



Mantenere le reti in piena salute: diagnostica e troubleshooting PROFIBUS e PROFINET

Paolo Ferrari

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Brescia

Via Branze 38 - 25123 Brescia (Italy)

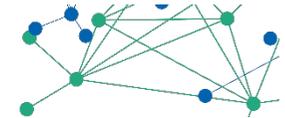
e-mail: paolo.ferrari@unibs.it

CSMT Gestione Scarl

Centro di Competenza PROFIBUS e PROFINET - Brescia

<http://www.csmt.it> profilab@csmt.it Tel: +39-030-3715445 fax: +39-030-380014

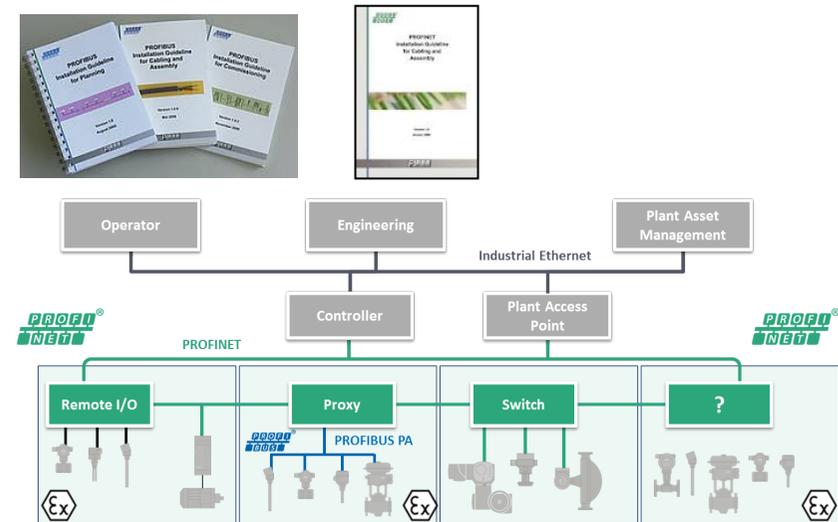


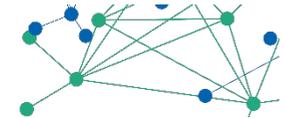


- Oggi le reti industriali hanno architetture complesse
 - Stratificazione negli anni (PROFINET e PROFIBUS possono essere entrambi presenti)
 - Continuo aumento delle performance richieste (tempo di ciclo ridotto, disponibilità elevata)
 - PROFIBUS e PROFINET hanno standardizzato delle regole per la progettazione, la realizzazione e il commissioning degli impianti

■ Obiettivi

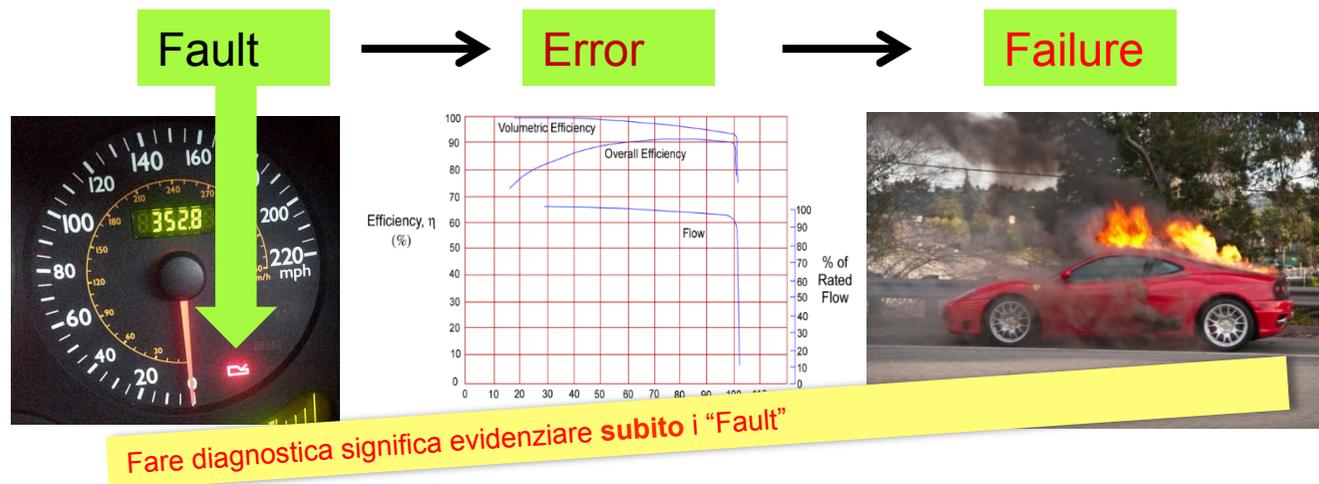
- Mantenere la rete sempre in perfette condizioni
- Individuare la sorgente di eventuali problemi
- Agire prima del guasto

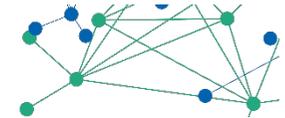




■ Differenza tra Failure, Error e Fault...

