



## ETHERNET INDUSTRIALE

# CARATTERISTICHE ETHERNET STANDARD

# VANTAGGI NELL' USO DI ETHERNET TCP/IP

- ◇ Tecnologia universalmente accettata
- ◇ Grande mercato → costi bassi
- ◇ Affidabilità lungamente testata
- ◇ Grande velocità ( 10 o 100 Mbit/sec)
- ◇ Innovazione: gigabit Ethernet

# VANTAGGI NELL' USO DI ETHERNET TCP/IP

- ◇ Grande familiarità con questo tipo di tecnologia
- ◇ Interoperabilità e standardizzazione
- ◇ Uniformità della rete aziendale ad ogni livello
- ◇ Facile implementare applicazioni "Web Enabled"

# SVANTAGGI NELL' USO DI ETHERNET

- ◇ Non è pratico da implementare nelle strutture di basso livello (ad es: sensori)
- ◇ Implementazione completa dei livelli iso-osi , protocolli connessi , possibilità di gestione flusso e riscontri: è necessaria una tale complessità?
- ◇ Grande overhead e spreco di banda
- ◇ Non è deterministico: possibili collisioni e ritrasmissioni

# SVANTAGGI NELL' USO DI ETHERNET

- ◇ Una unica rete omogenea connessa alla rete mondiale: problemi di sicurezza
- ◇ Manca la gestione delle aree a sicurezza intrinseca
- ◇ L' alimentazione dei dispositivi avviene separatamente
- ◇ Al momento sono disponibili connettori standard che non incontrano necessariamente le necessità dell' industria

# SVANTAGGI NELL' USO DI ETHERNET

- ◇ Anche se gli standard sono definiti c'è grande confusione attorno a Ethernet
- ◇ I prodotti proprietari sono testati per durare infinitamente di più di qualsiasi dispositivo ethernet in commercio

# MODIFICHE A ETHERNET STANDARD

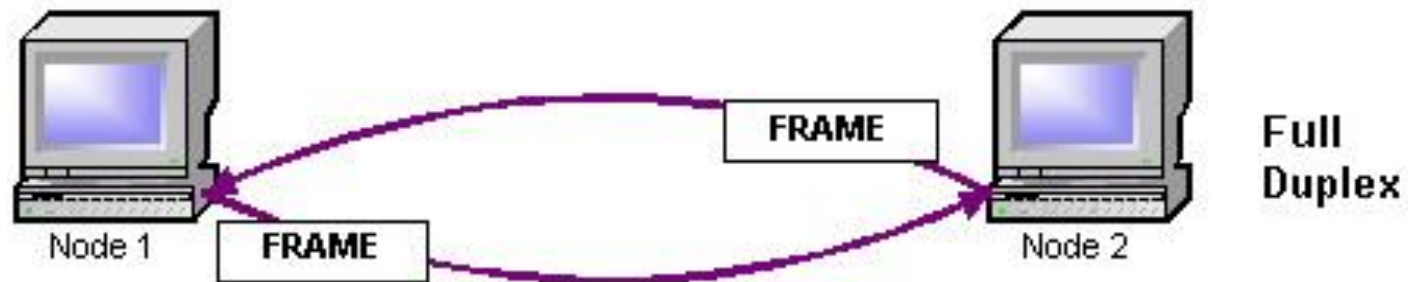


# MODIFICHE PER GARANTIRE DETERMINISMO

**HALF DUPLEX:** un nodo può o trasmettere o ricevere. I nodi su uno stesso segmento competono per l'accesso al bus e possono causare collisioni.

**FULL DUPLEX:** un nodo può contemporaneamente trasmettere e ricevere. Collegamento punto-punto. In teoria raddoppia la banda ma in pratica viene limitata dalla capacità interna di processare di ogni nodo. Limitazione: massimo 2 nodi per segmento (di nessuna utilità in ambito industriale)

