



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

***L'integrazione di applicazioni di Motion Control e di
Sicurezza (Safety) su EtherNet/IP grazie a:
CIP MOTION e CIP SAFETY***

***Roberto Motta
Massimo Giardiello
Rockwell Automation***

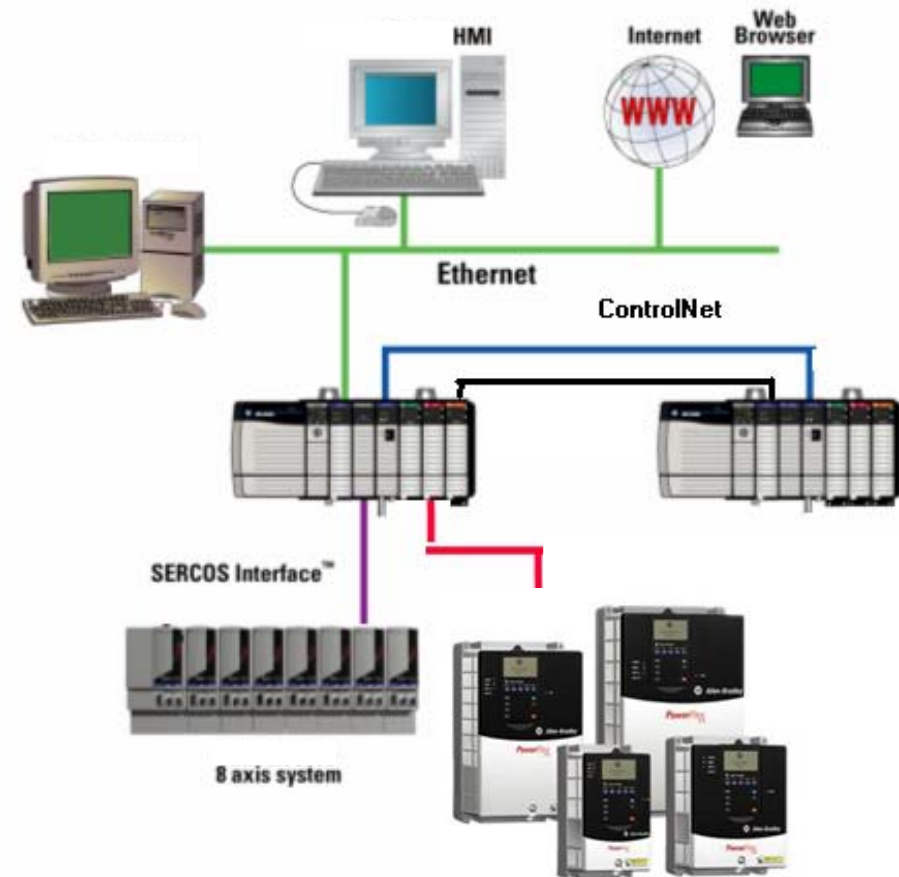
Gruppo Rilevamento Misura e Analisi e Gruppo PLC e I/O distribuiti

**ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA**



Reti di Comunicazione Motion Control Tradizionali

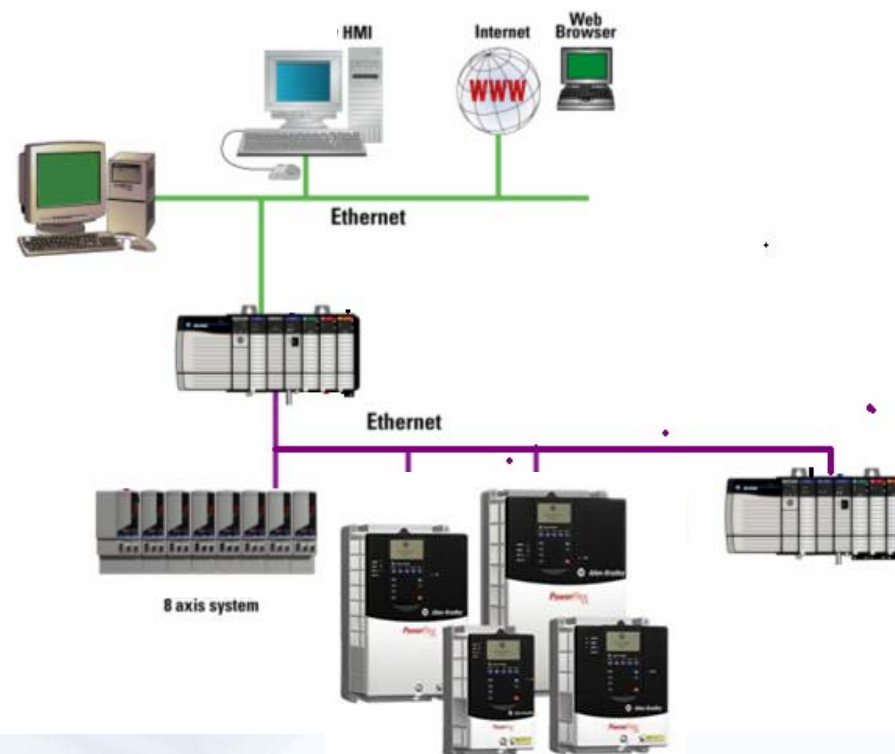
- Applicazioni Motion Control sono oggi supportate da reti dedicate o da specifici profili di protocollo
- I/O Control, HMI, PC, IT, e www richiedono reti separate
- Utilizzare reti separate aggiunge complessità nella configurazione e nella manutenzione dell'applicazione ...
 - ... riduce l'integrazione e le prestazioni del sistema di automazione
 - ... incrementa i costi
- Fra le soluzioni disponibili oggi sul mercato SERCOS è probabilmente la rete Motion più affermata



La soluzione con **Ethernet** ...

... ha il vantaggio di allinearsi al trend ormai consolidato nelle comunicazioni industriali di convergenza verso una sola rete di controllo: **Ethernet**

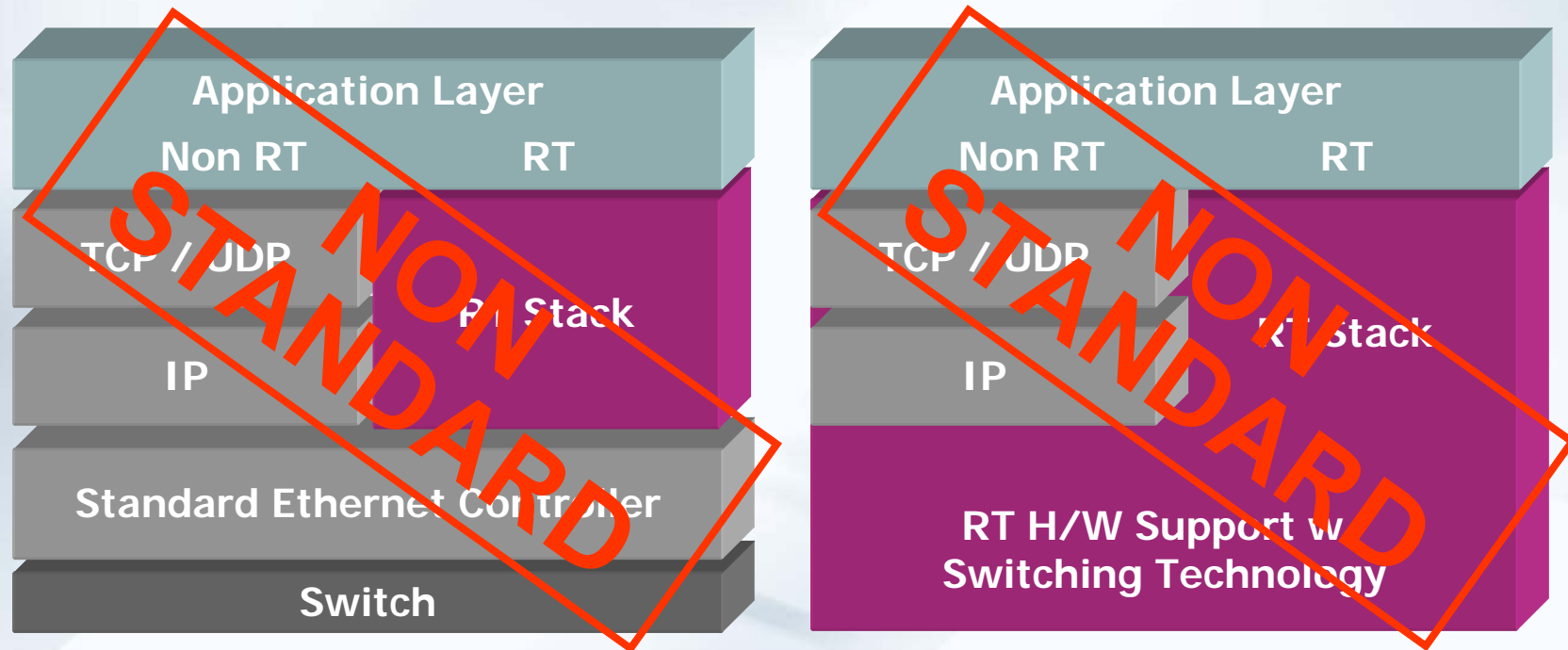
- Supporta Motion, I/O, ed HMI sulla stessa rete che può essere condivisa con IT e www
- Riduce la complessità ed incrementa integrazione e prestazioni del sistema con un impatto positivo sui costi
- Una ressa di nuove reti "**basate su Ethernet**" con capacità I/O Control e Motion si sta affacciando sul mercato



In un approccio “basato su Ethernet” ...