- Fault (avaria): condizione che causa errori nel sistema
- Errore: caso in cui i risultati ottenuti sono differenti da quelli ritenuti corretti
- Failure (guasto): condizione che impedisce al sistema di raggiungere gli obiettivi prefissati





■ Sorgenti di avaria tipiche in una rete PROFIBUS

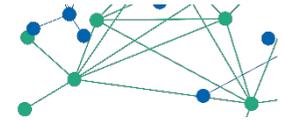
1. cavi/connettori rotti o cablati erroneamente
2. riflessioni (terminazioni errate, derivazioni)
3. disturbi indotti (messa a terra e schermatura)
4. indirizzi duplicati
5. problemi di configurazione

Cavi lunghi
Segmenti lineari

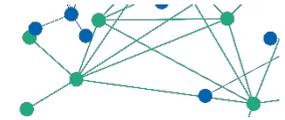
■ Sorgenti di avaria tipiche in una rete PROFINET

1. cavi/connettori rotti o cablati erroneamente
2. connessioni ridondanti non volute
3. nomi duplicati, indirizzi IP duplicati, network mask errate
4. disturbi indotti (messa a terra e schermatura)
5. problemi di configurazione

Tanti connettori
Architettura flessibile



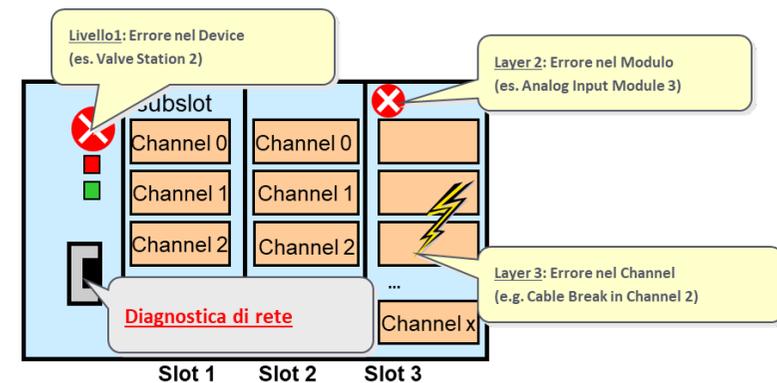
Diagnostica in PROFINET



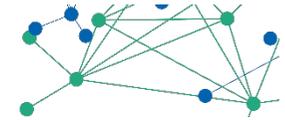
- PROFINET è basato su Ethernet, quindi:
 - Tutti possono parlare con tutti, non è master-slave!
 - In generale, in una rete switched-Ethernet i collegamenti sono tutti punto-punto
 - Per controllare il livello fisico bisognerebbe accedere a tutti i cavi...

■ In aggiunta però PROFINET offre:

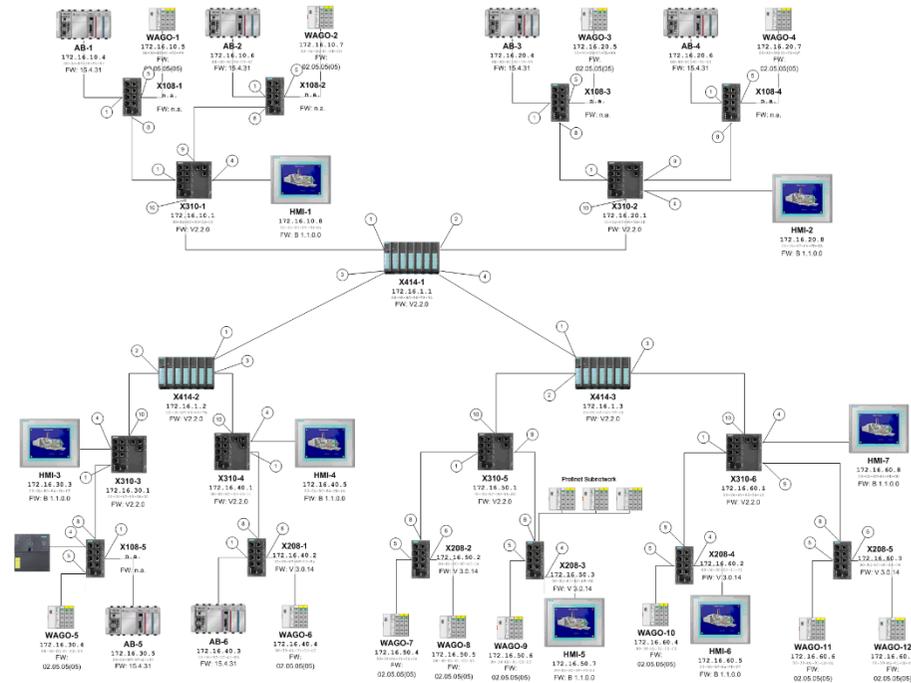
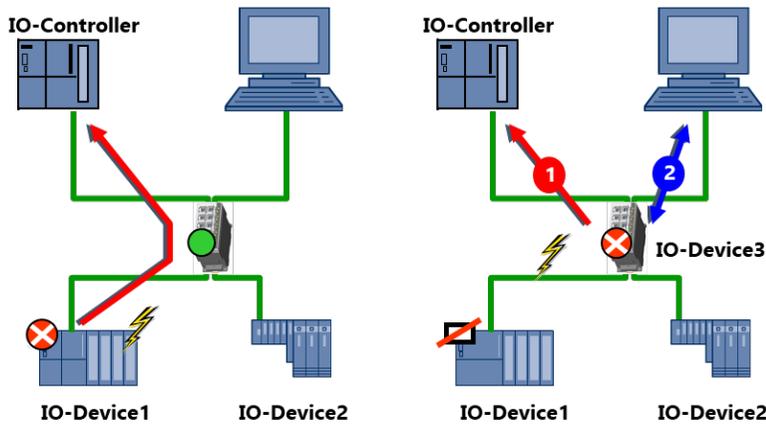
- Informazioni diagnostiche strutturate in modo gerarchico
 - Station name,
 - Slot, subslot, channel, channel type, error information
- Diagnostica come allarmi da IO-Device all'IO-Controller
- SNMP completa la diagnostica a livello di rete

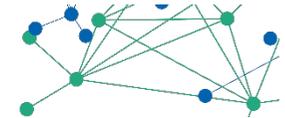


SNMP: Simple Network Management Protocol



- Importanza dello switch (managed) nelle reti PROFINET
 - Avverte direttamente il PLC
 - Mantiene statistiche SNMP
 - Offre interfaccia all'operatore





Interfaccia Web in molti dispositivi

SIEMENS | Automation & Drives

Console Support Logout | SIMATIC NET

Power Fault Port 1 Port 2 Port 3 Port 4 Port 5 Port 6 Port 7 Port 8

**SIMATIC NET Industrial Ethernet Switch
SCALANCE X208
SCALANCE3**

X208

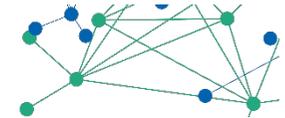
- System
- X208
- Agent
- Switch
- Statistics
 - Packet Size
 - Packet Type
 - Packet Error

Statistics Packet Error

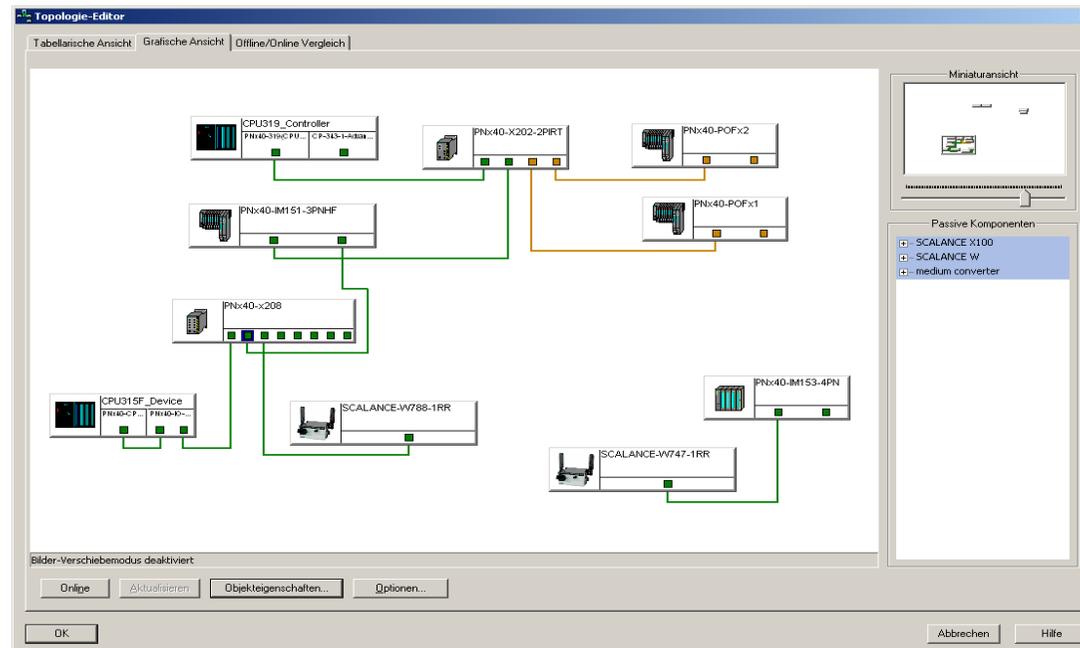
Port	CRC	Undersize	Oversize	Jabbers	Collisions
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	30	-	-	-	-
4	1	-	-	-	-
5	313	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-
7	2	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-
All	346	-	-	-	-

