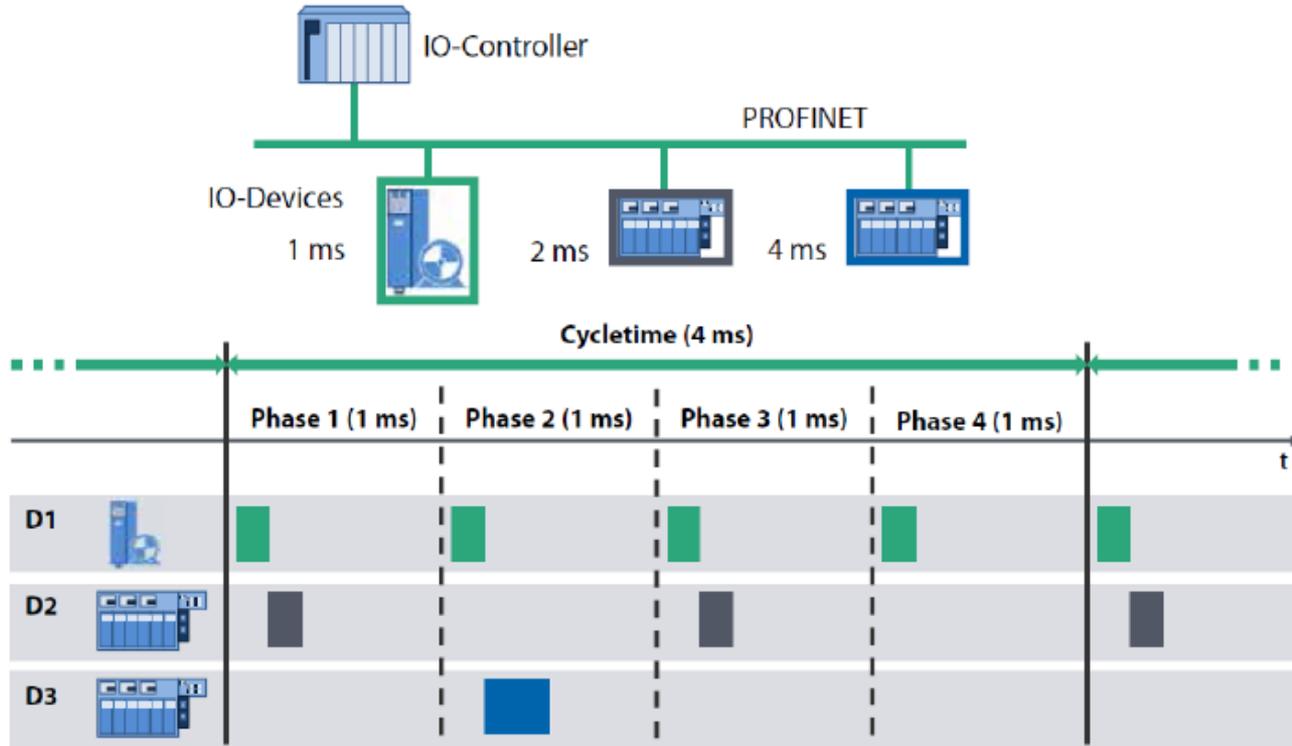
1	2	3
Realtime	Realtime	Realtime
TCP	TCP	TCP
IP	IP	IP
	Prioritizzazione	Scheduling
Ethernet/MAC	Ethernet/MAC	Ethernet/MAC





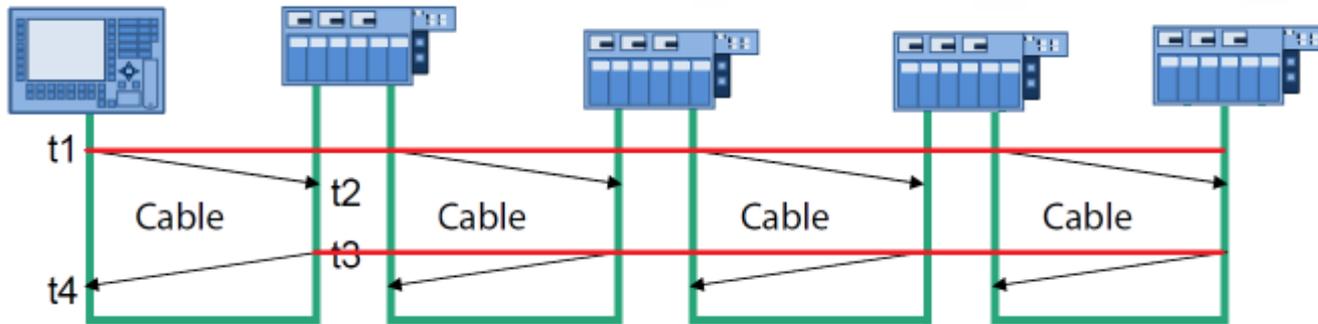

- **Standard TCP/IP:** pacchetti normali che attraversano i livelli TCP/IP
- **RT\_Real-Time Aciclici:** pacchetti dati non periodici, vengono inviati non appena si verifica un determinato evento (esempio per diagnostica)
- **RT\_Real-Time Ciclico:** dati scambiati periodicamente e devono essere inviati immediatamente
- **IRT\_Real Time Ciclici Sincronizzati:** detti anche Isocrono. Analoghi a RT Ciclico, ma lo scambio dati tra dispositivi è sincronizzato (solitamente con tempi più bassi : la comunicazione è molto veloce)

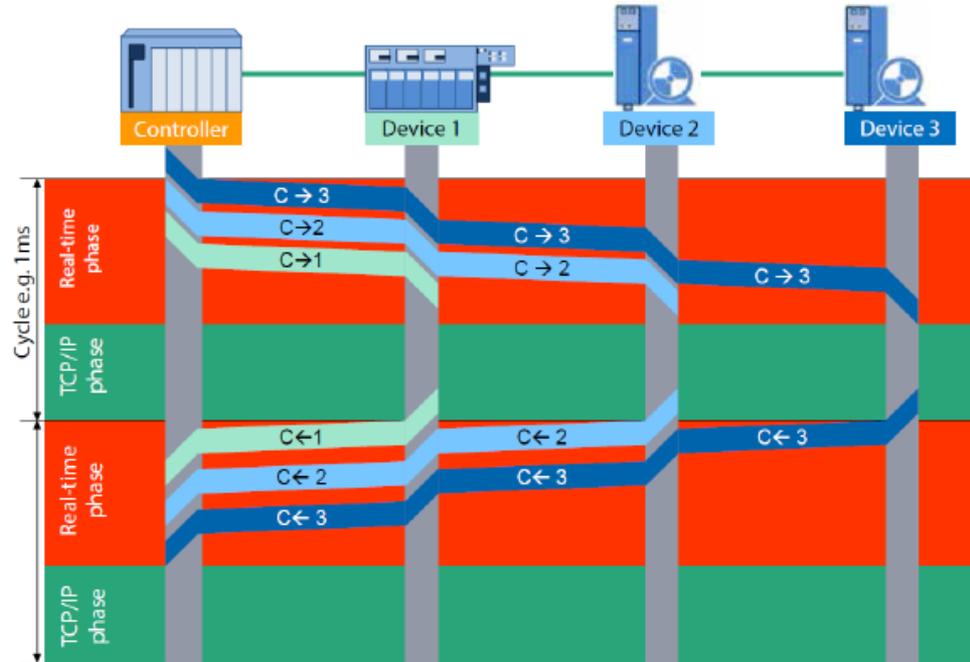






- Tutti i dispositivi che partecipano a questo tipo di comunicazione devono avere un **clock comune**.
  - Il clock è generalmente indotto dall'IO-Controller (MASTER), che invia dei brevi pacchetti di sincronizzazione, affinché i vari IO-Devices si sincronizzino opportunamente.
  - Questo tipo di procedura vincola i dispositivi ad un dominio che prende il nome di Dominio IRT. Ciascun dispositivo è collegato al successivo, senza passare per dispositivi non sincronizzati.







Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

Profinet

Ethernet/IP

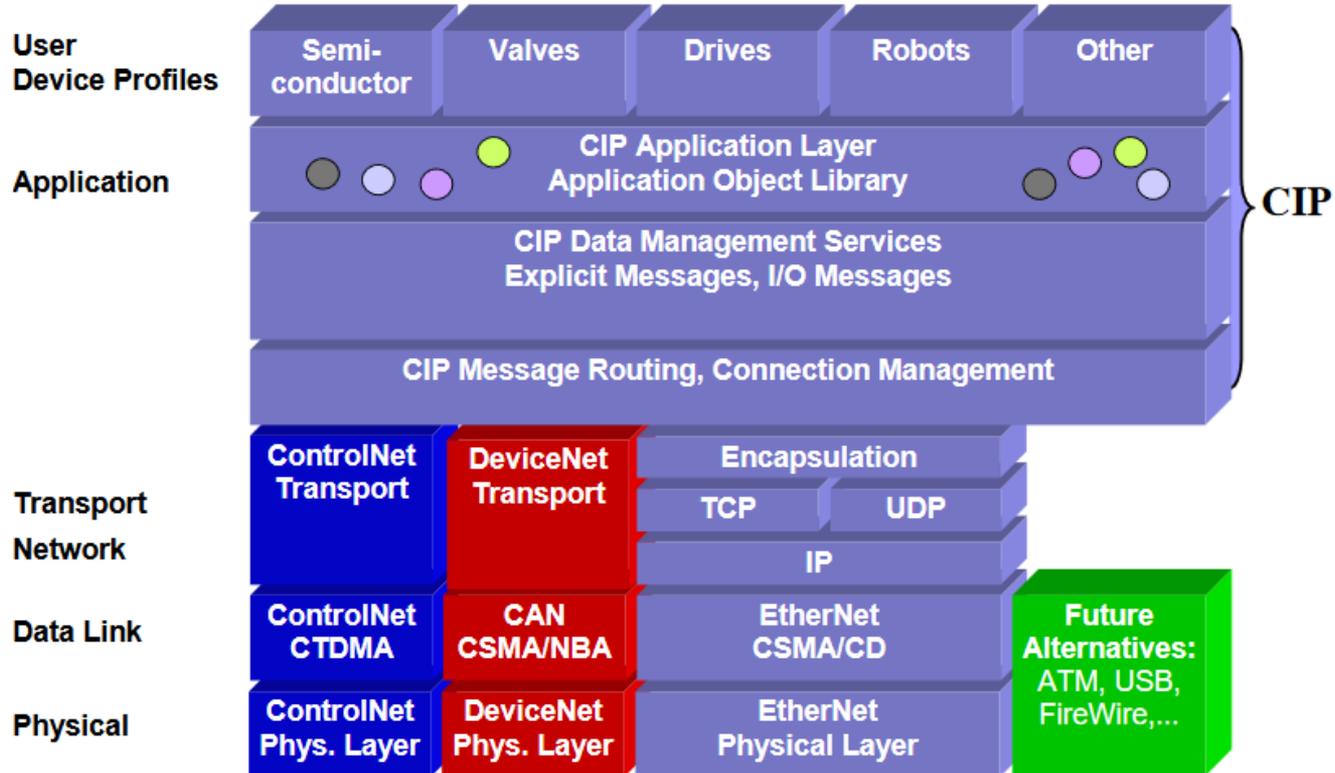
Powerlink

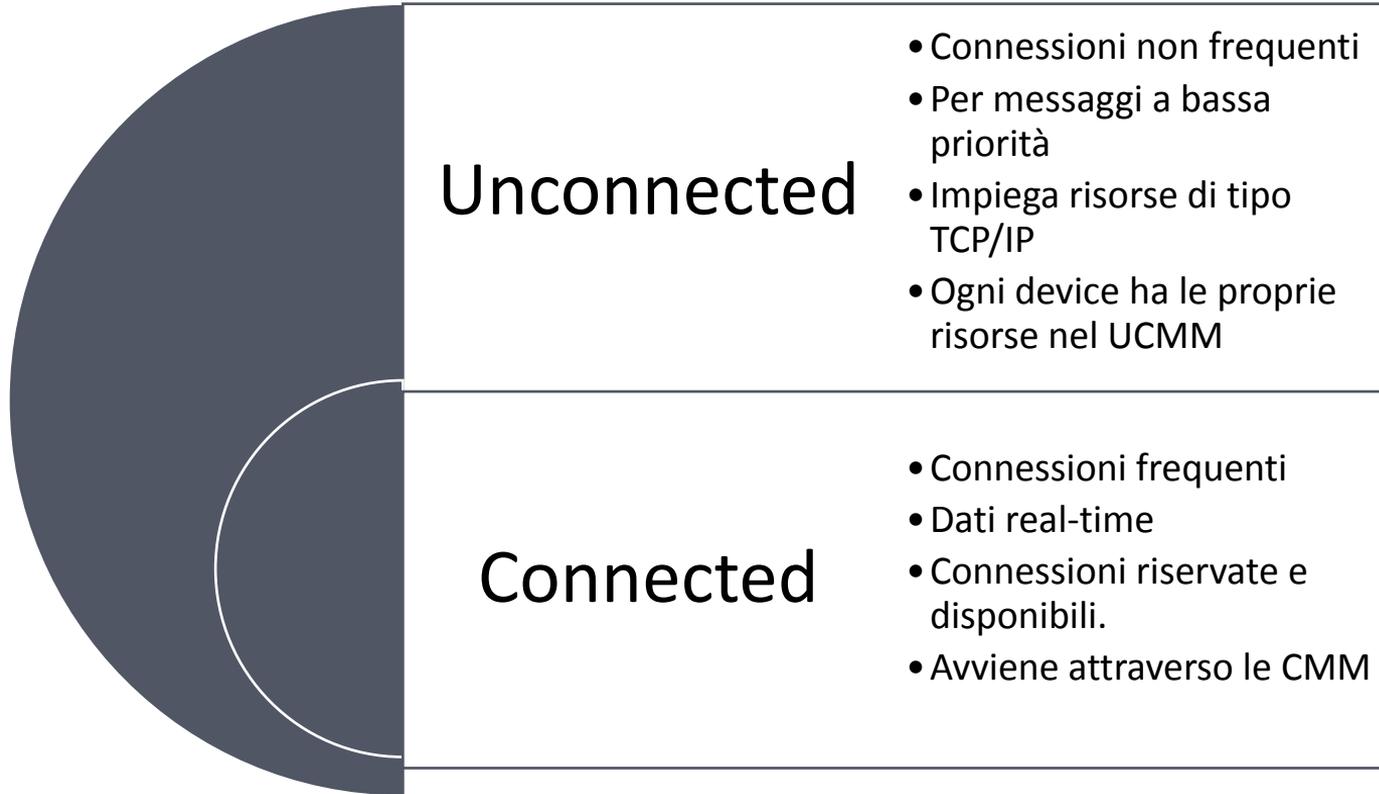
Ethercat

Modbus TCP/IP



- Ethernet/IP è uno standard industriale aperto.
- Ethernet/IP utilizza tecnologie standard basate su Ethernet, come il layer IP, il TCP ed UDP.
- Ethernet/IP utilizza lo standard Ethernet TCP/IP. Viene classificato come un protocollo real-time di classe 1. Utilizza componenti standard
- Utilizza il protocollo Common Industrial Protocol (CIP), utilizzato già da DeviceNet e ControlNet, su infrastruttura Ethernet
  