# HALF DUPLEX E FULL DUPLEX

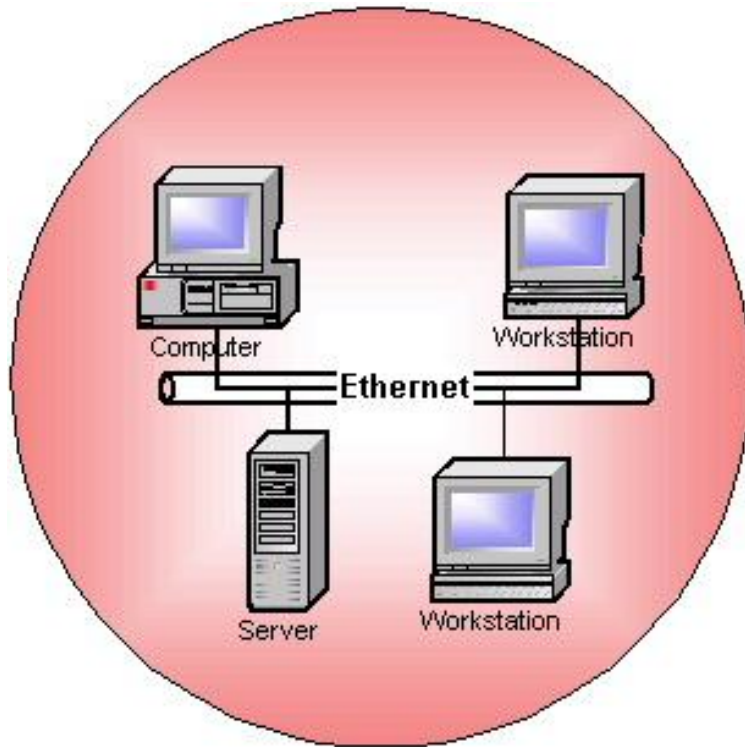


## MODIFICHE PER GARANTIRE DETERMINISMO

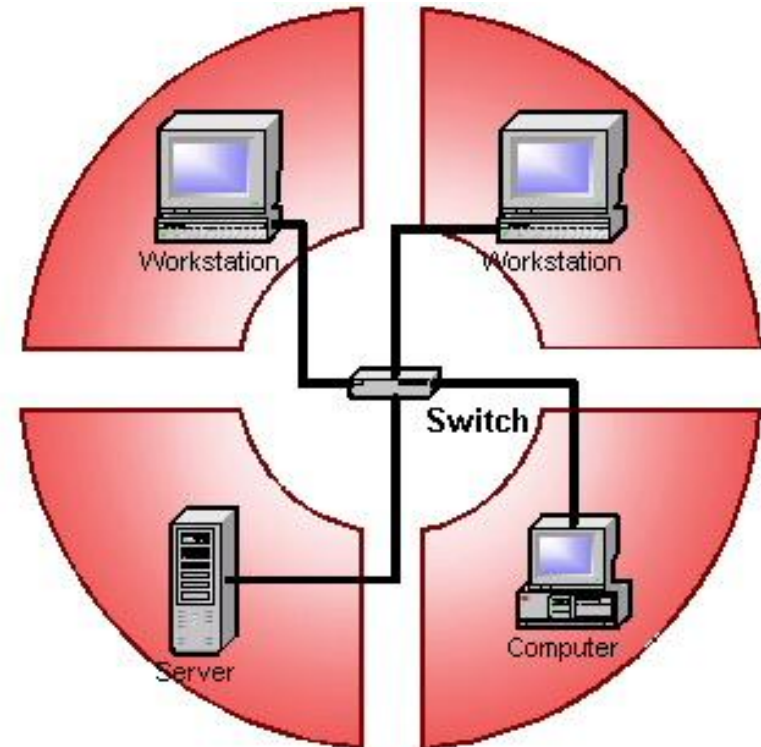
**SHARED ETHERNET:** i nodi competono per l'accesso al mezzo. Non adatto per le applicazioni real time

**SWITCHED ETHERNET:** la rete è segmentata in domini costituiti da un singolo nodo e da uno switch. Se Full duplex non è più possibile che avvengano collisioni. Inoltre uno switch può gestire code di priorità.

# SHARED E SWITCHED ETHERNET



**Shared Ethernet:** 1 collision domain for multiple nodes. The possibility of collisions. Non-deterministic



**Switched Full Duplex Ethernet:** 1 collision domain per node. Use of switch. No possibility of collisions. Deterministic.

# MODIFICHE PER GESTIRE PRIORITÀ

## STANDARD IEEE 802.1p

- ◇ QoS (quality of service) per il livello mac e definisce come gestire priorità, code.
- ◇ 3 bit Priority Field nel mac header per gestire 8 livelli di priorità.

Purtroppo non è implementato in ethernet

# STANDARD IEEE 802.1Q

- ◇ Supportate le Vlan(virtual lan), limitando domini broadcast e riducendo il traffico broadcast sull'intera rete.
- ◇ 4 byte tra il source address e il length/type field nell'header , con l'id della Vlan e la priorità.

## **Vantaggi:**

- ◇ standardizza la priorità in ethernet.

# STANDARD IEEE 802.1Q

## **Svantaggi:**

- ◇ costi hardware extra associati all' aumento di lunghezza del frame ethernet(1522 byte).
- ◇ Problemi di compatibilità con i legacy ethernet networks
- ◇ È una configurazione accettabile se la latenza del pacchetto nello switch si può predire e se un overload non compromette i processi hard real time

# IEEE 802.1Q

IEEE 802.3 Frame								
56 bits	8 bits	48 bits			48 bits	16 bits	368 to 12000 bits (46 to 1500 bytes)	32 bits
Preamble	SFD	Individual/ Group Address Bit	Globally/ Locally Administered Address Bit	Destination Address	Source Address	Length	LLC/Data	Frame Check Sequence

16 bits	3 bits	1	12 bits
VLAN Protocol ID 0x8100	Priority	CFI	VLAN Identifier



# UN' ALTERNATIVA

## Fieldbus proprietario con sopra tcp/udp/ip

- ◇ Tcp è fatto per applicazioni client/server non per applicazioni un\_producer/n\_consumers
- ◇ Serve una configurazione switched per il determinismo
- ◇ Servono strumenti di gestione se è usato traffico misto con altre applicazioni
- ◇ Problemi di ridondanza
- ◇ Problemi di sincronizzazione
- ◇ Non è una soluzione a buon mercato
- Prodotti ad hoc ( schede proprietarie)
- Serve abilità di gestione per il traffico hard real time