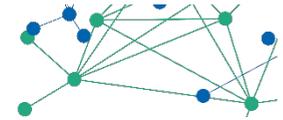
Refresh Reset Counters

Recupero della topologia



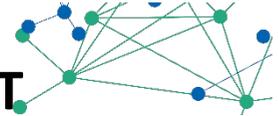
- I dispositivi PROFINET IO supportano il protocollo LLDP che permette di ricostruire la topologia della rete (anche dopo averla cablata!)



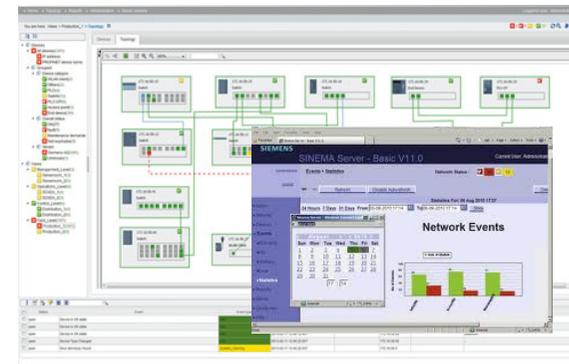


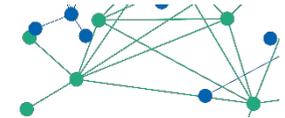
- Tutti i dispositivi PROFINET IO forniscono delle informazioni base sullo stato della comunicazione Ethernet
 - Sono possibili interrogazioni automatiche di queste informazioni
 - Si possono usare strumenti standard IT, perchè il protocollo è SNMP
 - Il traffico di monitoraggio è TCP/IP... e usa una banda trascurabile
- **Disponibili anche soluzioni mirate per PROFINET**
 - Maggiori dettagli e altre informazioni specifiche
 - Integrate con l'applicazione di automazione
 - Più veloci nel trovare i problemi
- Due modalità:
 - Monitoraggio continuo
 - Troubleshooting