- Implementa CIP a livello sessione





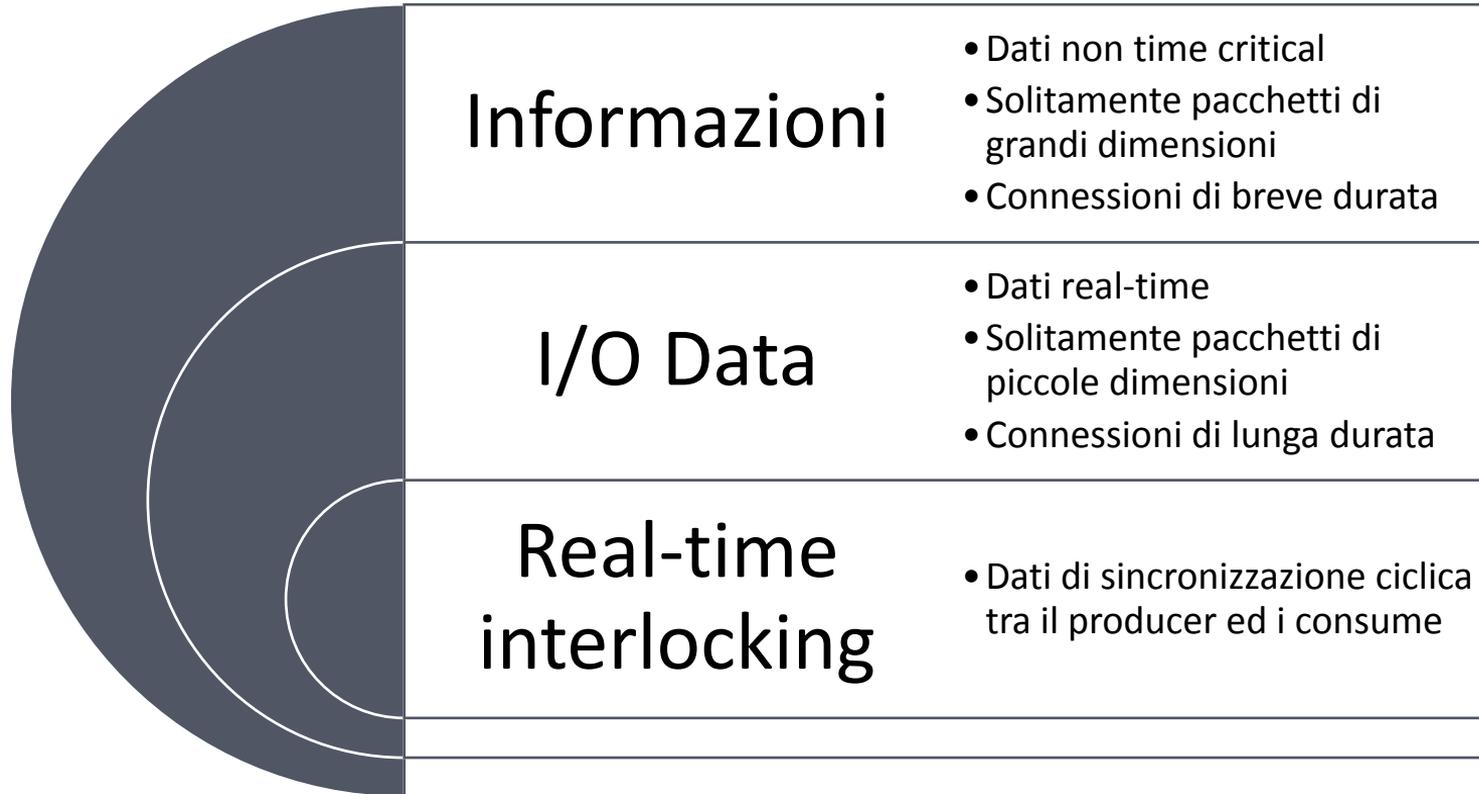


## Esplicita

- Connessioni punto-punto
- Basato su TCP/IP
- Il telegramma contiene informazioni sul protocollo

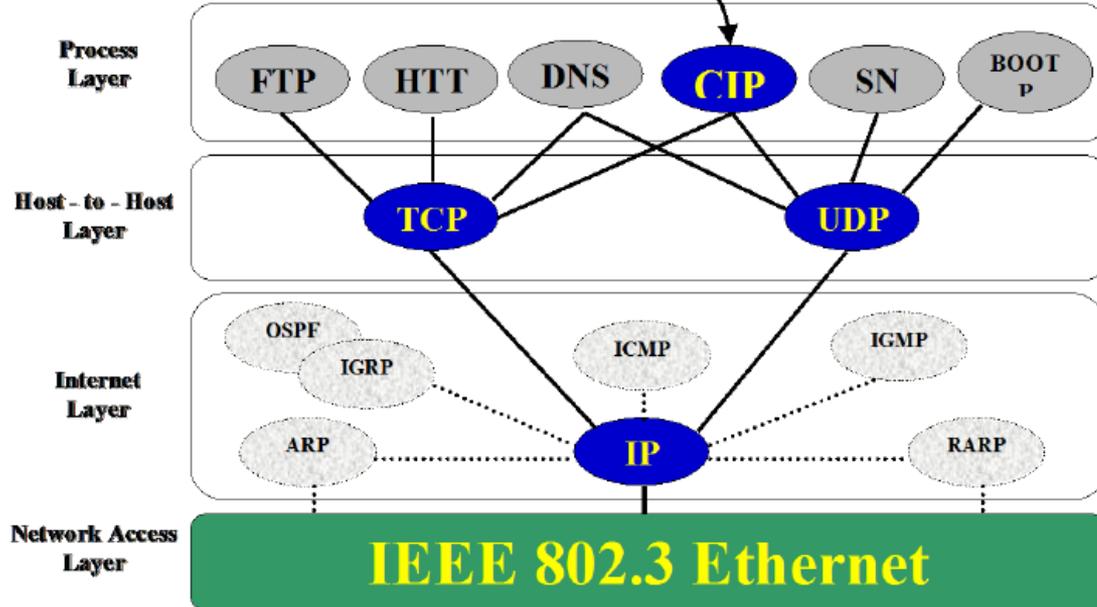
## Implicita

- Basato su TCP/UDP
- Viene usato per lo scambio dati real-time
- I messaggi vengono indirizzati ad indirizzi multicast
- Solo dati, nessuna informazione di protocollo
- Significato dati è nel CIP