... partendo dall'assunto che Ethernet non è una rete deterministica sono state implementate SOLUZIONI PROPRIETARIE (p.e. Time Slot Schedule) per incrementare il determinismo e sincronizzare i dispositivi in rete

Il risultato è SEMPRE una soluzione “basata su Ethernet” che NON è Ethernet !!



Soluzioni “basate su Ethernet” ...

- Richiedono **tecnologie proprietarie** per switch e gateway
- Utilizzano **Chip proprietari** nei nodi
- **Compromettono l'interoperabilità** con altre applicazioni Ethernet
- Introducono la **schedulazione della rete** (Time Slot)
- Rendono **difficoltoso il cambiamento** in runtime del Time Slot
- **Limitano l'accesso** alla trasmissione di altri dispositivi Ethernet
- Utilizzano spesso meccanismi **non conformi alla IEEE 802.3**



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



... ma **Ethernet** è cambiato!

IERI

- 10 Mbps
- Half-Duplex
- Tecnologia Hub
- Possibilità di Collisioni
- Nessun criterio di priorità
- Assenza di servizi di sincronizzazione

OGGI

- **100 Mbps** "Fast Ethernet" → 1Gbps
- **Full-Duplex** = 200 Mbps
- Tecnologia **Switch**
- Annullamento delle Collisioni
- **IEEE 801.2q** (QoS) Frame Prioritization
- **IEEE-1588** Time Sync Service

... **Ethernet** è **OGGI** una tecnologia di comunicazione industriale, deterministica e adatta anche per applicazioni **Motion Control**



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE

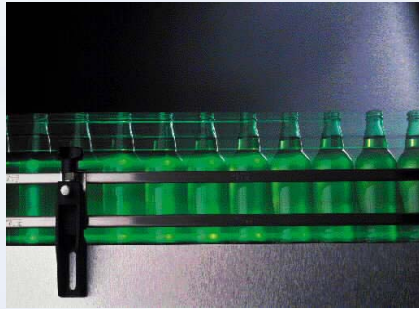
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



Verso CIP Motion

- Fino ad oggi le reti basate sul protocollo **CIP** (Common Industrial Protocol), anche EtherNet/IP, rispondevano ai requisiti di applicazioni Sequenziali, di Processo, e di Drive Control, ma NON di Motion Control
- **CIP Motion** è la naturale evoluzione, basata sugli standard IEEE emergenti, del popolare protocollo verso questa disciplina

EtherNet/IP
ControlNet
DeviceNet
per il
Controllo
Sequenziale



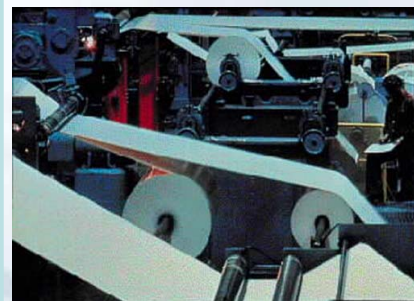
EtherNet/IP
ControlNet
DeviceNet
per il
Controllo di
Processo



IEEE 801.2q
IEEE-1588



EtherNet/IP
ControlNet
DeviceNet
per il Drive
Control



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

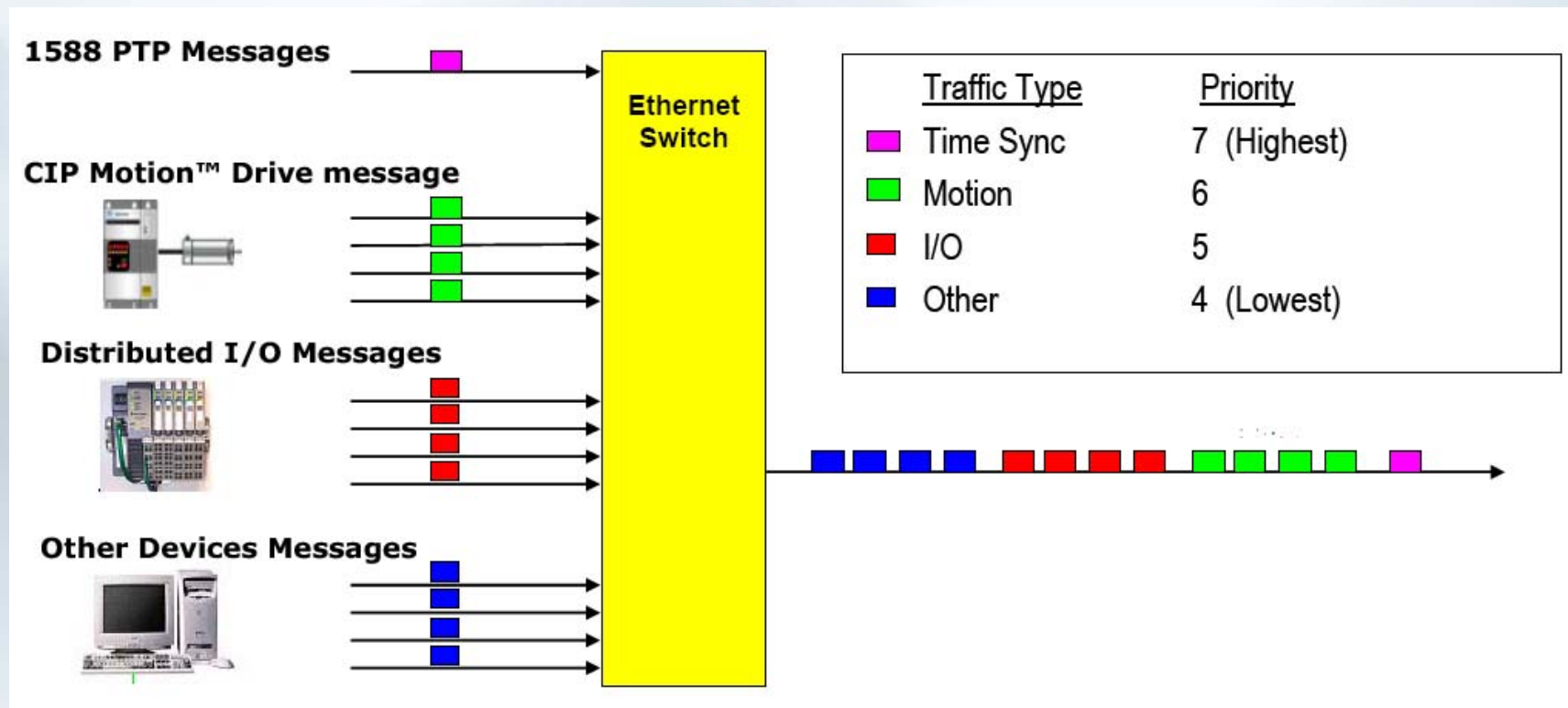
DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



Lo standard IEEE 801.2q ...

... ha definito un meccanismo di priorità dei messaggi che permette agli switch di discriminare quali informazioni debbano essere instradate per prime



Lo standard **IEEE 1588** (PTP - Precision Time Protocol) ...

- ... risolve il problema di come trasferire informazioni di moto ad intervalli di tempo prestabiliti, **con il minimo jitter possibile** in modo tale da mantenere strettamente in sincronismo encoder, controller e drive
- Lo standard IEEE 1588 ha definito un protocollo in grado di sincronizzare fra loro i clock interni di oggetti eterogenei dotati di precisione e risoluzione differenti, con una accuratezza $< 1\mu\text{s}$
 - Il clock di riferimento, a cui gli **slave clock** si adegueranno, viene generato da un **master clock**