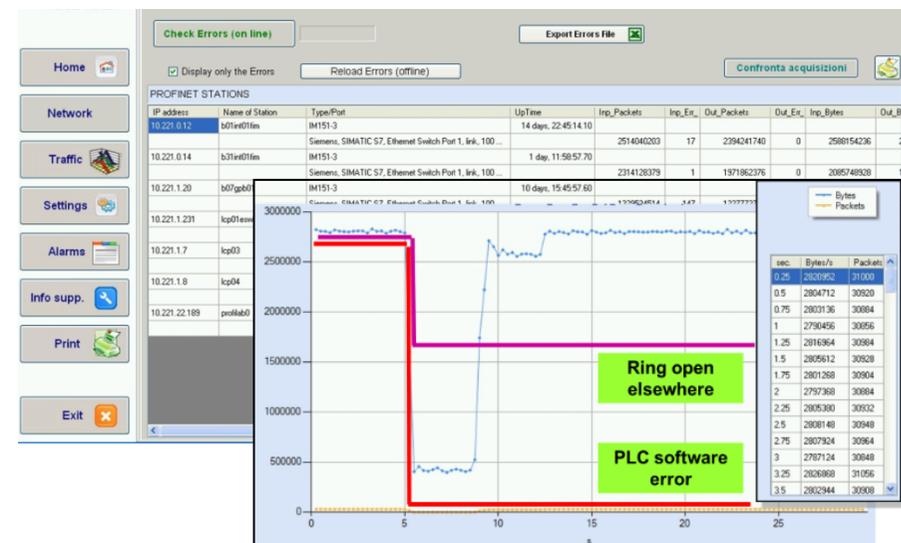


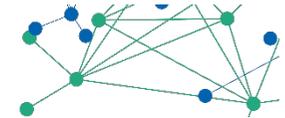
- Basati sulla raccolta dati in continuo dalla rete.
 - Contiene la storia dei dispositivi ottenuta con interrogazioni periodiche delle variabili di interesse
 - Con il protocollo PROFINET aciclico e SNMP si raccolgono informazioni in modo periodico
 - Tempi di aggiornamento del database dipendono da estensione rete/variabili: da minuti a ore.
 - Serve a mettere in evidenza dei trend
 - Storizzazione allarmi di comunicazione
-
- Due tipologie
 - Software per PC (da connettere alla rete)
 - Componente stand alone (da connettere alla rete)





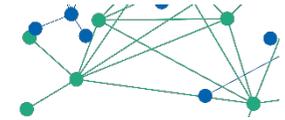
- Mirati a scattare istantanee dello stato della rete.
- Contengono lo stato di ogni dispositivo ottenuta con una interrogazione approfondita
- Tempi di scansione ridotti: massimo una decina di minuti
 - Livelist
 - Errori di trasmissione
 - Carico di rete
 - Ricerca dispositivi
 - Allarmi
 - Monitoraggio variabili di processo
 - Registrazione eventi in modo imparziale
 - Reportistica completa (certificazione)





- Verifica dell'esecuzione dei collegamenti
 - Strumenti handheld (tester) (costo 200-400 euro)
- Verifica delle caratteristiche del cablaggio
 - Certificatori di cablaggio (costo 5.000-10.000 euro)

- **Cosa serve per PROFINET?**
 - Se si usano componenti passivi (cavi, connettori) certificati PROFINET (come da lista su sito www.profibus.com) e si rispettano le linee guida di cablaggio PROFINET **basta un semplice tester.**
 - Se si usano componenti strani (es. slip rings) o cablaggi particolari, allora serve anche il certificatore per garantire che il canale supporti correttamente almeno i 100Mbit/s

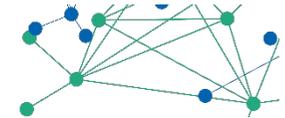


■ Handheld tester



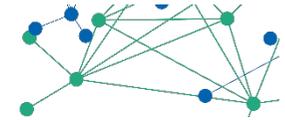
■ Certificatori di cablaggio



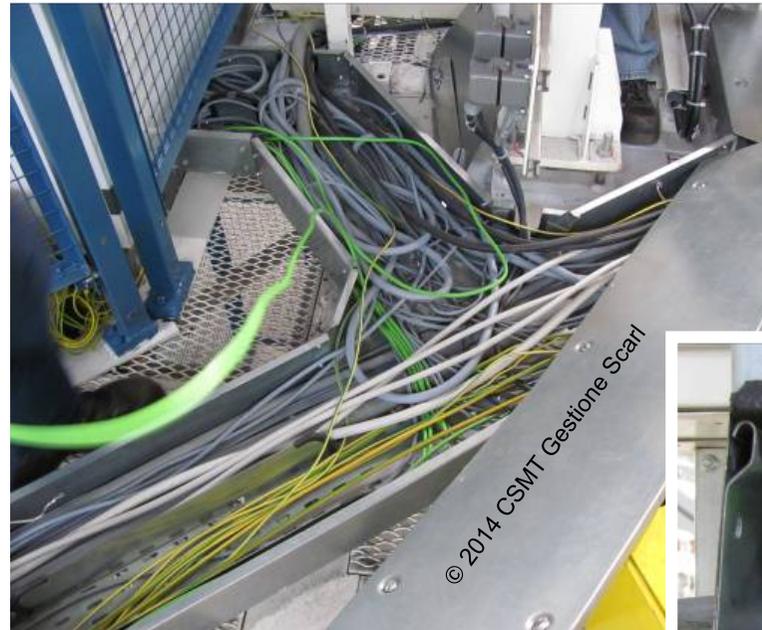


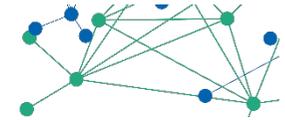
- Impianto automotive, interamente validato dal nostro centro di competenza
- 500 reti distinte, 600 PLC
- Oltre 8000 dispositivi PROFINET ... quindi oltre 8000 cavi...