## Dov'è il guadagno?

# ALCUNE ALTERNATIVE DI IMPLEMENTAZIONE

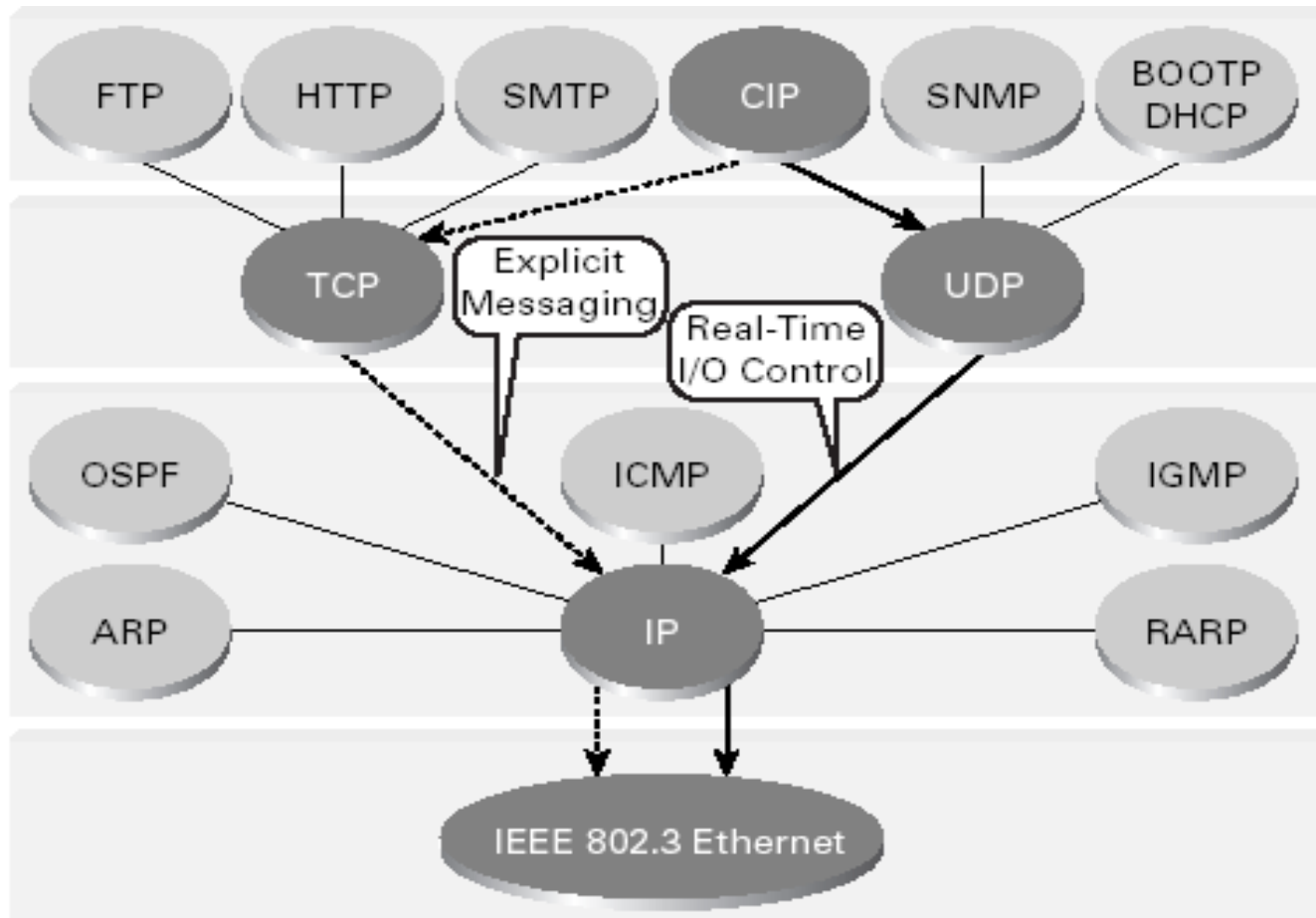
# ETHERNET/IP

- ◇ Usa tutti i protocolli classici di ethernet
- ◇ Lavora trasparentemente con tutti gli standard di ethernet
- ◇ È derivato da uno standard usato in devicenet e controlnet e molto diffuso
- ◇ Device organizzati in collezioni di oggetti: definisce accesso, comportamento e estensioni dei dispositivi
- ◇ Device diversi possono essere acceduti con un meccanismo comune
- ◇ Più di 300 venditori

# ETHERNET/IP

- ◇ CIP(control information protocol): modello a oggetti mappato con tcp/udp/ip, incorpora le seguenti gerarchie di messaggi:
  - I/O base: scambiare dati con racks di i/o , gestito tramite udp con modello client/server
  - Upload/Download di parametri e programmi : messaggi sporadici "espliciti" , usa tcp
  - Polled , ciclic , event-driven data
  - 1-to-1 1-to-n , broadcast: tcp è intrinsecamente 1 a 1 . Usa udp quando molti device devono essere aggiornati in breve tempo , perché permette messaggi simultanei a vari nodi

# ETHERNET/IP



# FOUNDATION FIELDBUS HSE: HIGH-SPEED-ETHERNET

- ◇ Basato sul fieldbus H1
- ◇ Caratteristiche fieldbus H1
  - 31,25 kbps su cavo standard
  - Vari formati di messaggio
  - Permette a un controllore di riconoscere un ricco insieme di configurazioni , parametri e descrizioni dei device collegati
  - Permette a un device di fornire parametri relativi a una stima dell' affidabilità dei dati
  - Scheduler per garantire la consegna dei messaggi e il determinismo. Ogni segmento ne ha uno

# FOUNDATION FIELDBUS HSE: HIGH-SPEED-ETHERNET

- ◇ HSE è come H1 ma invece di 31,25 kbps gira su tcp/ip a 100 Mbps
- ◇ Stessi servizi e stessa trasparenza degli oggetti di rete ma opera a più alto livello
- ◇ Focus sull' industria di processo
- ◇ Reti molto grandi
- ◇ Pacchetti grandi ma senza la necessità che viaggino molto velocemente
- ◇ Grande quantità di dati analogici
- ◇ H1 collega le isole locali e i trasduttori/attuatori
- ◇ HSE collega i controllori e trasmette info di più alto livello su lunga distanza

# IDA: INTERFACE FOR DISTRIBUTED AUTOMATION

- ◇ Modello di comunicazione a oggetti
- ◇ Gerarchie di oggetti accessibili tramite le IDA-API
- ◇ Basato su ethernet tcp/udp/ip e gli altri classici protocolli di livello superiore
- ◇ Comunicazione RT e non-RT
- ◇ Traffico RT col protocollo RTPS(real time publish/subscribe)basato su udp



# IDA: INTERFACE FOR DISTRIBUTED AUTOMATION

- ◇ Il traffico Rt ha priorità maggiore
- ◇ Vari metodi di comunicazione:
  - Preconfigurato o dinamico
  - Ciclico o on demand
  - Best effort o affidabile
  - Point-to-point o group-oriented

Tipi di servizi:

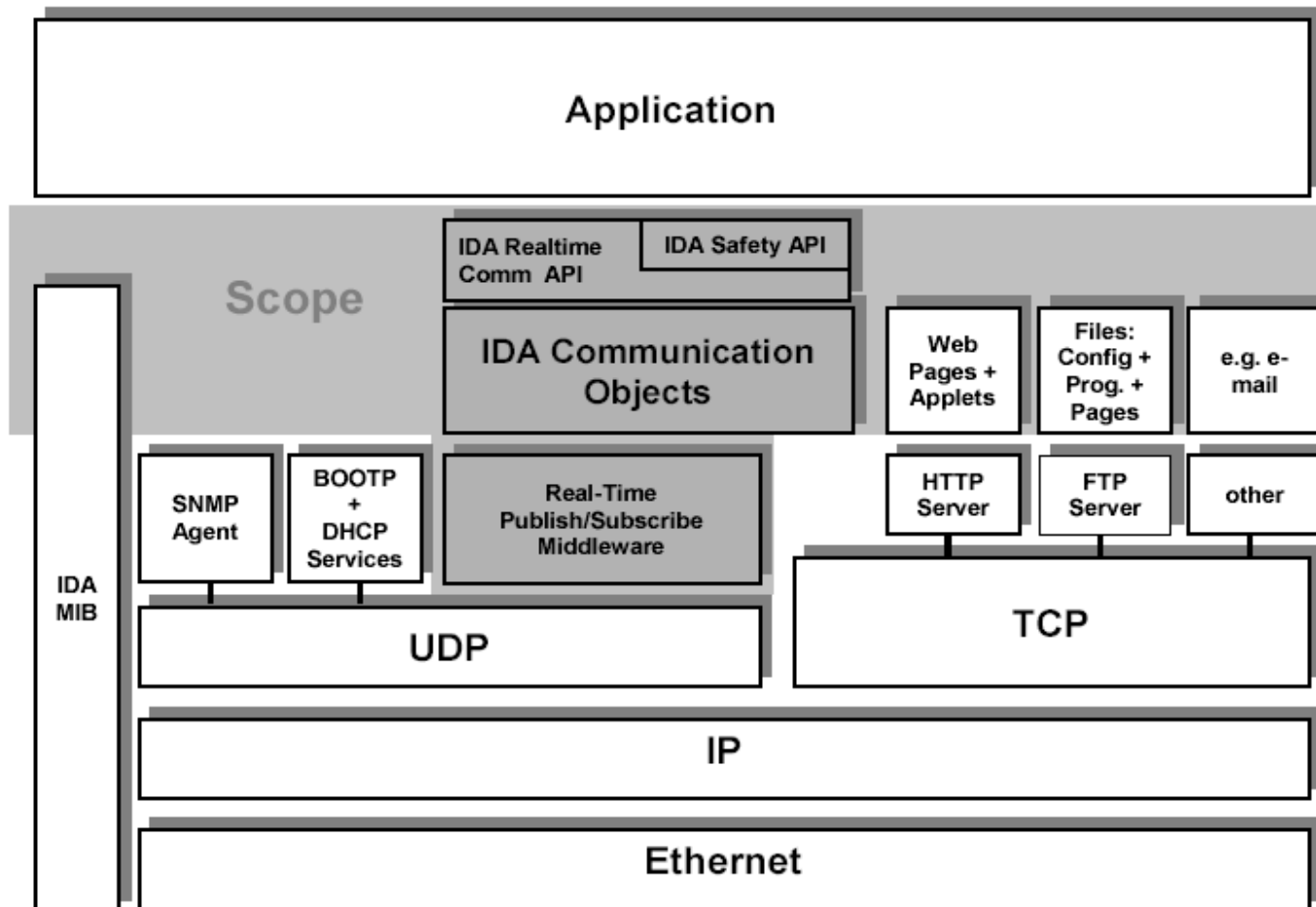
- Data distribution services
- Event notification services
- Remote method invocation

# IDA: INTERFACE FOR DISTRIBUTED AUTOMATION

IDA communication messagement objects:

- ◇ Stabiliscono connessioni dinamiche durante il runtime
- ◇ Valutano cammini di accesso e li risolvono con riferimento ai metodi IDA per gli oggetti
- ◇ Istanzano thread di esecuzione e controllo di accesso
- ◇ Sono divisi in IDA method clients e IDA method servers

# IDA: INTERFACE FOR DISTRIBUTED AUTOMATION



# INTEROPERABILITÀ

- ◇ Le varie soluzioni spesso non comunicano tra loro
- ◇ Tutti però usano i layer 1-4 iso-osi
- ◇ Possono tutti coesistere sullo stesso cavo contemporaneamente
- ◇ Nulla vieta ai venditori di produrre dispositivi che supportino più standard
- ◇ Uno stesso device può usare più protocolli
- ◇ Nel prossimo futuro gli oggetti che definiscono le relazioni tra protocolli saranno adottate dalle organizzazioni di standardizzazione

# SAFETYNET P

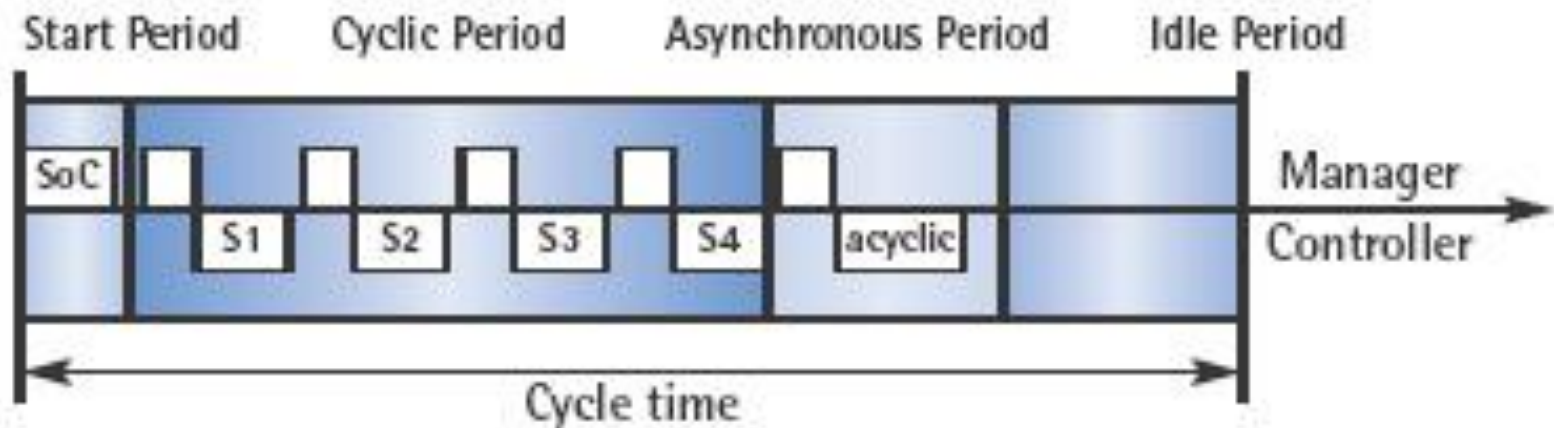
OSI	Layer	Data Size	Connection Devices	Web	Filetransfer	Email	Precision time protocol	Name server	SafetyNET P RTFN	SafetyNET P RTFL
7	Application	Data	Proxy	HTTP	FTP	SMTP	PTP	DNS	RTFN	RTFL
6	Presentation									
5	Session									
4	Transport	Segment Datagram	Router	TCP		UDP		RTFN	RTFL	
3	Network	Paket		IP						
2	<b>Ethernet</b> Data Link	Frame	Switch Bridge	MAC						
1	Physical	Bit	Hub Repeater	PHY						