**EtherNet/IP uses the Common Industrial Protocol to provide industrial standard services**





Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

Profinet

Ethernet/IP

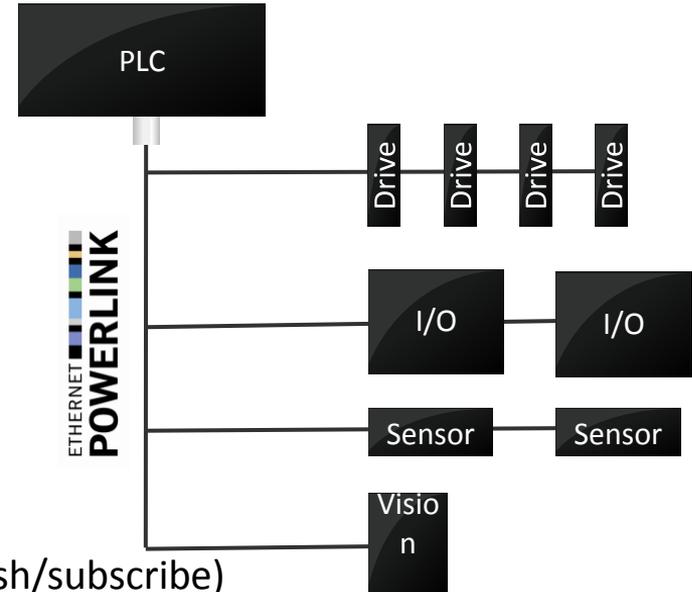
Powerlink

Ethercat

Modbus TCP/IP

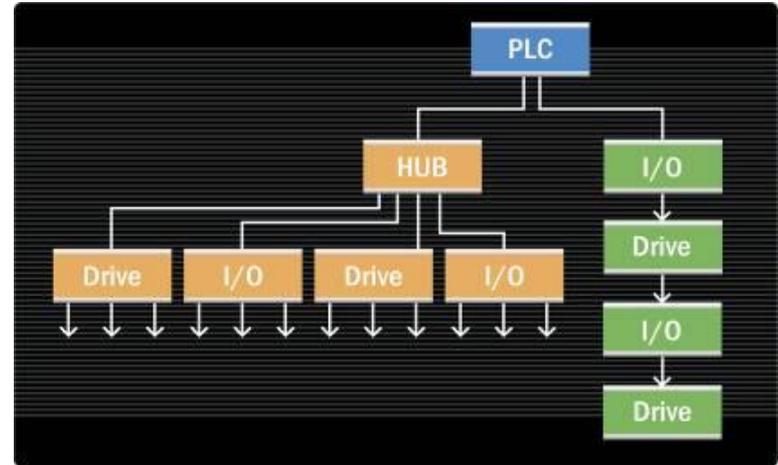


- Possibilità di supportare oltre 240 dispositivi real-time su una rete
- Comunicazione deterministica
- Tempi ciclo inferiori a 100μs
- Jitter ridotto (<1μs)
- Standard Compliant
  - IEEE 802.3u Fast Ethernet
  - IP based protocols supported (TCP, UDP,...)
  - Integrazione con CANopen Profiles EN 50325-4
  - Implementazione basata su standard Ethernet Chips
  - Direct peer-to-peer communication di tutti i Nodi (Publish/subscribe)
- POWERLINK si basa sul modello ISO/OSI e supporta relazioni di comunicazioni Client/Server e Producer/ Consumer





- Network master
  - 1 Managing Node (**MN**)
- Network slaves
  - Up to 239 Controlled Nodes (**CN**)
- Hot Plug
  - Higher productivity, modular system concepts
  - No violation of real-time behaviour
- Topology flexibility
  - Star, tree, ring, or daisy chain
  - No limits on system extensions





- Powerlink gestisce 3 meccanismi:
  - Gestisce **cicli isocronici per la trasmissione dei dati critici**, utilizzabili nello scambio dei dati per applicazioni delicate per esempio nel motion
  - **Sincronizza i nodi della rete**
  - Trasmette dai **non critici con meccanismi asincroni**, usati per esempio in protocollo TCP e UDP o di più alto livello HTTP, FTP,..
- POWERLINK gestisce il traffico dedicando time-slot per dati sincroni e asincroni
  - Slot Communication Network Management (SCNM) suddivide I nodi in:
    - Managing Node (MN)
    - Controlled Nodes (CN)

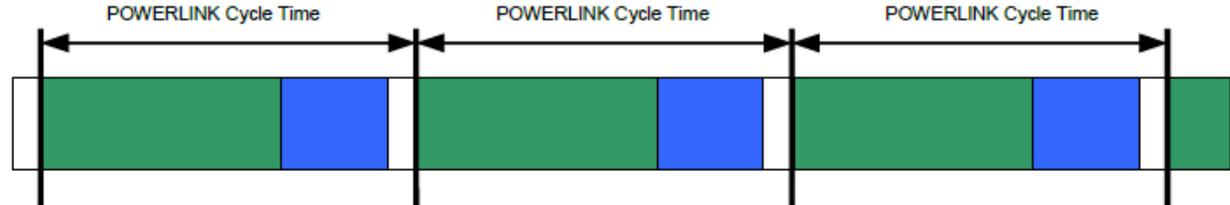
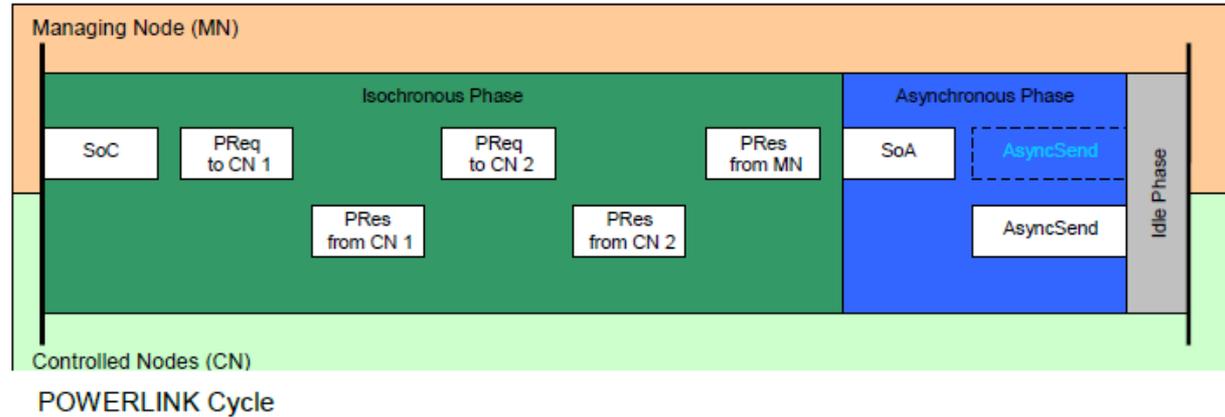


## Managing Node - MN

- Sincronizza la rete
- Interroga ogni CN tramite messaggi di Polling
- Alloca lo spazio Asincrono

## Controlled Nodes - CN

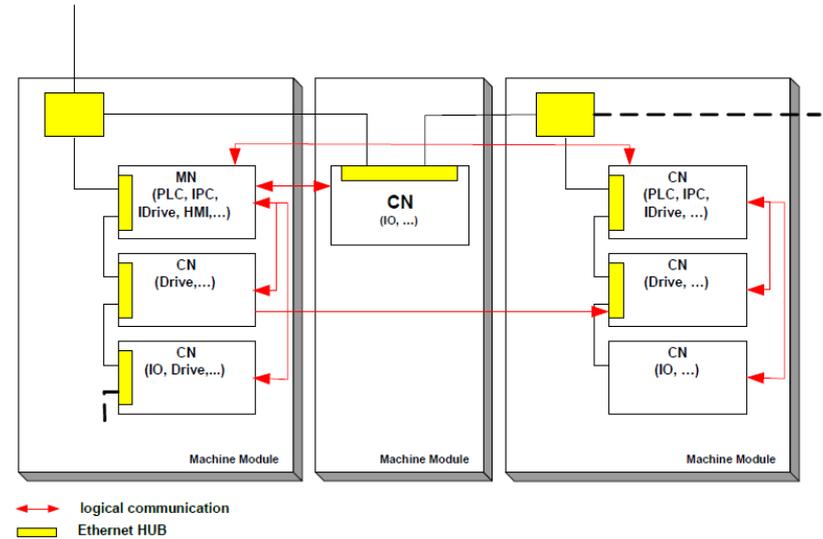
- Inviano i dati solo in slot di ciclo assegnatagli dal MN