	Numero assoluto	Numero relativo	
Cablaggi errati	Circa 70	< 1%	
Cavi con cortocircuito di uno dei quattro fili a terra	Circa 20	0.3%	
Disturbi	Circa 20	0.3%	

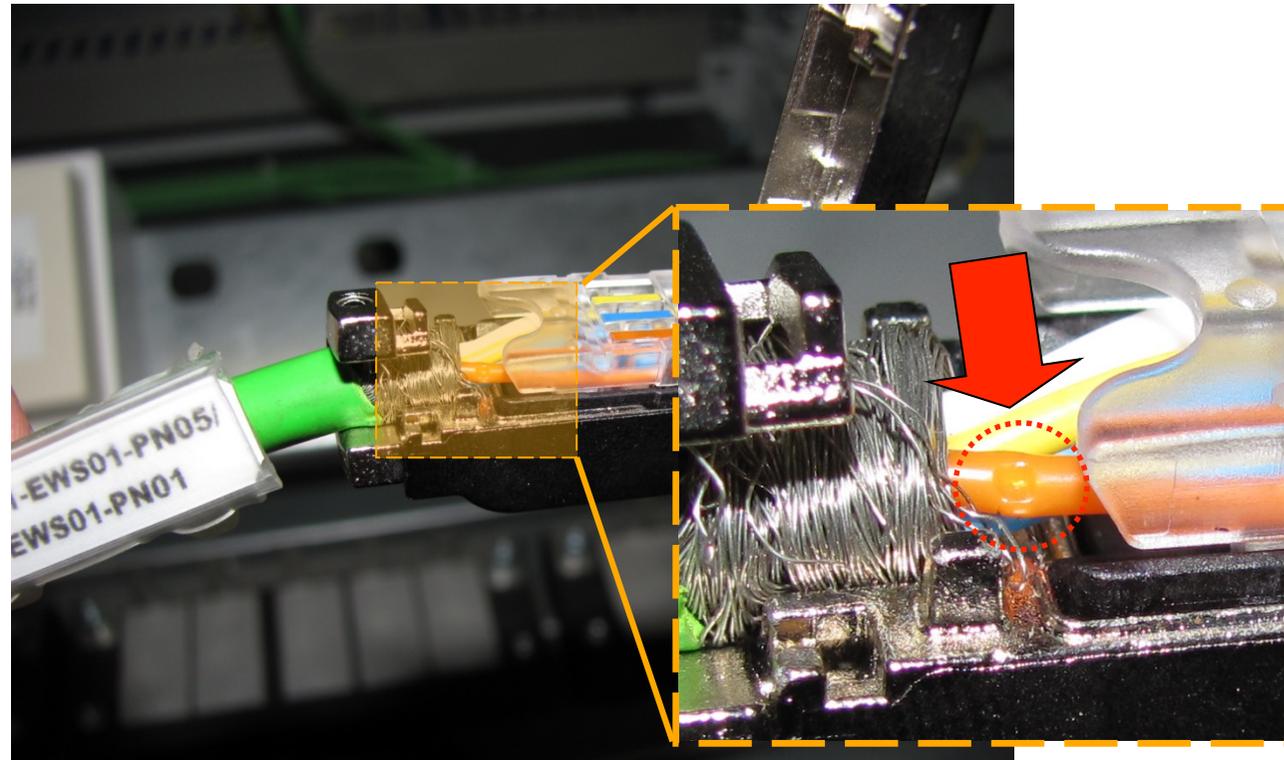


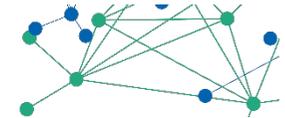
- Separazione cavi di rete e cavi di potenza non rispettata
- Disturbi indotti dai drive che corrompono i pacchetti Ethernet





- Ethernet ha il led di «link» che aiuta l'installatore
- Ma in alcuni casi possono esserci dei «falsi negativi»





- Connettori improvvisati da cablatori non istruiti

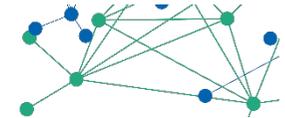


Connettore PROFIBUS infilato a forza in un dispositivo PROFINET.....