# SAFETYNET P FEATURES

- ◇ Each Ethernet device, such as a PC, camera, printer,... ,can be connected to a SafetyNET p network.
- ◇ All Ethernet utilities based on the IP protocol can be used, for example E-Mail, Internet, file transfer or streaming.
- ◇ The basic topology in RTFL is a linear structure. This means that existing evolved structures within industry can continue to be used.
- ◇ Branches can be created through the use of switches, enabling the formation of tree or star structures.
- ◇ **Real-time communication with scan times of up to 62.5  $\mu$ s in RTFL and up to 1 ms in RTFN.**
- ◇ **The security protocol is integrated right from the start.**
- ◇ **The publisher/subscriber principle enables direct communication from subscriber to subscriber, without the need for a centralised PLC.**
- ◇ The network structure is identified during operation. This enables mobile devices to be connected and varying configurations, as required for tool change.
- ◇ Existing fieldbus installations can be incorporated by using proxies.
- ◇ SafetyBUS p networks can be incorporated by using proxies.
- ◇ Devices with real-time capability can be incorporated by using special SafetyNET p RTFL protocol chips.
- ◇ Applications with scan times  $> 1$  ms can communicate with standard Ethernet interfaces via SafetyNET p RTFN.
- ◇ The security protocol is incorporated as a software driver.

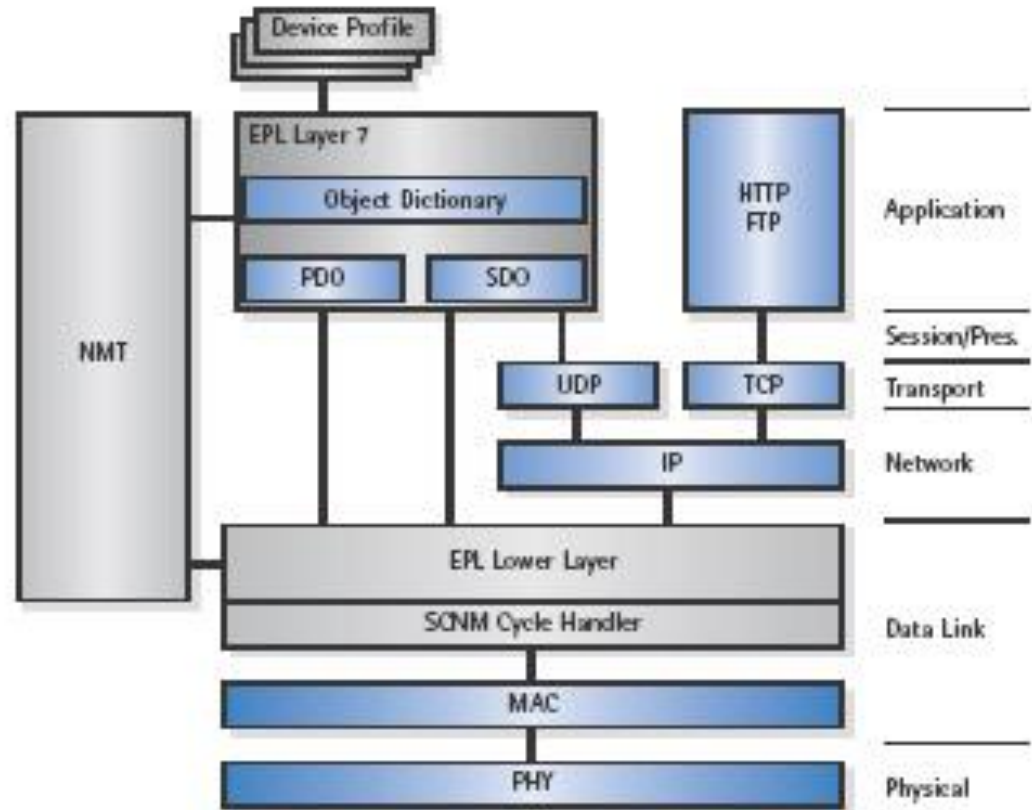
# ETHERNET POWERLINK

- ◇ **Start Period:** Here the manager transmits a "Start of Cyclic" frame (SoC) as a broadcast message to all controllers. All devices in the EPL network synchronize on the SoC.
- ◇ **Cyclic Period:** Cyclic isochronous data exchange takes place in this time period. According to a preset (configurable) schedule, the manager transmits a "Poll Request" frame (PReq) sequentially to each controller. The addressed controller responds with a "Poll Response" frame (PRes). All nodes interested in these data can receive them, whereby a real producer/consumer communication between the stations is achieved similar to CAN.
- ◇ **Asynchronous Period:** This time interval is available for the asynchronous, non time-critical data exchange. For example, a controller is granted the right to transmit by the manager and it can then transmit an IP-Frame.
- ◇ **Idle Period:** Unused period until the new EPL cycle begins.