POWERLINK - an isochronous process



- Solo il MN può inviare messaggi in maniera indipendente, mentre ai CN è solo permesso di inviare messaggi in risposta
  - Ogni MN invia messaggi unicast a ciascun CN
  - I CN rispondono in multicast
- Tutti i nodi della rete devono essere configurati sul MN
- MN è unico in tutta la rete
- I CN sono in sostanza nodi passivi



Typical centralized and decentralized controller structures



Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

Profinet

Ethernet/IP

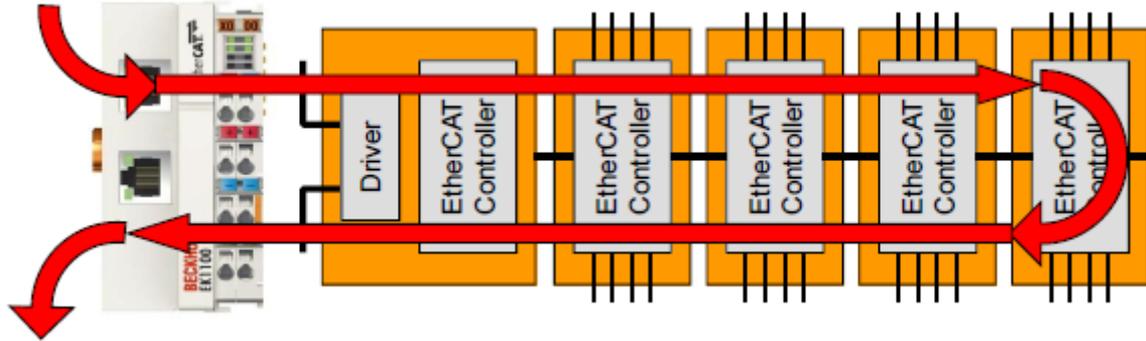
Powerlink

Ethercat

Modbus TCP/IP

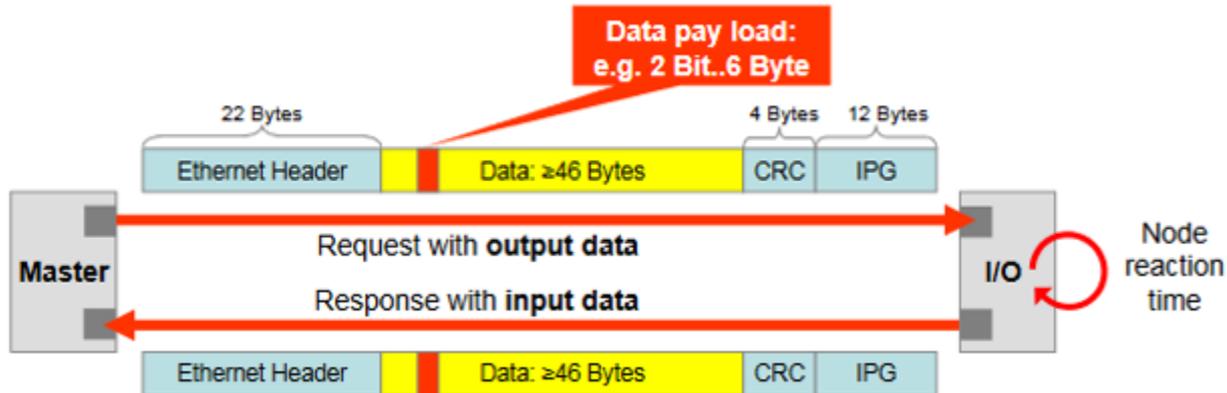


- Gestione all'interno di un'unica rete
- Senza sottosistemi all'interno dell'intera rete Ethercat
- Senza gateways



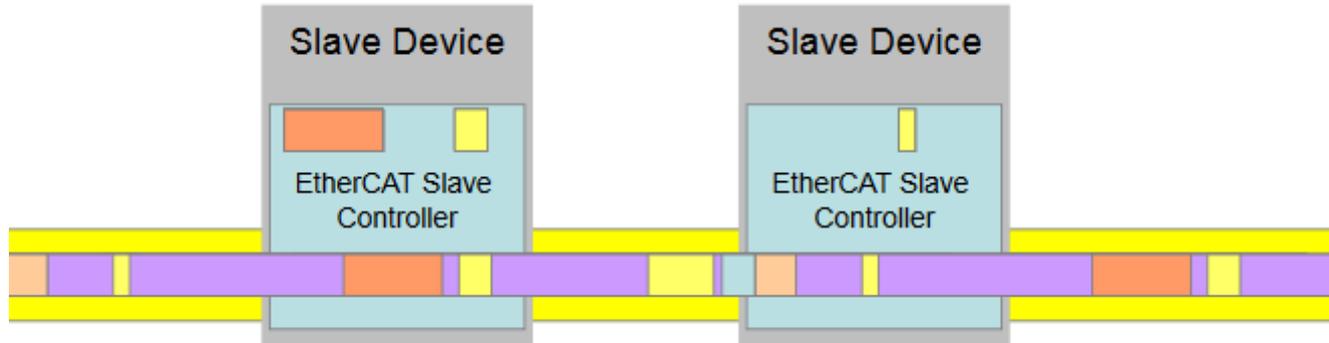


- Uso della larghezza di banda Ethernet per I/O e Drives
  - Ethernet frame  $\geq 84$  Byte incluso Preamble + IPG (Interpackage gap)