- Mancata etichettatura dei cavi si riflette in allungamento dei tempi in caso di ripristino guasto



Nessuna etichetta in tutto l'impianto

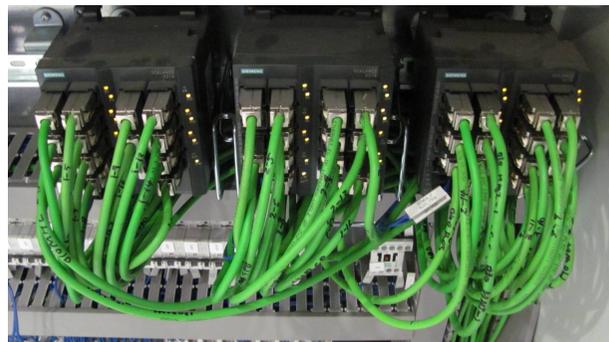


- Connettori improvvisati da cablatori non istruiti

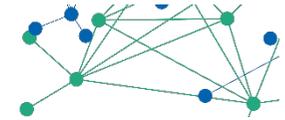


Connettore PROFIBUS infilato a forza in un dispositivo PROFINET.....

- Mancata etichettatura dei cavi si riflette in allungamento dei tempi in caso di ripristino guasto



Nessuna etichetta in tutto l'impianto



- CASO 1: impianto di processo
- Alcune porte segnalano un numero di errori elevato