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



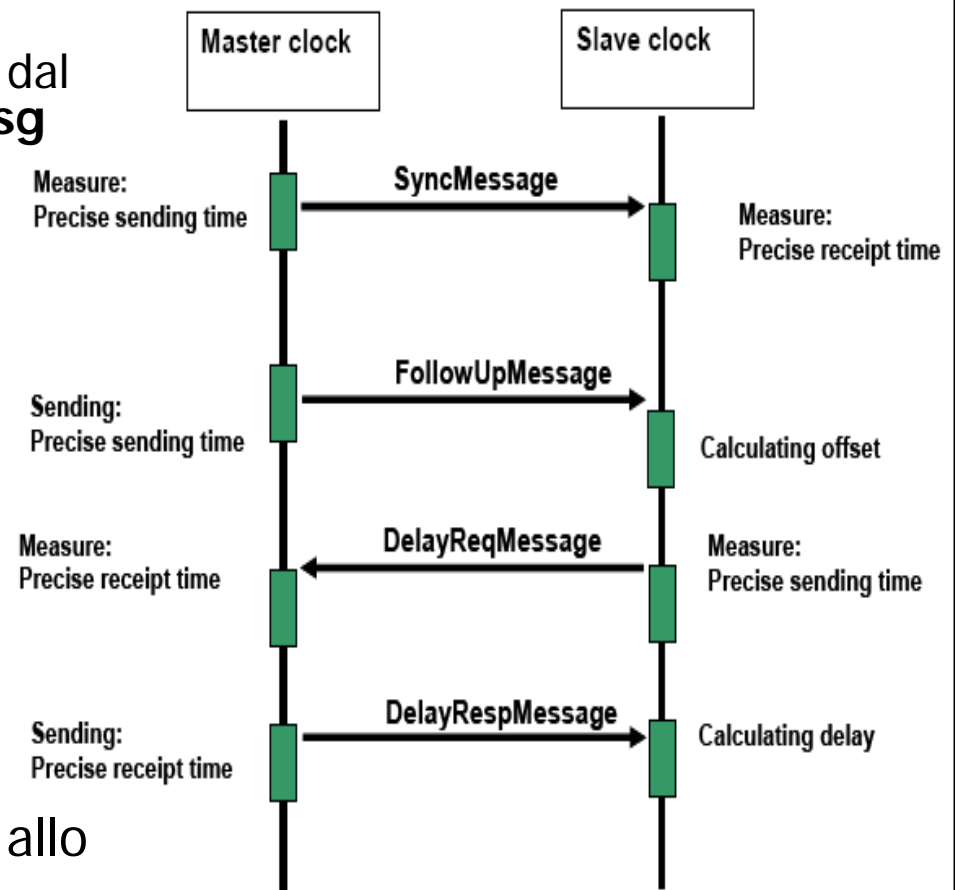
Come funziona il Precision Time Protocol?

- Un **sync_message** corredato del **time-stamp** dell'istante stimato di invio viene generato periodicamente da un master clock
- L'istante effettivo di invio viene spedito dal master in un successivo **follow_up_msg**
- Utilizzando questi due dati, uno slave clock calcola la deviazione del suo clock da quello del master

Questo calcolo è ancora affetto dal ritardo di trasmissione sulla rete

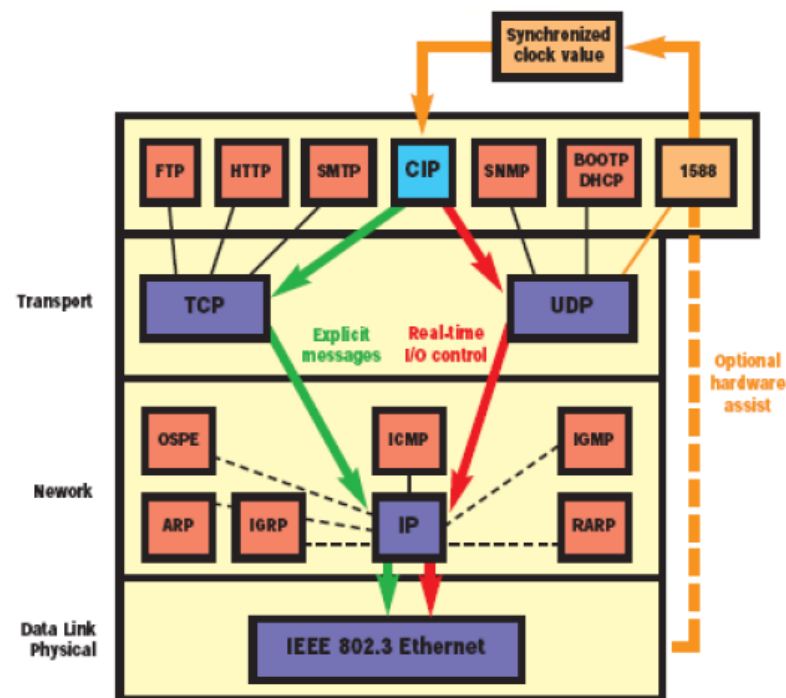
- Questo ritardo è determinato grazie ad un **delay_req_msg** che contiene il time-stamp di invio dello slave
- Il master ne registra l'istante di ricezione lo invia allo slave in un **delay_resp_msg**

A questo punto il ritardo effettivo di trasmissione sulla rete verrà sommato allo scostamento calcolato in precedenza.

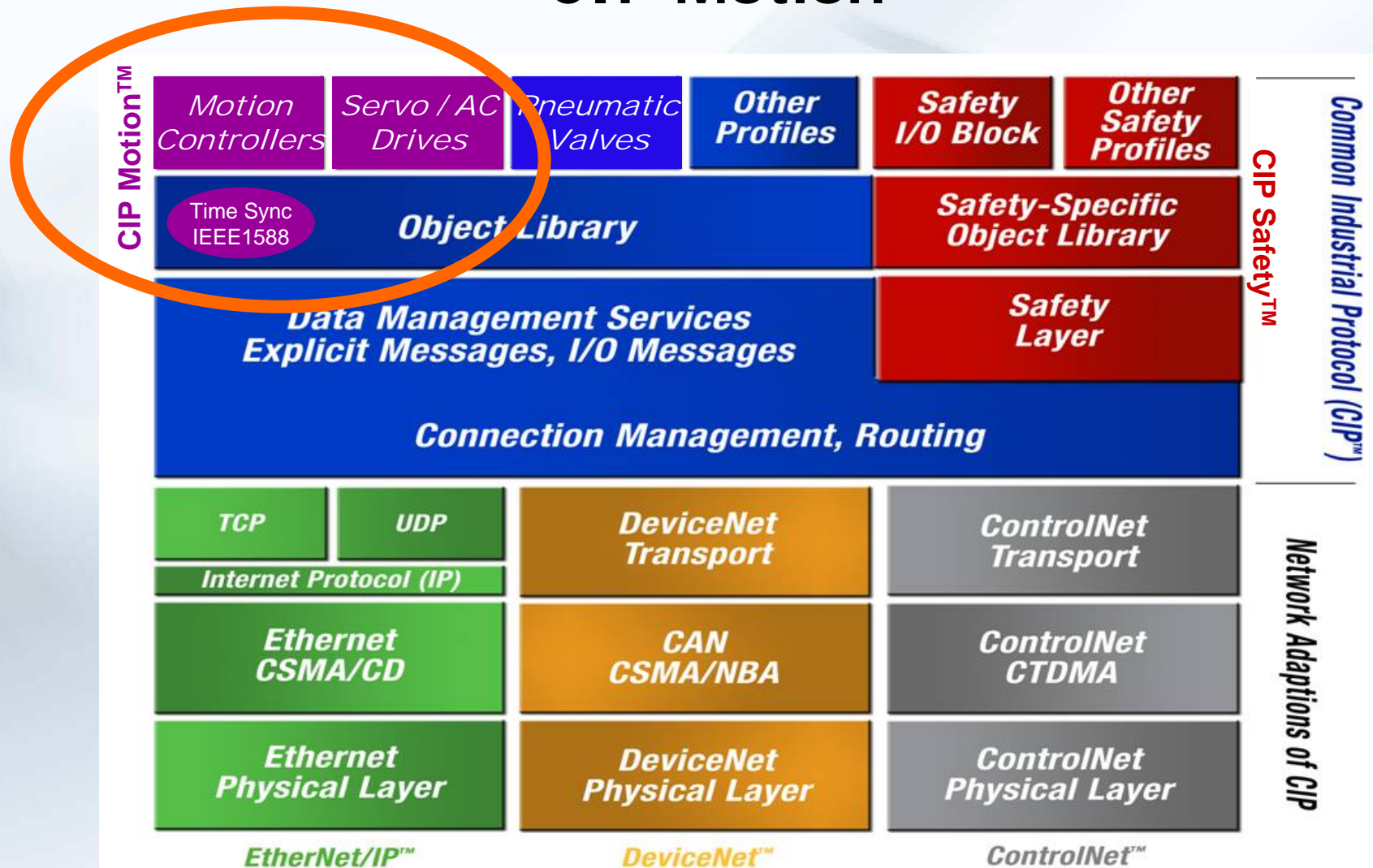


la generazione del **time-stamp** ...