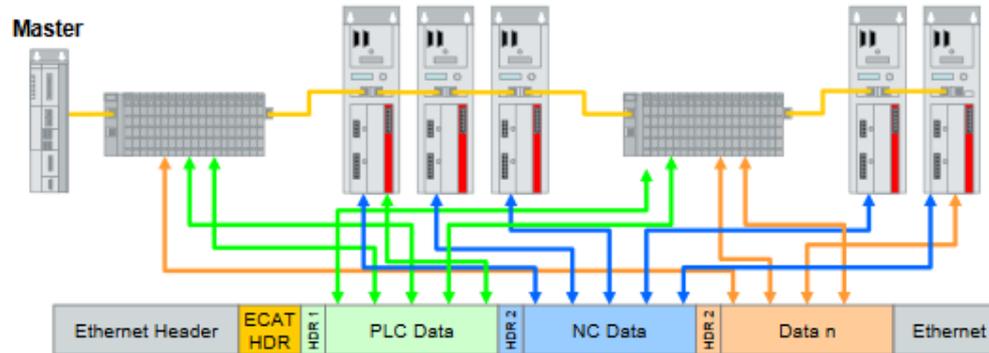


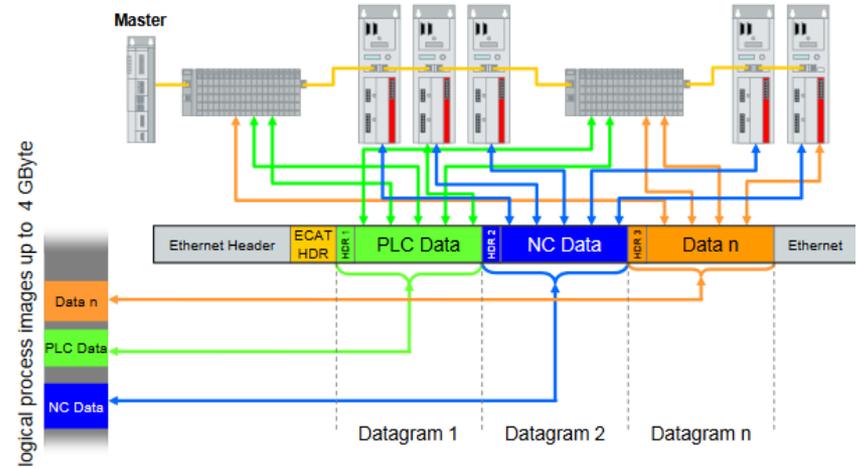
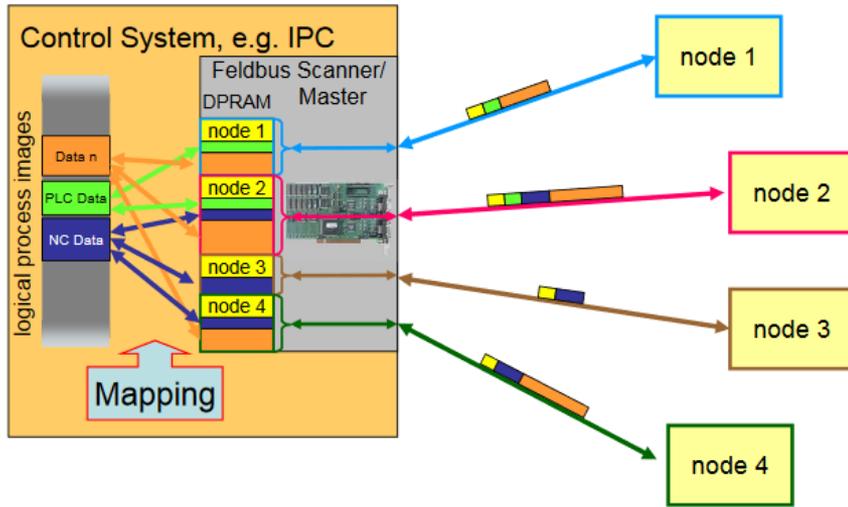
- Il telegramma viene modificato “on the fly” durante il passaggio da ogni dispositivo EtherCAT slave che
  - legge l’indirizzo contenuto nelle informazioni di processo,
  - e inserisce se necessario i dati di input.
- Le dimensioni delle informazioni di processo utilizzate da ogni slave sono quasi illimitate e vanno da un minimo di 1 bit al massimo di 60 kbyte (vengono usati più frame se necessario)





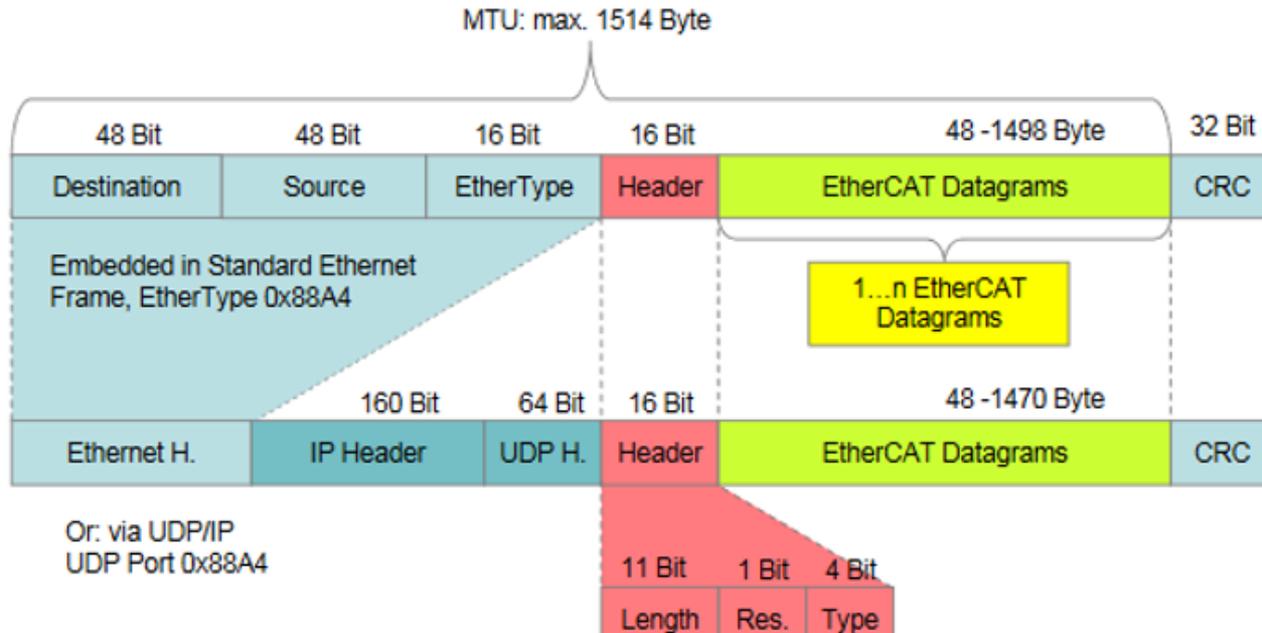
- La compilazione delle informazioni di processo viene modificata in modo sincrono ad ogni ciclo di controllo ed è possibile in aggiunta modificarla in modo asincrono tramite “event triggered communication”.
- Ogni EtherCAT slave **riceve** il pacchetto Ethernet inviato dal master e lo **ritrasmette** automaticamente al dispositivo successivo.
- L'intero processo avviene sia in fase di lettura che in fase di scrittura con un leggero ritardo per ogni nodo non superiore ai 60 ns

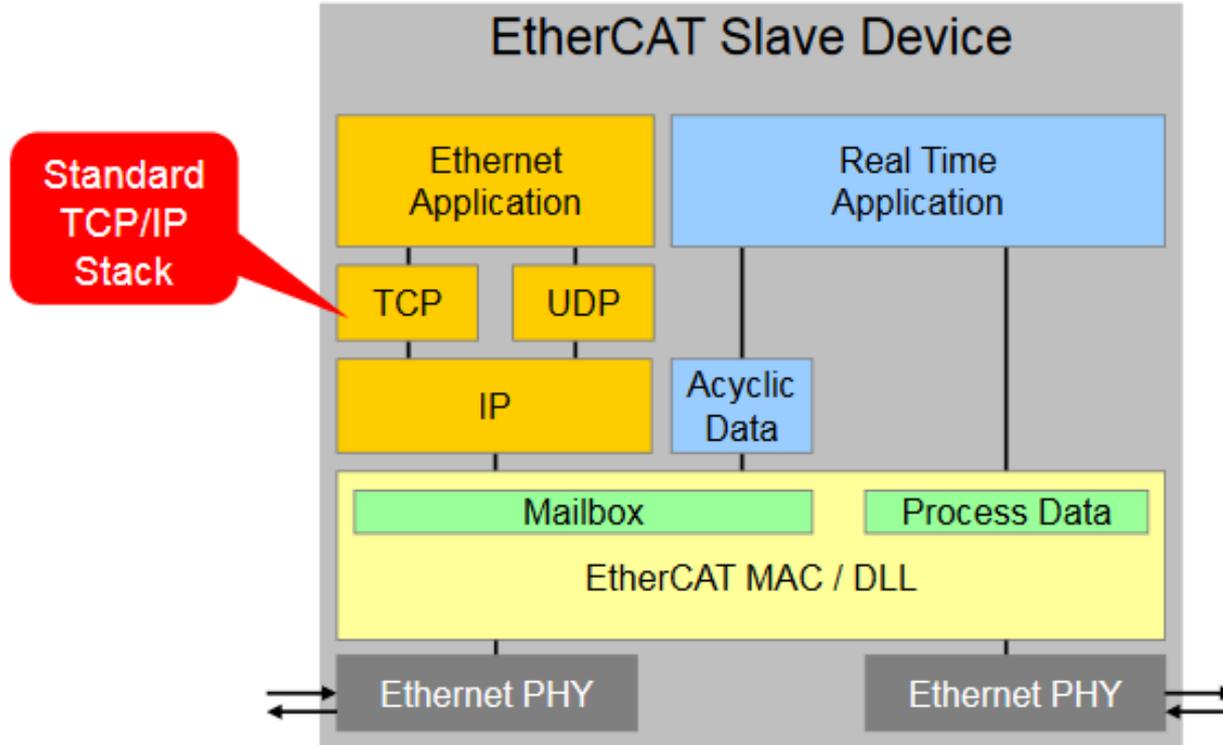






- Standard Internet Frames IEE802.3.
- Alternativamente usa UDP/IP (se l'IP Routing è necessario)