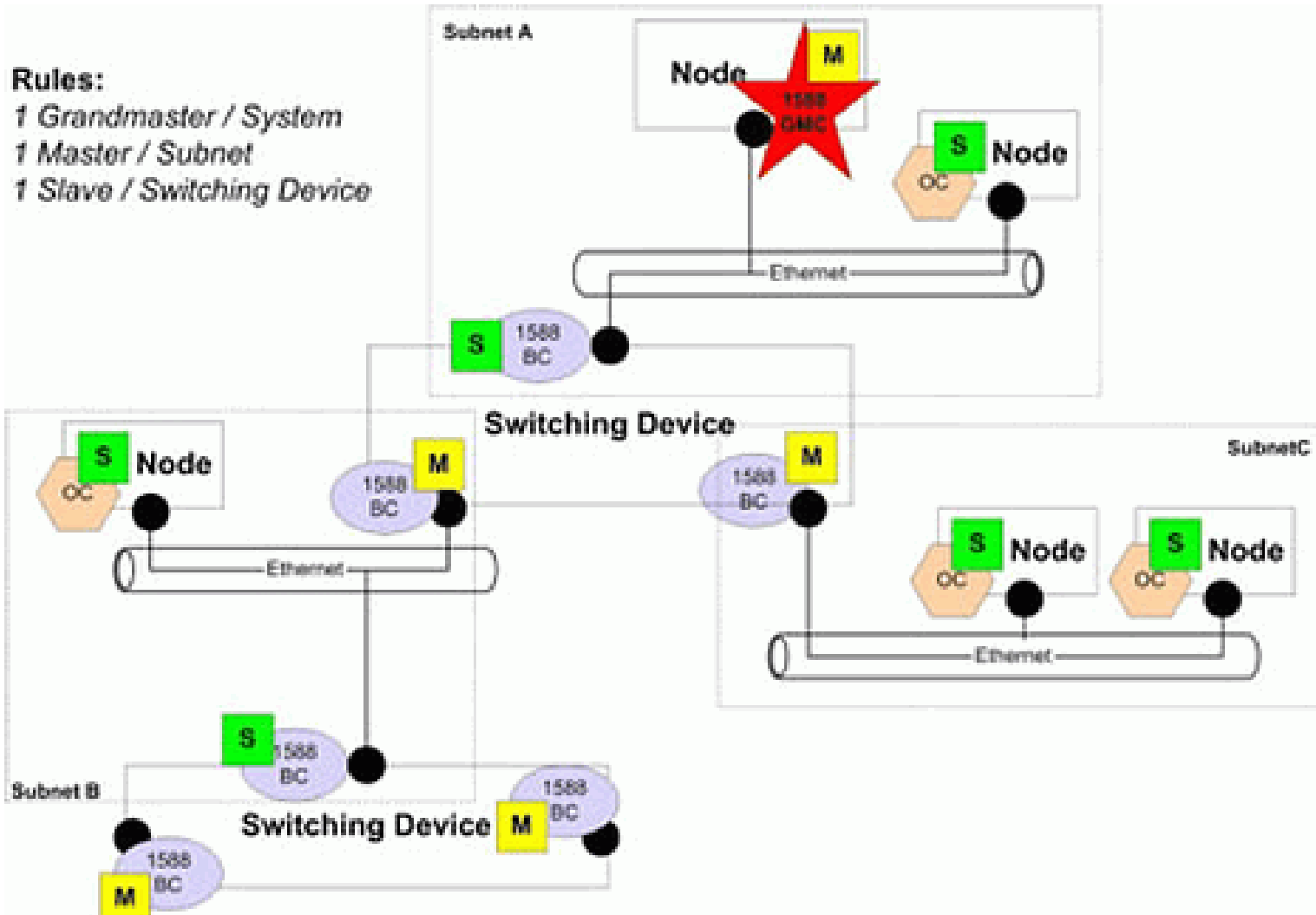
# ETHERNET POWERLINK

- ◇ The application interface of ETHERNET Powerlink V2 is based on the mechanisms defined in the CANopen communication profile DS301 of CAN in Automation (or EN50325-4)
- ◇ This opens up a wide range of readily available and usable device and application profiles for ETHERNET Powerlink, enables continuity of communication services between CANopen and EPL systems and facilitates migration from CANopen to ETHERNET Powerlink at software level.





# IEEE 1588

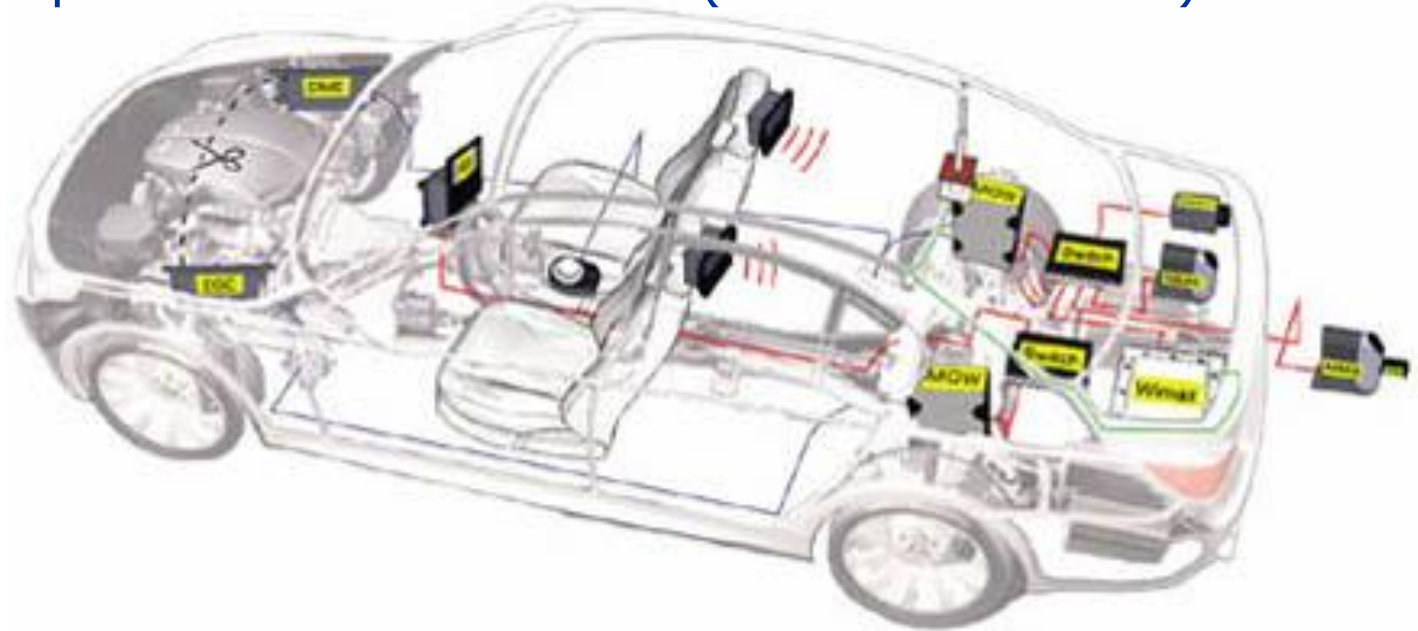


# IEEE 1588

- ◇ IEEE 1588 specifies "A protocol to synchronise independent clocks running on separate nodes of a distributed measurement or control system to a high accuracy and precision." IEEE 1588 is, or will be, incorporated into **EtherNet/IP, ETHERNET Powerlink, EtherCAT** and **PROFINet** - making it a popular standard for delivering RT over Ethernet
- ◇ In IEEE 1588, all network nodes down to the transducer level contain an IEEE 1588 clock, synchronised with all network peers (see Figure 3) using Precision Time Protocol (PTP). At device level, sensors can timestamp their data locally and actuators can operate at a precise time, avoiding stack and application delays between transducer and controller. The accuracy of the system depends on the synchronisation of local RT clocks.