... influisce in maniera significativa sull'accuratezza della sincronizzazione, la raccomandazione è di implementare questa funzione al livello (ISO/OSI) più vicino possibile a quello fisico, per evitare l'introduzione di ritardi dovuti al passaggio dell'informazione fra i vari livelli



CIP Motion



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE

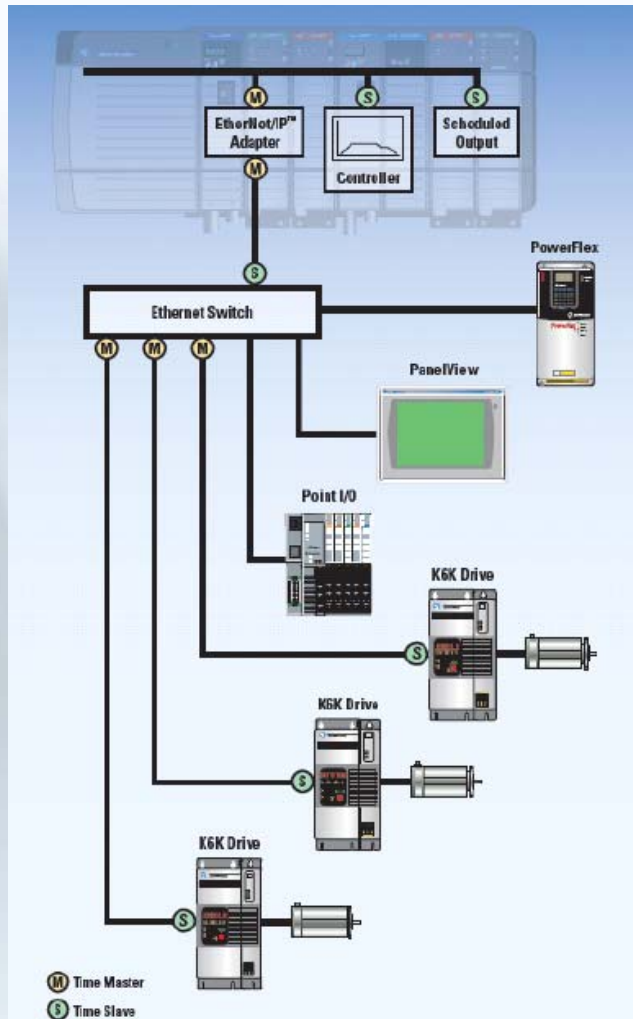


DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



La tecnologia CIP Motion



- In una qualunque applicazione Motion Control, il valore di conteggio di un encoder (posizione) viene comunicato al motion controller che calcola in funzione del tempo il comando di velocità e lo trasmette al driver
- Su EtherNet/IP con CIP Motion è il Precision Time Protocol (definito in IEEE 1588) che mantiene strettamente in sincronismo encoder, controller e drive
- Su EtherNet/IP il sistema può ammettere un jitter maggiore rispetto alle reti Motion tradizionali perchè i dati sono time-stamped con una risoluzione del clock < 200 ns

Vantaggi di **CIP Motion** ...

- Utilizza **componenti standard ethernet**
 - Riduce i costi totali del sistema grazie alla elevata diffusione commerciale
- NON richiede di schedulare la rete:
 - Semplifica la configurazione e lo start-up
- Non pone particolari restrizioni al collegamento di apparecchiatura **conformi ethernet IEEE 802.3**
- Ammette qualsiasi topologia di rete ethernet (stella, daisy chain, ecc ...)
- Condivide la rete con altre **applicazioni TCP/UDP/IP**
- È aperto all'evoluzione verso il **Giga-ethernet** e **10 Gbps**



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA





FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



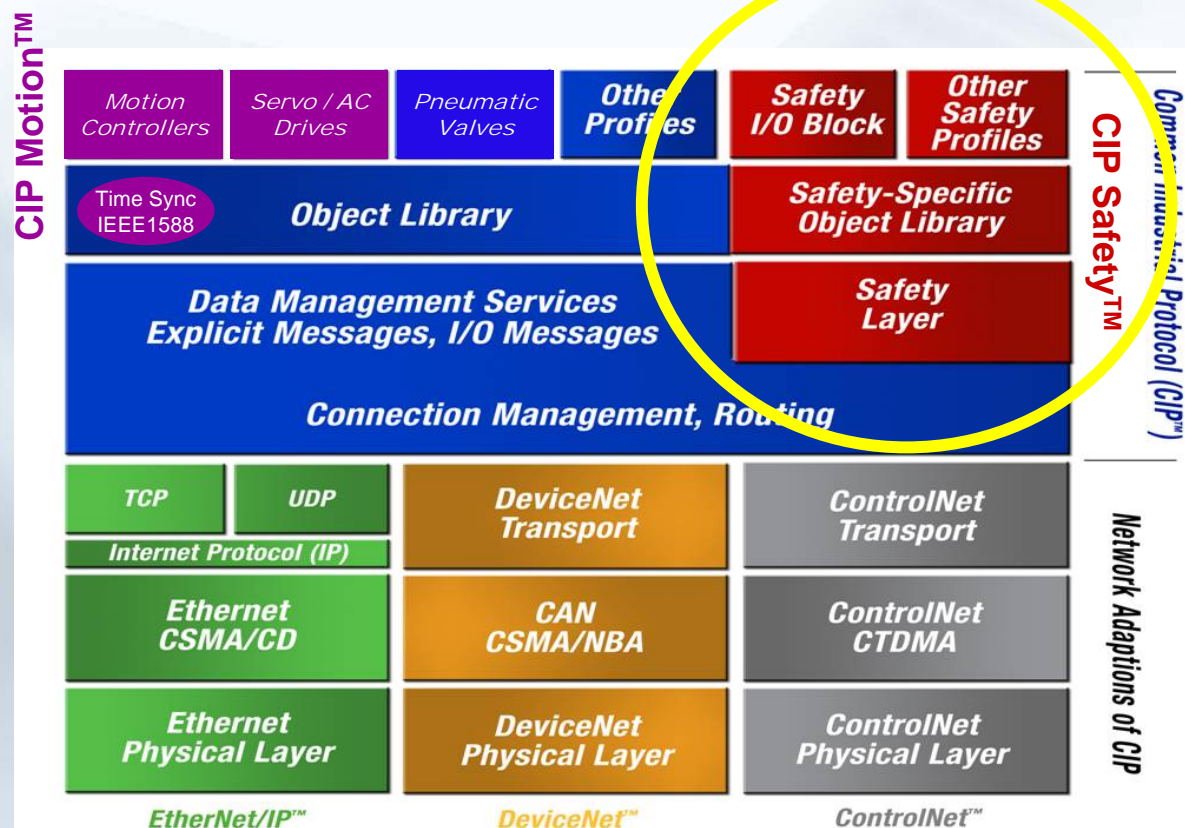
CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE



CIP Safety: Networking di Sicurezza per il Futuro

Che cosa è CIP Safety?



• CIP Standard

- Controllo di processo
- Configurazione di dispositivi
- Collezione di dati
- Protocollo:
 - Basato su Producer / Consumer
 - Indipendente dal Mezzo Fisico
 - Aperto (ODVA/CI)
- CIP Application Layer
 - Consistenza di servizi
 - Portabilità di servizi

• CIP Safety = CIP Standard + estensioni CIP Safety



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



CIP Safety

- Protocollo di Sicurezza indipendente dal Network
 - Common Industrial Protocol (CIP)
- Instradabile
 - Instradabile tra differenti tipi di rete
 - Dispositivi intermedi non richiedono la certificazione
- Supporta traffico misto su Ethernet non modificata
 - Controllo Safety & Standard
- Supporto di messaggi Unicast e Multicast
 - Minor traffico di comunicazione, minor utilizzo di larghezza di banda
- Standard Internazionali
 - Farà parte della prima release della IEC 61784 (Functional Safety Communications)
 - Costruito su reti standard internazionali basate su CIP



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE

ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



Misura della Rilevazione degli Errori

Le reti di Sicurezza (Safety) sono progettate non solo per tollerare errori entro limiti stabiliti ma anche per **rilevare quando limiti di errore specificati sono stati raggiunti da dispositivi transitioning ad un predefinito stato di sicurezza**

Measures

Errors		Time expectation via a timestamp	ID for send and receive	Safety CRC	Redundancy	Diverse Measures
	Message Repetition	X		X		
	Message Loss	X		X		
	Message Insertion	X	X	X		
	Incorrect Sequence	X		X		
	Message Corruption			X	X	
	Message Delay	X				
	Coupling of safety & safety data		X			
	Coupling of safety & standard data	X	X	X	X	X
	Increased age of data in bridge or router	X				