Modello ISO/OSI

Ethernet e Determinismo

Fieldbus Industrial Ethernet

Profinet

Ethernet/IP

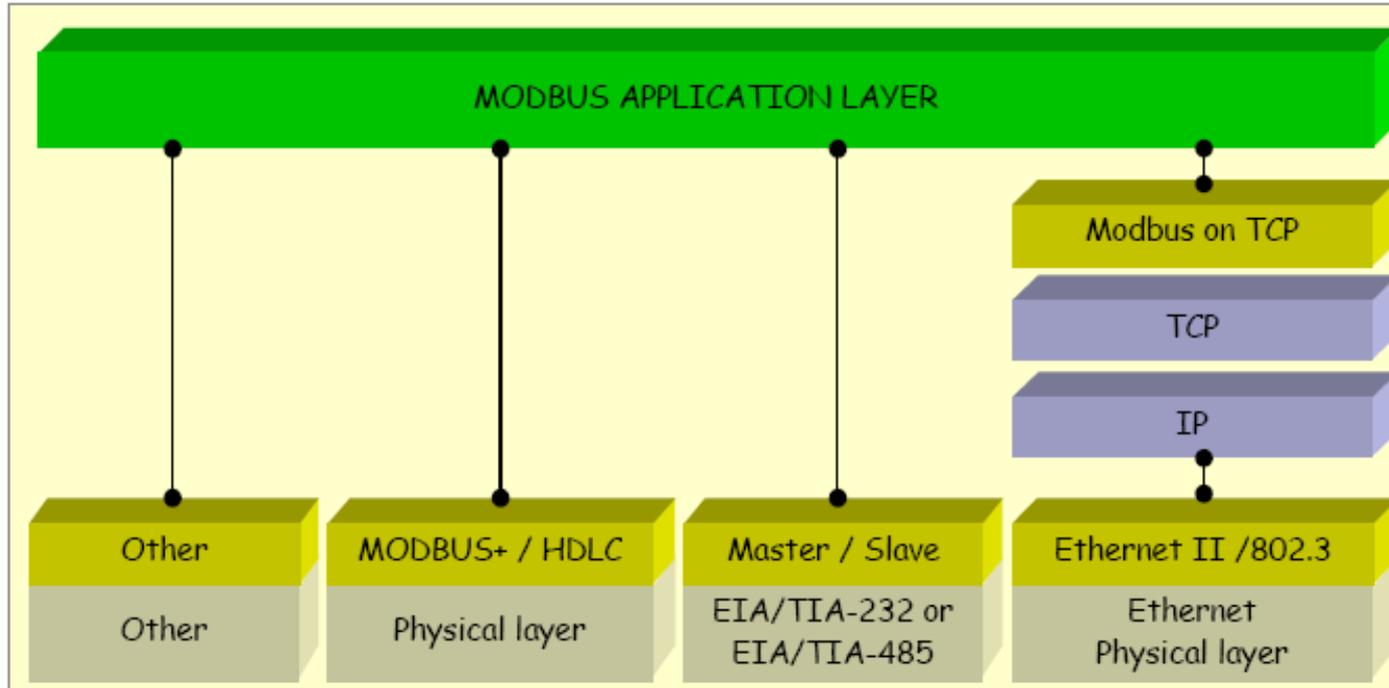
Powerlink

Ethercat

Modbus TCP/IP

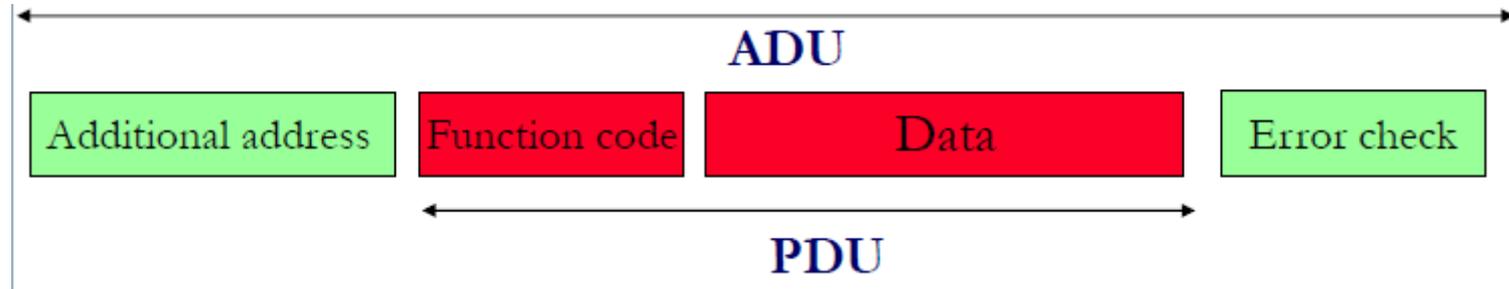


- Diventa standard nel 1979
- Nasce come protocollo seriale e poi viene adottato anche come protocollo TCP/IP
- Permette una comunicazione client/server o master/slave
- Il protocollo è specifico del livello 7, APPLICAZIONE, del sistema ISO/OSI





- Il Protocol Data Unit (PDU) presenta una struttura semplice e indipendente dagli strati di comunicazione sottostanti
- I campi dell'Application Data Unit (ADU) subiscono delle variazioni in funzione della rete o del bus utilizzato
- Dimensione massima del PDU=253 bytes