# ETHERNET IN AUTOMOBILE

- ◇ **BMW** has started testing an IP solution for its cars that uses **standard ethernet** to connect car components to the central computer. The testbed could potentially lower costs: if not due to the physical component cost, then as a result of the IPv6 protocol's future-proof design. BMW even feels satisfied that the IP network can cope with safety features, which may be undermined somewhat by the inevitable attempts at high-speed LAN parties in the back seat (3 dicembre 2007)



# APPLICAZIONI WEB ENABLED E PROBLEMI DI SECURITY

# APPLICAZIONI WEB ENABLED

- ◇ IDEA: usare il protocollo http per interfacciare
  - Man-machine-interfaces locali e remote
  - Sistemi scada
  - Prodotti di terze parti
  - Database
  - Manutenzione remota
  - Interfacce per calibrazioni , parametri , controllo di qualità

# APPLICAZIONI WEB ENABLED

- ◇ Grosso potenziale di taglio dei costi e del time-to-market
- ◇ Approccio classico: sistemi e protocolli ad hoc → sistema complesso e costoso
- ◇ Esistono varie soluzioni ma sono basate su legacy software vecchio anche 10 anni
- ◇ Spesso sono state fatte aggiunte negli anni rendendo quasi incomprensibili le architetture software
- ◇ Alternativa: web-servers embedded
- ◇ Integrazione a tutti i livelli → riduzione dei costi

# PROGETTO DI UN WEB-SERVER EMBEDDED

- ◇ Utilizzo di blocchi embedded già esistenti
- ◇ Architettura estesa con prodotti e circuiti specifici
- ◇ Basare il progetto su una famiglia di microcontrollori piuttosto che su una scheda singola
- ◇ Flessibilità e scalabilità

# VISUALIZZAZIONE

- ◇ Un web-server embedded può essere usato per una MMI su web browser remoto
- ◇ Problema: lo standard HTML non è adatto alle applicazioni di automazione:
  - No animazioni
  - Troppo complesso per l'uso ai livelli bassi
  - Il codice delle MMI potrebbe avere dimensione troppo elevata



# PROBLEMI DI SECURITY

- ◇ Come appaiono i sistemi embedded in internet senza danneggiare la security?
- ◇ Come possono gli operatori gestire gli embedded-web-server senza il know-how?
- ◇ Problemi di gestione dei diritti di accesso

# UN' IDEA PER LA GESTIONE DELL'ALIMENTAZIONE IN AREE PERICOLOSE

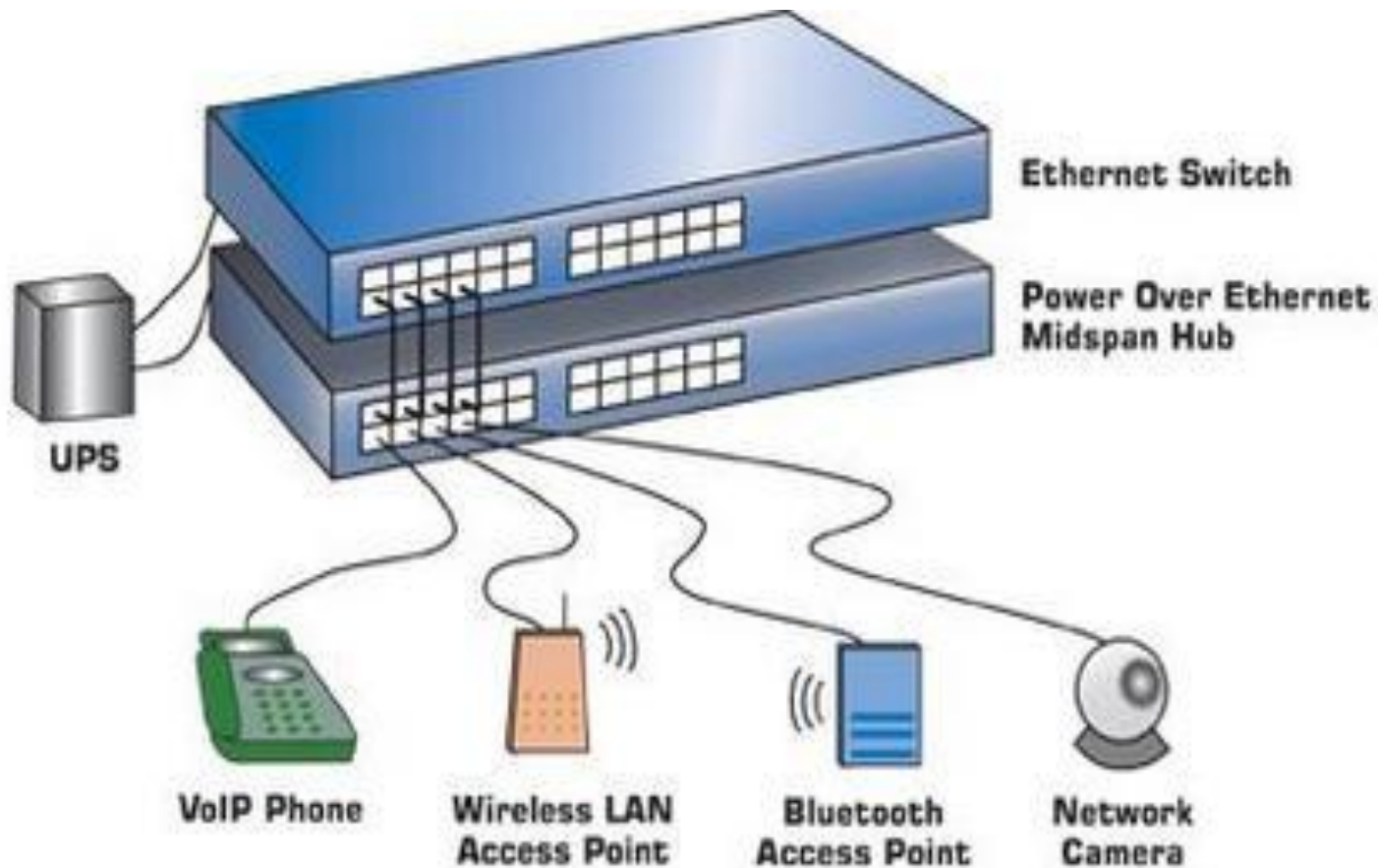
# POWER OVER ETHERNET

- ◇ Power Over Ethernet fa sì che dispositivi ethernet ricevano l'alimentazione oltre ai dati attraverso il cablaggio LAN esistente, senza modificare l'infrastruttura ethernet esistente
- ◇ Recentemente codificato nello standard IEEE802.3af