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



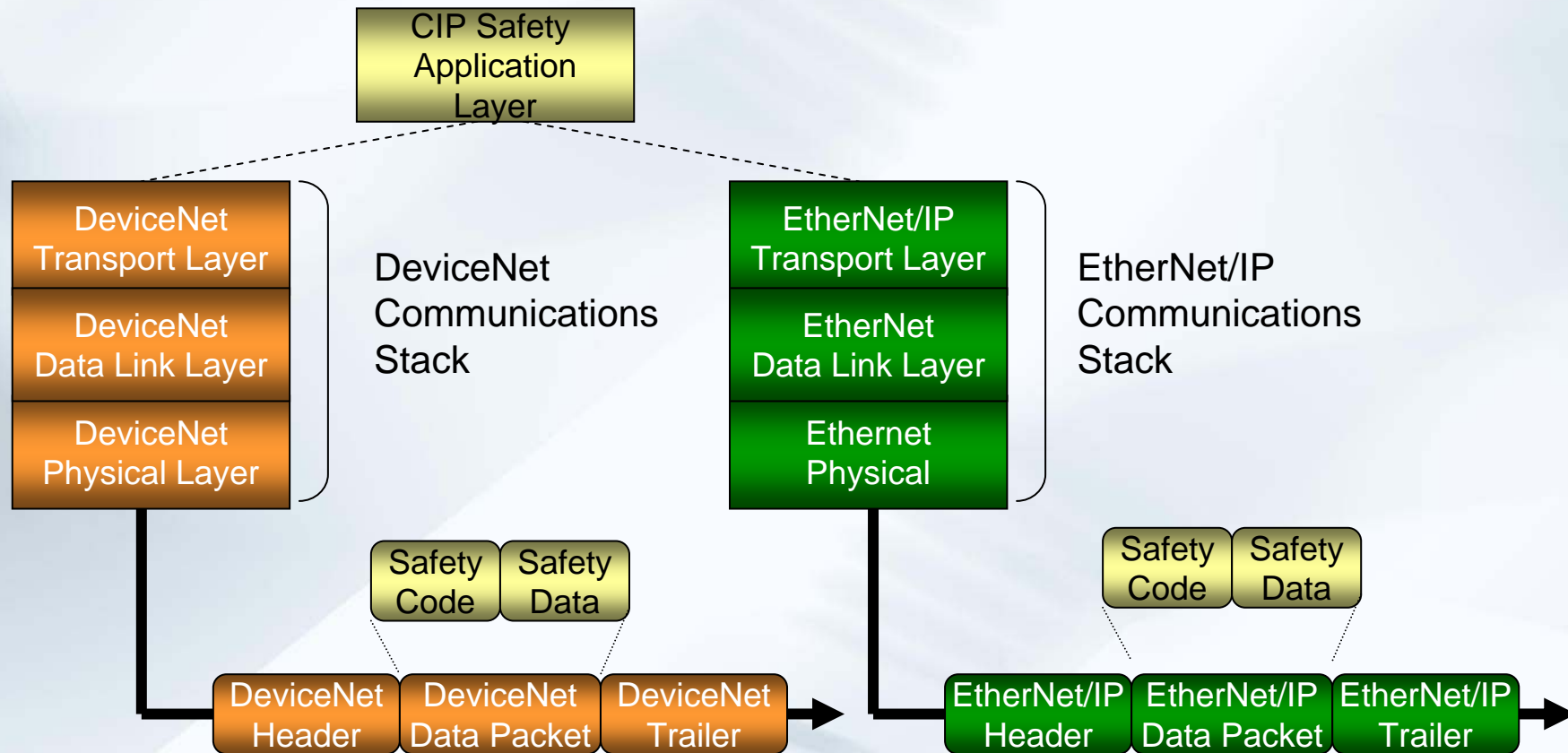
DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



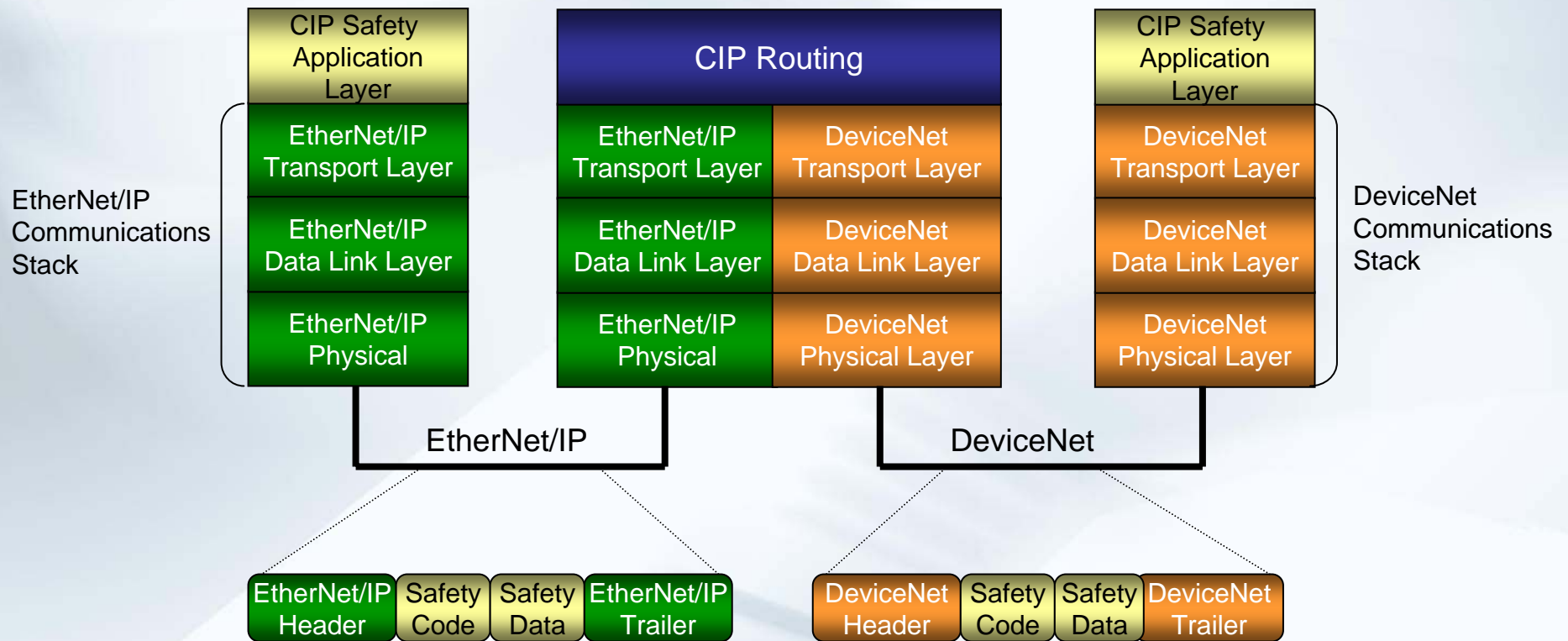
CIP Safety

- Protocollo indipendente dal Network



CIP Safety

- Bridging “senza cuciture”



Certificato da TÜV Rheinland

- CIP Safety su
 - EtherNet/IP
 - DeviceNet
- Certificato per
 - IEC-61508 (fino a SIL3)
 - EN954-1 (fino a Cat 4)
- Specifiche di CIP Safety su sito ODVA
 - sia per DeviceNet che per Ethernet/IP
 - www.odva.org
- Disponibilità del Conformance Test
 - CIP Safety su DeviceNet: Disponibile Ora
 - CIP Safety su EtherNet/IP: Disponibile a Maggio 2007



CONFINDUSTRIA



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

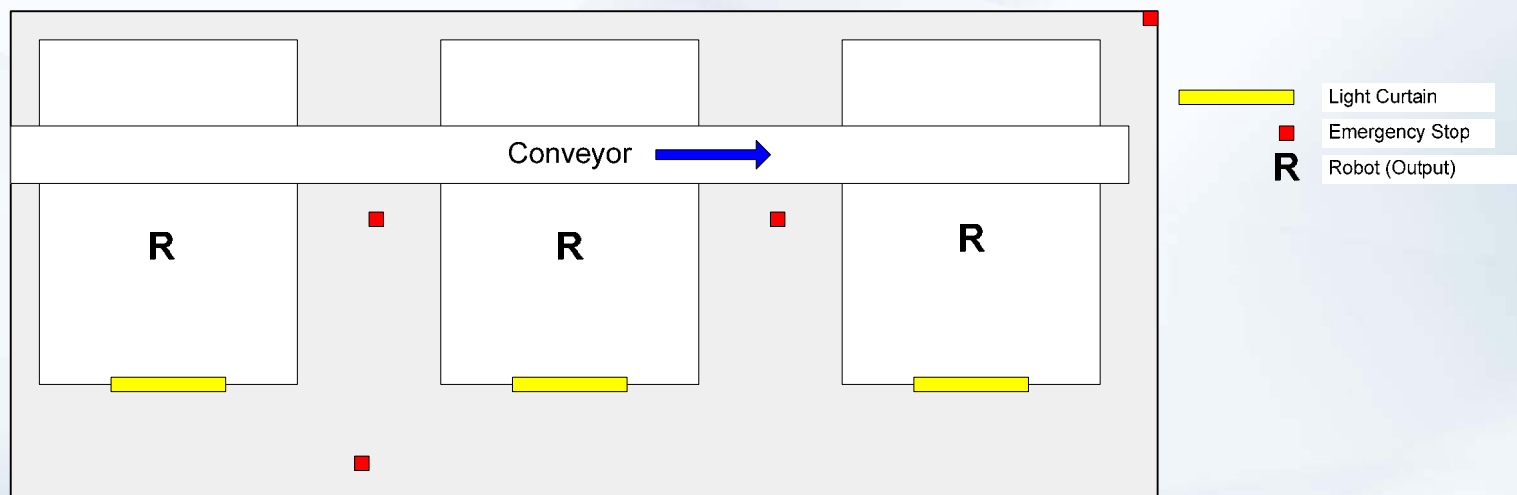
 TÜV Rheinland Group TÜV Rheinland Industrie Service GmbH Automation, Software und Informationstechnologie		Nr./No. 968/EL 373.00/06	
ZERTIFIKAT CERTIFICATE			
Prüfgegenstand Product tested	CIP Safety Network protocol and network specification	Zertifikatsinhaber Licence Holder	ODVA 1099 Highland Drive, Suite A USA-Ann Arbor, Michigan 48108 United States of America
Typbezeichnung Type designation	CIP Safety on DeviceNet and CIP Safety on EtherNet/IP	Verwendungszweck Intended application	Specification to build CIP Safety devices for DeviceNet and EtherNet/IP
Prüfgrundlagen Codes and standards forming the base of testing	IEC 61508 part 1 - 7:2000 EN 954-1:1998 GS-ET-26/05.02 "Principle rules for test and certification of bus systems for the transmission of safety relevant messages"		
Prüfungsergebnis Test results	The CIP Safety specification is in compliance with the requirements of the standards above up to and including SIL 3/Cat. 4 and enables vendors to build CIP Safety devices in compliance with these standards.		
Besondere Bedingungen Specific requirements	The design, development and suitability of devices for use in safety related applications has to be approved. The network conformance testing has to be performed for individual devices.		
Der Prüfbericht-Nr.: 968/EL 373.00/06 vom 2006-02-09 ist Bestandteil dieses Zertifikates. Dieses Zertifikat ist nur gültig für Erzeugnisse, die mit dem Prüfgegenstand übereinstimmen. Es wird ungültig bei jeglicher Änderung der Prüfgrundlagen für den angegebenen Verwendungszweck. The test report-no.: 968/EL 373.00/06 dated 2006-02-09 is an integral part of this certificate. This certificate is valid only for products which are identical with the product tested. It becomes invalid at any change of the codes and standards forming the basis of testing for the intended application.			
2006-02-09 Datum/Date		TÜV Rheinland Industrie Service GmbH Geschäftsfeld ASI Automation, Software und Informationstechnologie Am Grauen Stein, 51105 Köln Postfach 91 00 61, 51101 Köln Firmenstempel/Company seal	
		 Unterschrift/Signature	