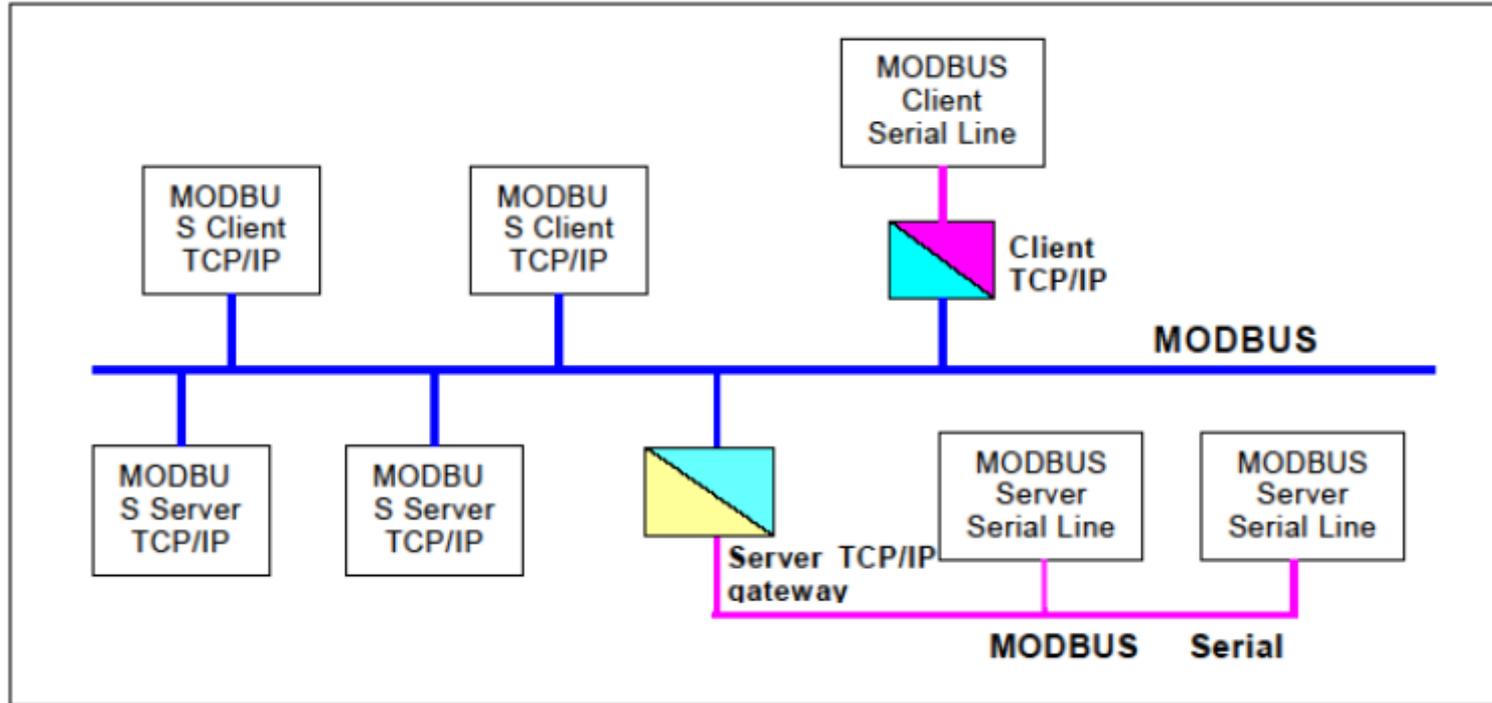
- FUNCTION CODE: Indica al dispositivo indirizzato quale tipo di azione deve svolgere

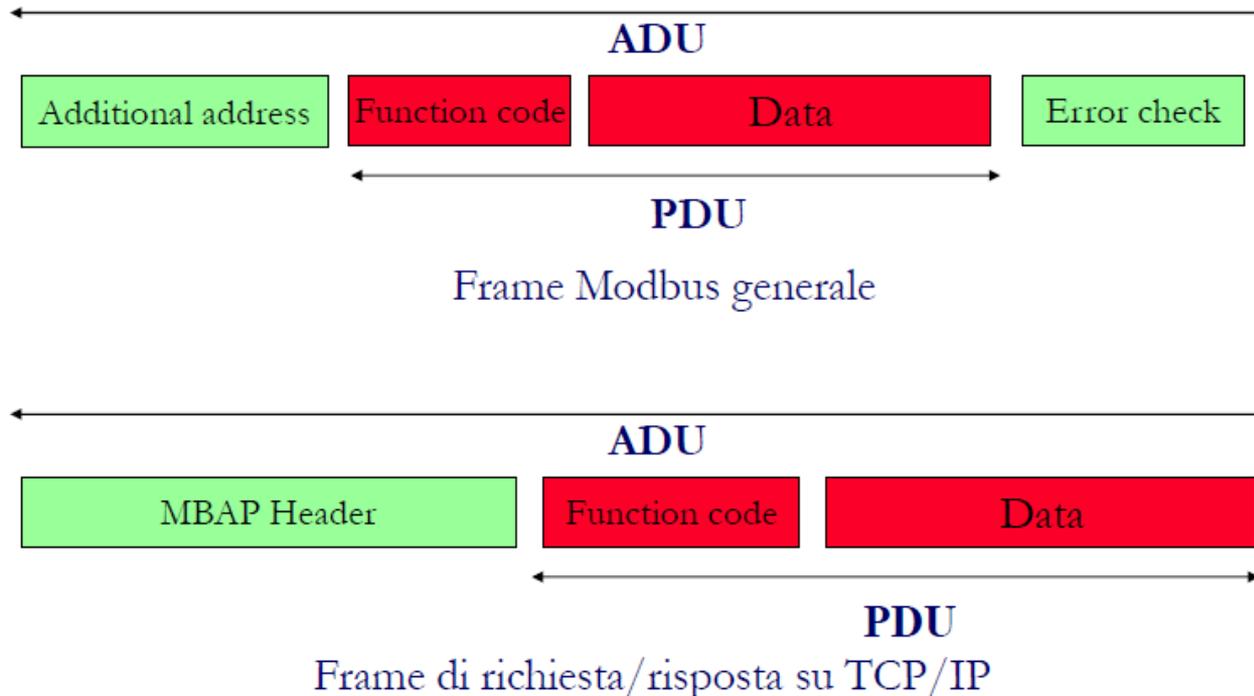


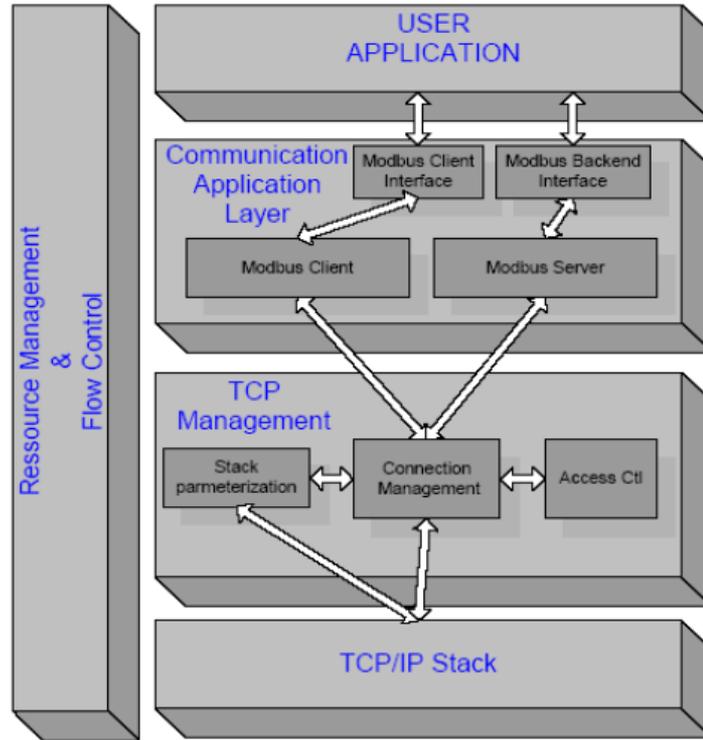
## 4 tipi di dati:

- Per ogni tipo di dati il protocollo permette la gestione di 65536 oggetti
- Differenza tra mappatura fisica e logica
- Nel frame compare il riferimento logico agli oggetti
- Link tra memoria fisica del dispositivo e riferimento logico

Primary tables	Object type	Type of access	Comments
Discretes Input	Single bit	Read-Only	This type of data can be provided by an I/O system.
Coils	Single bit	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.
Input Registers	16-bit word	Read-Only	This type of data can be provided by an I/O system
Holding Registers	16-bit word	Read-Write	This type of data can be alterable by an application program.







## ◇ MODBUS CLIENT

- ◇ Permette all' applicazione utente di controllare dispositivi remoti
- ◇ Costruisce il messaggio di richiesta
- ◇ Gestisce le transazioni fino alla conferma

## ◇ MODBUS SERVER

- ◇ Attiva una serie di azioni locali in base alla richiesta ricevuta
- ◇ Ascolto della porta 502 TCP
- ◇ Costruzione della risposta

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**

PROFIBUS & PROFINET Day –Brugnera PN 14 Giugno 2017