# VANTAGGI

- ◇ Riduzione del cablaggio
- ◇ Sicurezza migliorata perché non servono power supply nell' area a rischio
- ◇ Resistente ai power failure
- ◇ Possibile effettuare shutdown dei dispositivi in remoto

# POWER OVER ETHERNET : CONFIGURAZIONE TIPICA



# POWER OVER ETHERNET : CONFIGURAZIONE TIPICA

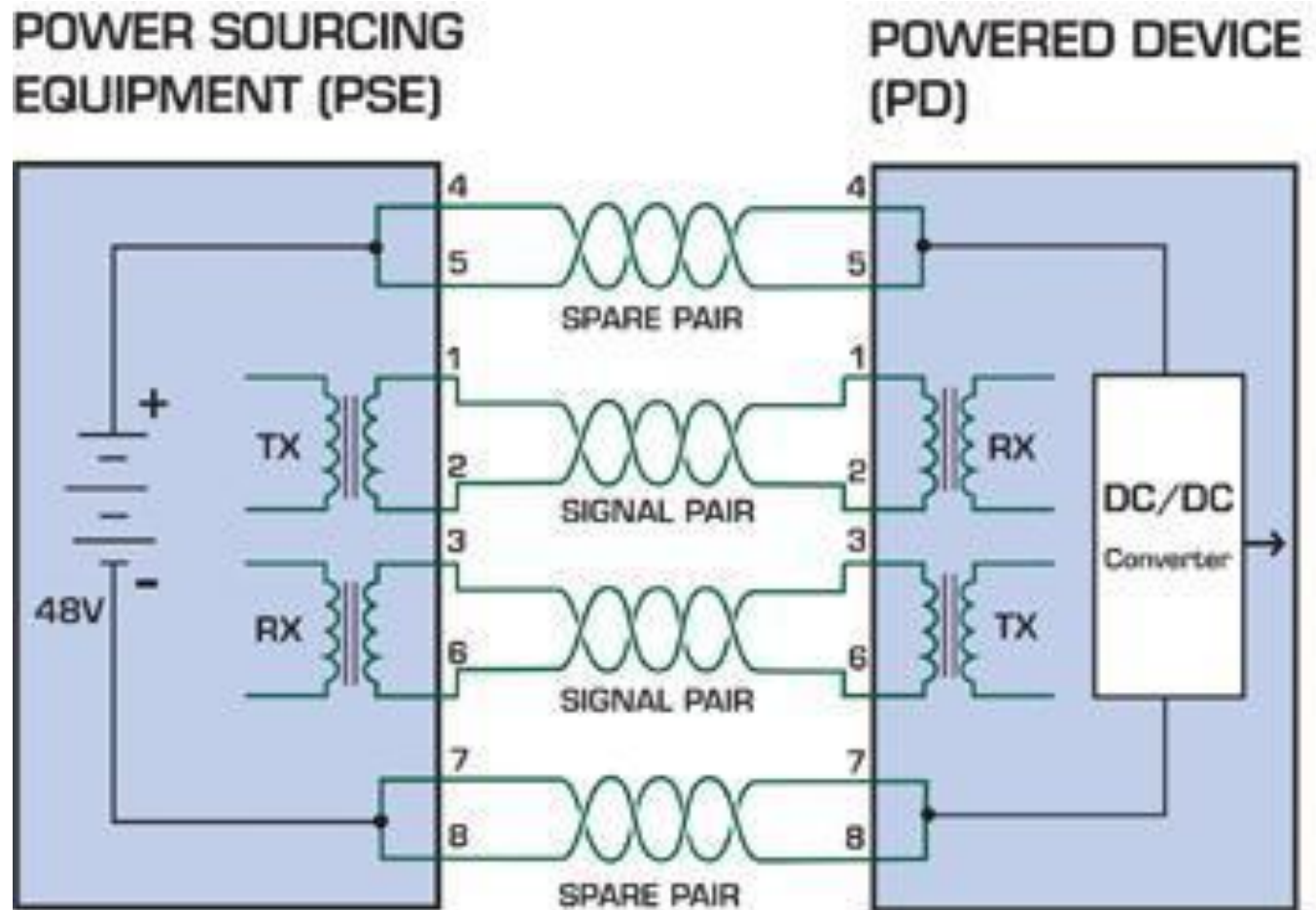
- ◇ Allo switch esistente si affianca un "midspan power source"
- ◇ Il midspan fornisce l'alimentazione ai dispositivi tramite gli stessi cavi incrociati usati per i dati
- ◇ Possibilità di avere un UPS (uninterruptable power supply) per avere maggiore robustezza in caso di power failure

# ALIMENTAZIONE

Alimentazione tramite spare pair:

Un normale cavo incrociato ha 4 coppie di cavi ma solo due coppie vengono usate per i dati . I pin 4-5 collegati tra loro formano il positive supply , i pin 7-8 formano il negative supply

# ALIMENTAZIONE





# CONCLUSIONI

Ethernet industriale è una tecnologia interessante  
ma ancora acerba

Per essere universalmente accettata , occorre  
risolvere le lacune nella security e nell' affidabilità  
dei dispositivi attualmente in commercio

# CONCLUSIONI

In un futuro non troppo prossimo è altamente probabile che il trend attuale cambi e che si passi all'impiego di questa tecnologia in maniera massiccia , anche in previsione dello sviluppo di ethernet a 10GB/sec

# RIFERIMENTI

- ◇ [www.ietf.org](http://www.ietf.org)
- ◇ [www.odva.org](http://www.odva.org)
- ◇ [www.fieldbus.com](http://www.fieldbus.com)
- ◇ [www.profibus.com](http://www.profibus.com)
- ◇ [www.industrialethernet.com](http://www.industrialethernet.com)
- ◇ [www.industrial-networking.com](http://www.industrial-networking.com)
- ◇ [www.vpi-initiative.com](http://www.vpi-initiative.com)
- ◇ [www.spidercontrol.net](http://www.spidercontrol.net)
- ◇ [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- ◇ [www.PowerOverEthernet.com](http://www.PowerOverEthernet.com)