ASSOAUTOMAZIONE

ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA

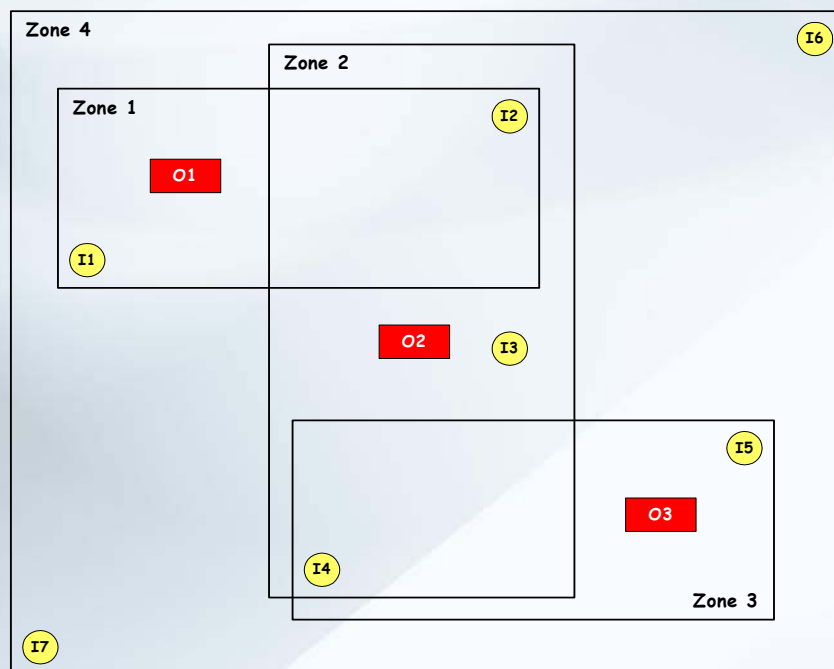


Esempio 1: Semplice Sistema con Zone. **Layout Fisico.**



- Un robot opera su tre celle. Lavora con prodotti che vengono movimentati su di un nastro tra le celle da sinistra verso destra
- Viene richiesto:
 - Il fermo in una cella deve causare l'immediato fermo delle altre
 - Tempo di risposta di 25ms all'interno di una cella
 - Tempo di risposta di 50ms da cella a cella

Semplice Sistema con Zone. **Vista Logica.**

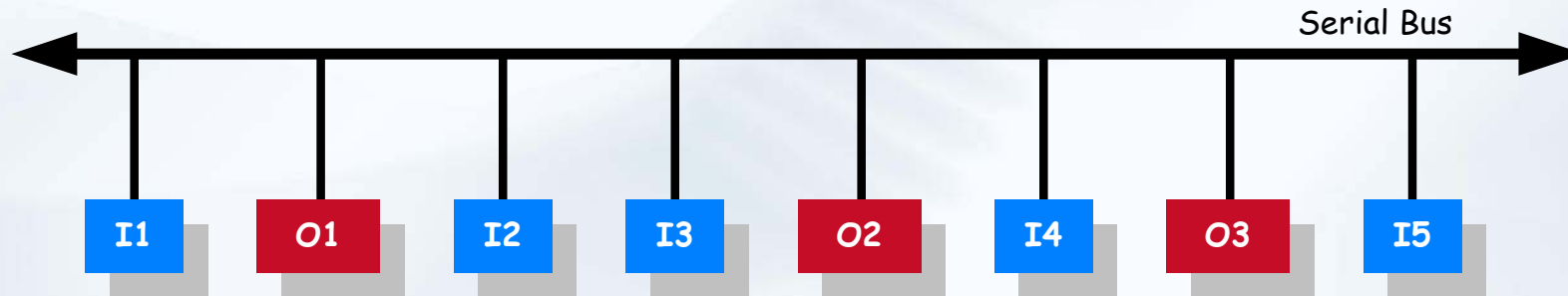


- 4 Zone di Sicurezza
- Sovrapposizione di Zona 1 e Zona 2
- Sovrapposizione di Zona 2 e Zona 3
- Relazioni:

- I1->O1
- I2->O1 O2
- I3->O2
- I4->O2 O3
- I5->O3
- I6->O1 O2 O3
- I7->O1 O2 O3
- O1->O2 O3
- O2->O1 O3
- O3->O1 O2

- Esempio: Se qualunque uscita viene disattivata, tutte le uscite verranno disattivate

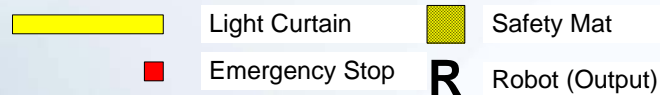
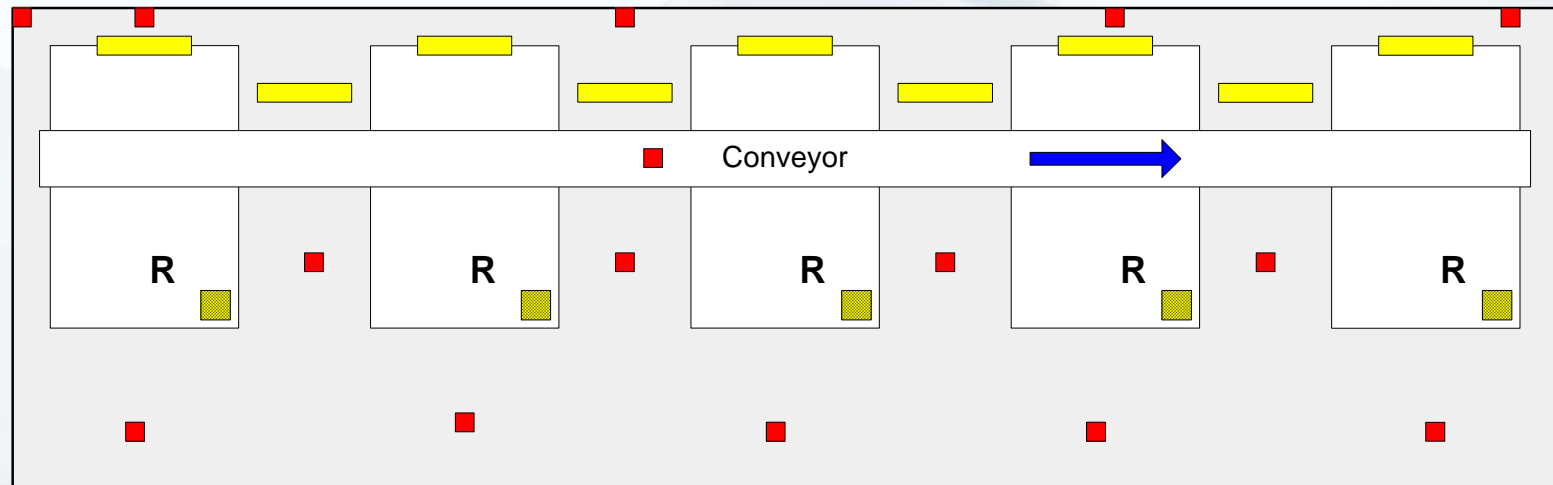
Semplice Sistema con Zone. Configurazione su Topologia a Bus Seriale



I Networked Input Devices
O Networked Output Devices

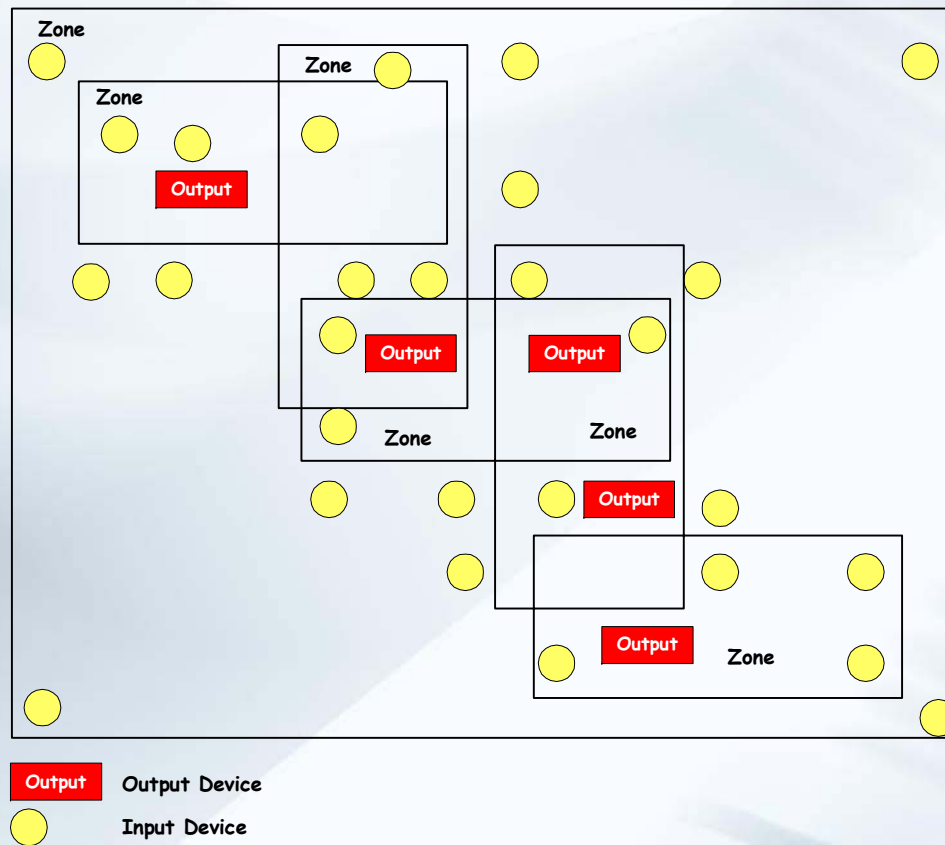
- Tutti i dispositivi stanno sul medesimo link
 - Trasmissione e ricezione sul medesimo bus
- Tempi di risposta eccezionali in funzione di:
 - Numero dei nodi
 - Frequenza di generazione dei pacchetti
 - Utilizzo di tecnologia producer/consumer come i dati multicast

Esempio 2. Sistema Complesso con Zone. **Layout Fisico.**



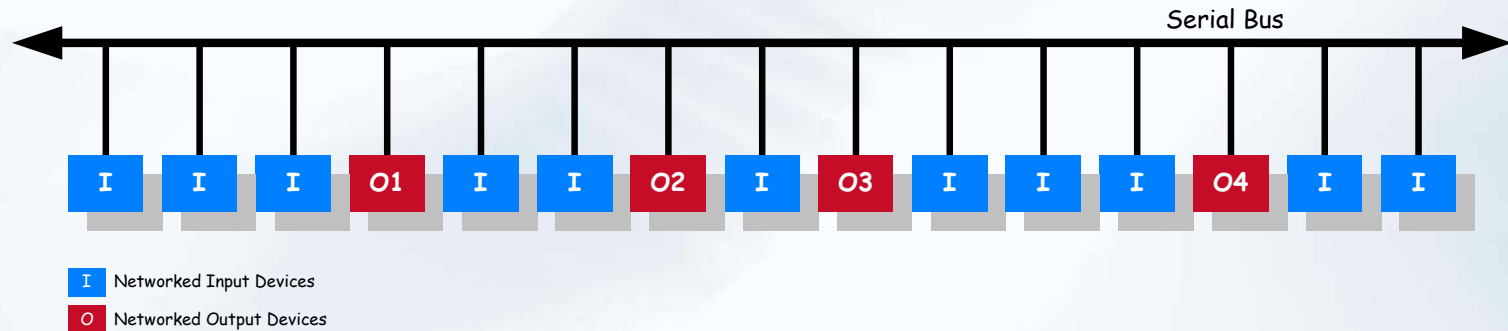
- Come il precedente esempio ma con più ingressi, uscite e zone
- Viene richiesto come prima:
 - Il fermo in una cella deve causare l'immediato fermo delle altre
 - Tempo di risposta di 25ms all'interno di una cella
 - Tempo di risposta di 50ms da cella a cella

Sistema Complesso con Zone. Vista Logica



- Più zone di sicurezza
- Più dispositivi all'interno della singola zona
- Più comunicazioni tra le zone
- Più dati in generale
- **Ma... i tempi di risposta all'interno della cella o zona devono essere veloci (ovvero 25ms come prima)**

Sistema Complesso con Zone. Configurazione su Topologia a Bus Seriale



- **I bus seriali raggiungono limiti di performance al crescere del numero dei nodi**
- I protocolli di sicurezza, a causa dell'overhead per la sicurezza intrinseca, sono per sempre più lenti rispetto ai loro equivalenti standard
- Grande numero di nodi -> aumenti nel tempo di risposta
 - Ciascun pacchetto trasmesso è sul medesimo bus
 - E' richiesta una maggiore ampiezza di banda
 - Difficoltà nell'ottenere tempi veloci di risposta nella sicurezza

Verso una architettura segmentata...



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



Note sulla architettura Multi-Link

- CIP come unico Application Layer su tutta l'architettura
 - **DeviceNet Safety**
 - **EtherNet/IP Safety**
- Due topologie fondamentali:
 - Celle con backbone portante ad alta velocità (senza dispositivi di sicurezza sulla portante) - **EtherNet/IP**
 - Celle con link superiore ad alta velocità (la backbone contiene anche dispositivi di sicurezza) - **EtherNet/IP Safety**
- Topologie virtualmente illimitate
- Numero di celle virtualmente illimitate
- Vera implementazione del multicasting



FEDERAZIONE NAZIONALE
IMPRESE ELETTROTECNICHE
ED ELETTRONICHE



CONFINDUSTRIA

DAL 1945 IL VALORE DELL'INNOVAZIONE

ASSOAUTOMAZIONE

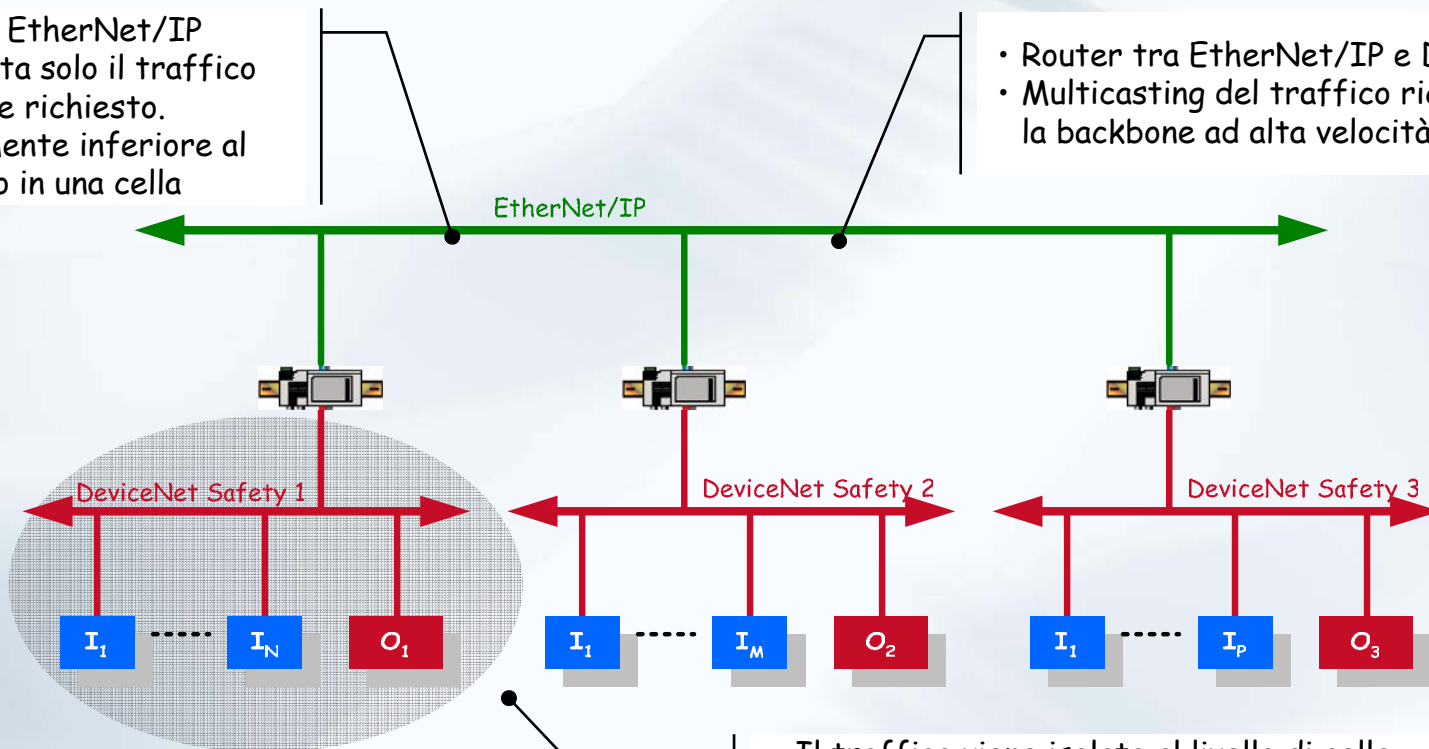
ASSOCIAZIONE ITALIANA
AUTOMAZIONE E MISURA



Architettura Multi Link - backbone ad alta velocità utilizzando EtherNet/IP

- La rete EtherNet/IP trasporta solo il traffico fra celle richiesto. Tipicamente inferiore al traffico in una cella

- Router tra EtherNet/IP e DeviceNet
- Multicasting del traffico richiesto sopra la backbone ad alta velocità

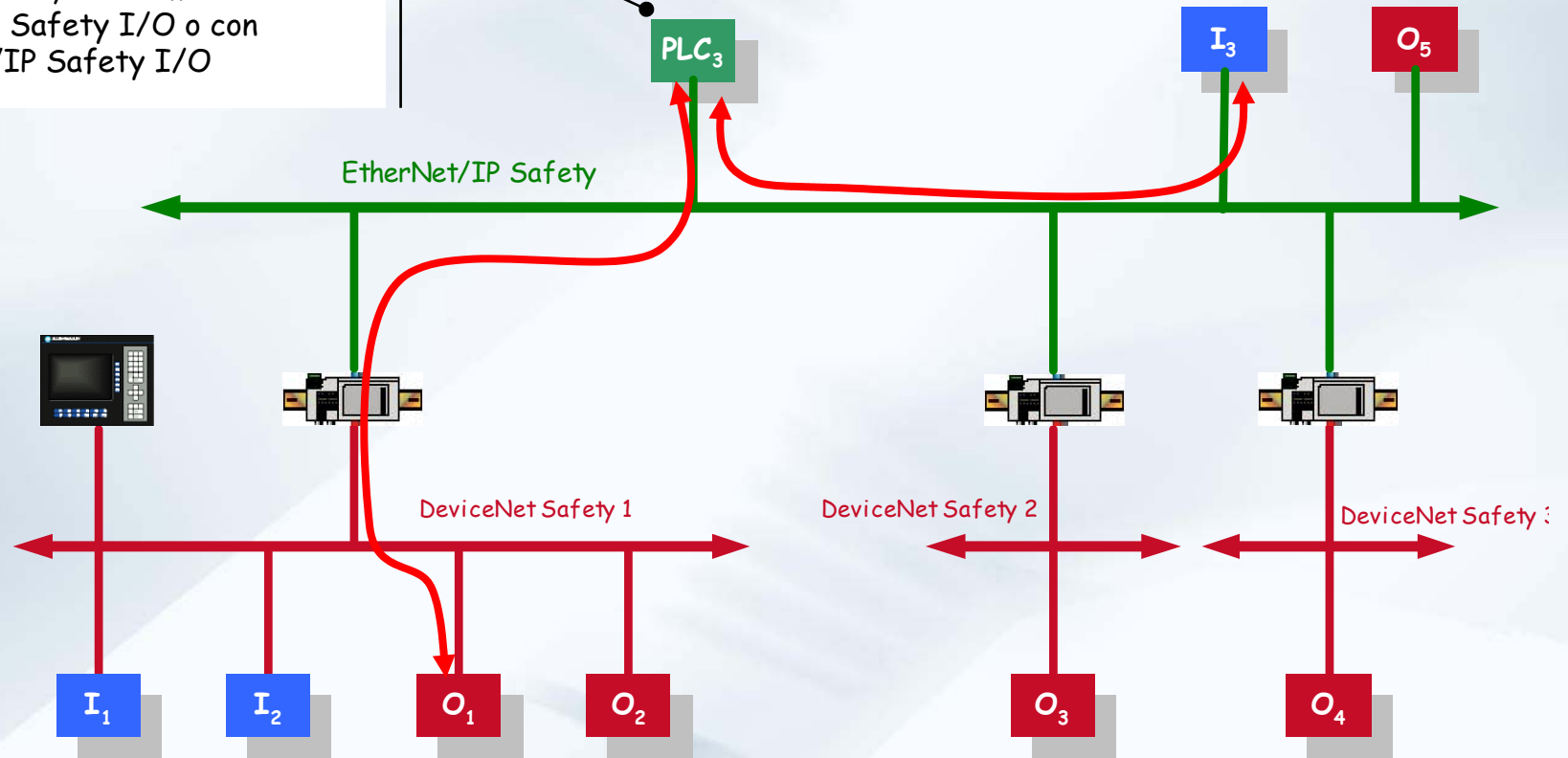


- Il traffico viene isolato al livello di cella
- Alto throughput all'interno di una singola cella a prescindere dall'architettura
- Architettura molto segmentata

Assenza di dispositivi di sicurezza sulla backbone

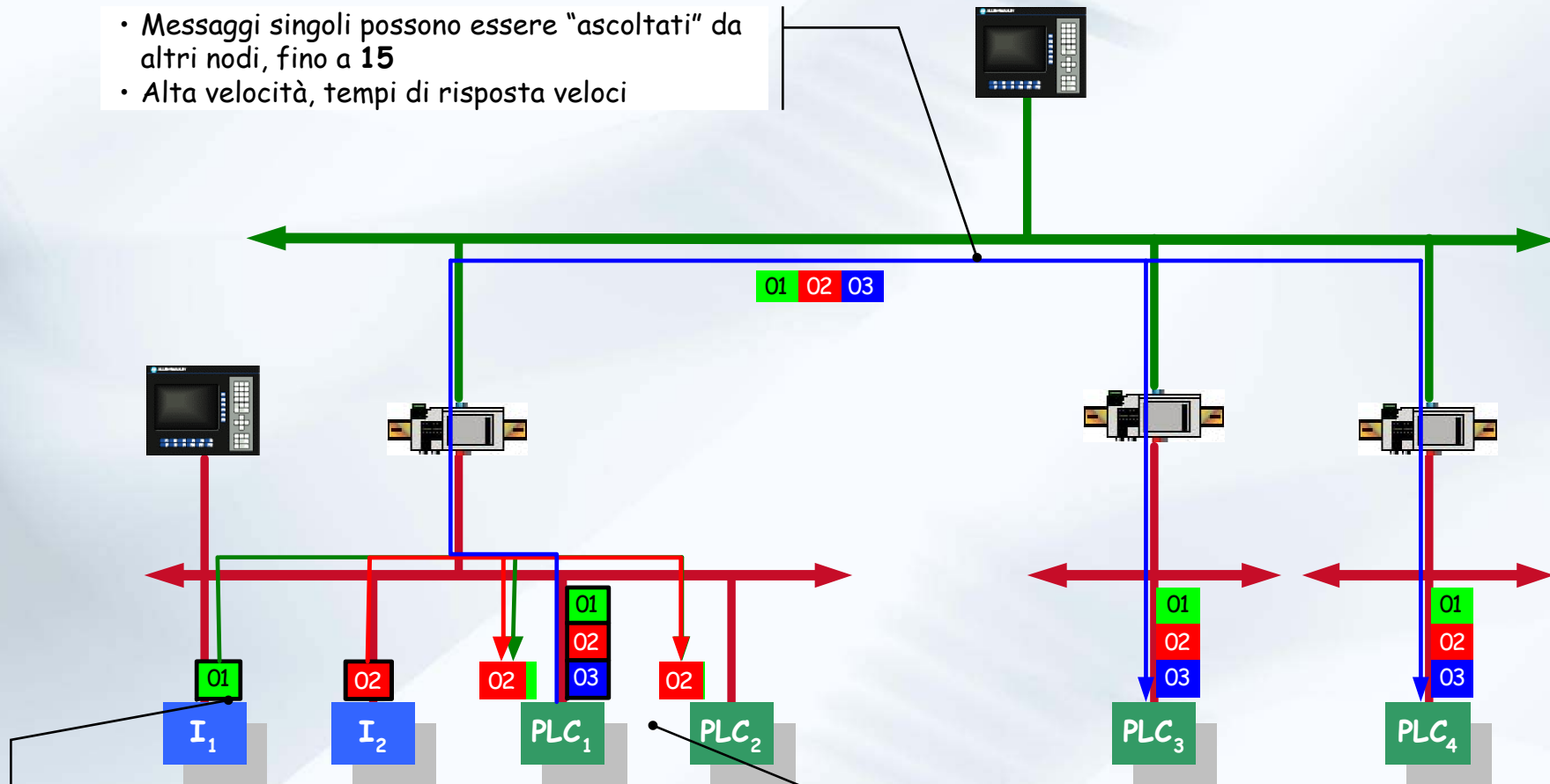
Architettura Multi Link - I/O su tutte le reti

- Dispositivi basati su scanner quali PLC, HMI, etc, che comunicano con DeviceNet Safety I/O o con EtherNet/IP Safety I/O



Multicasting

- Messaggi singoli possono essere "ascoltati" da altri nodi, fino a **15**
- Alta velocità, tempi di risposta veloci



- Dati di ingresso multicast all'interno della cella
- Dati ad alta velocità e elevata sincronizzazione

- I dispositivi di uscita possono inviare informazioni consolidate ad altri dispositivi