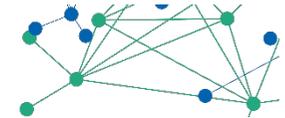
Check Errors 27/02/2016 13:00:37

Multicast [Packets/s] 20.4732 Broadcast [Packets/s] 8.5560

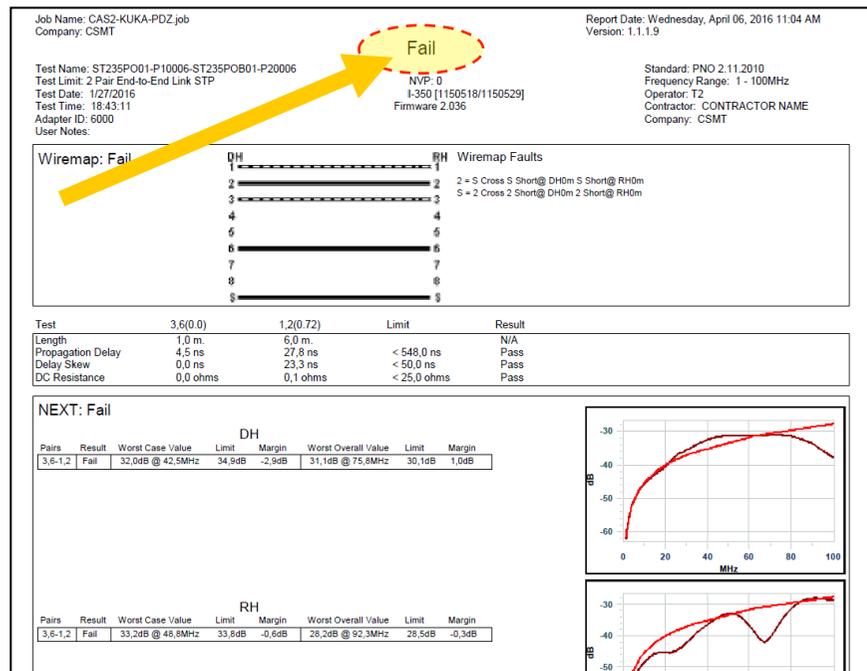
PROFINET STATIONS Show Errors only

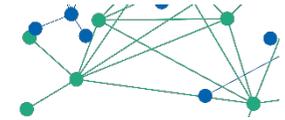
IP	PROFINET Name	Type/Port	Up Time	Input Packets	IN Error Packets	Output Packets	OUT Error Packets	Traffic IN [Mbps]	Traffic OUT [Mbps]	Inp_Bytes	Out_Bytes
		SMSC91C100FD Ethernet Controller.		3298992	0	2208473	4	0.06742	0.00624	1689783020	284085441
129.100.124.102	st120cp-101-festo	Festo CPX-Terminal port-001	15 days, 8:50:32.60	826802360	1	708869979	0	0.08971	0.06879	3052033123	1053202179
129.100.2.136	st110i01-x200	SCALANCE X-200 Siemens, SIMATIC NET, Ethernet Port, X1 P5 Siemens, SIMATIC NET, Ethernet Port, X1 P8	65 days, 1:55:33.21	704128526 4293785	1 234	848865486 4988861	0	0.08043	0.10154	648330963 384347484	2881481610 620902030
129.100.2.179	cp30-essw01	SCALANCE X-200 Siemens, SIMATIC NET, Ethernet Port, X1 P7	38 days, 15:32:08.80	418047484	1	503867878	0	0.06510	0.08851	2650000000	615807044
129.100.2.55	st410pu01	EB4AYCER Ethernet Switch Port 1	65 days, 1:51:21.55	848333951	1	703799307	0	0.06161	0.04620	2047010849	1843637
129.100.2.88	st430pa01	ET 20Deco PN 8DIO Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	15 days, 8:49:52.10	2956547020	1	2817023481	0	0.29225	0.27269	304669904	2627865145
129.100.3.29	st330ob01	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:06.00	2957190206	2	2816056690	0	0.35373	0.32985	361056327	2549421316
129.100.3.68	st305po01	Festo CPX-Terminal port-001	15 days, 8:51:29.30	2943413841	2	2820862124	0	0.29278	0.27300	718136914	2890275115
129.100.3.80	st305po01	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:05.00	1480732942	1	1336411753	0	0.68340	0.65948	2831288858	718171808
129.100.5.134	st510mh02-et200s	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:09.00	1473929950	1	1333183729	0	0.68167	0.65897	2580579631	1280658204
129.100.5.19	st530pb01	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:14.30	2957248908	1	2816070096	0	0.35242	0.32971	367469739	2550330833
129.100.5.240	cp20	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:24.90	2957249714	1	2816076520	0	0.35248	0.33458	367526350	1062090200
129.100.5.80	st515pa01	IM151-3 Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 1:44:31.30	1480848021	1	1336375462	0	0.68225	0.65955	2844505119	715516642
129.100.5.86	st515pa01	ET 20Deco PN 16DI Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	15 days, 8:49:19.70	2956421304	2	2820800654	0	0.29185	0.27309	706336880	2885803334
129.100.8.88	st235po01	ET 20Deco PN 16DI Siemens, SIMATIC S7, Ethernet Switch Port 1, link, 1...	4 days, 6:27:20.70	194222344	26603	185014353	0	0.28958	0.27305	400546720	3994311411

Packets	IN Error Packets	Output Packets
3298992	0	2208473
826802360	1	708869979
704128526	1	848865486
4293785	234	4988861
418047484	1	503867878
848333951	1	703799307



CASO 1: Verifica con il certificatore di cablaggio



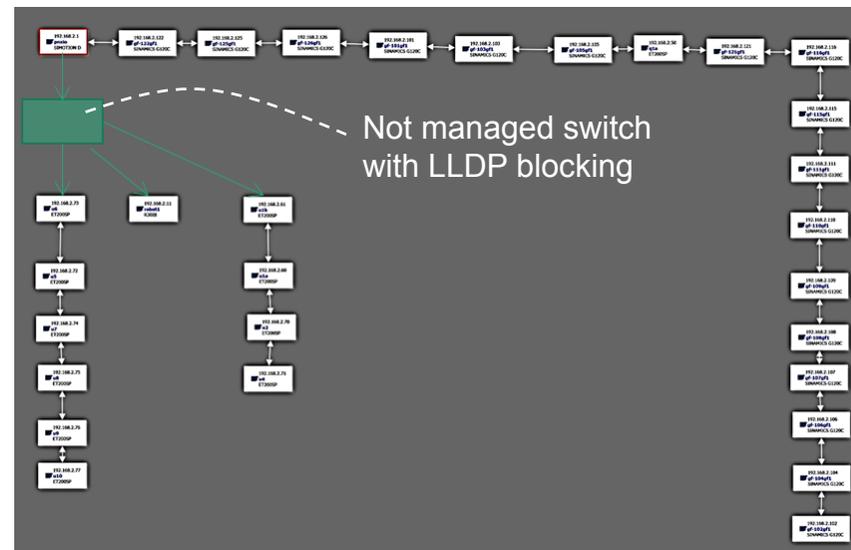


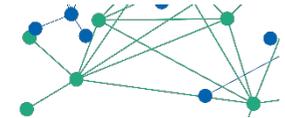
CASO 2: macchina di confezionamento

- L'utente si dice abbastanza soddisfatto perché la rete ha problemi solo «una volta a settimana»
- In PROFINET però la situazione normale è «zero problemi»....

- Nota: nella rete c'è uno switch unmanaged che non dà informazioni statistiche sugli errori.

#	PROFINET Name	Up/Down	Incl. Packets	Out. Packets	Coll. Packets							
102.108.2.70	102.108.2.70	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.71	102.108.2.71	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.72	102.108.2.72	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.73	102.108.2.73	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.74	102.108.2.74	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.75	102.108.2.75	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.76	102.108.2.76	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102.108.2.77	102.108.2.77	14:55:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0





CASO 2: Analisi del protocollo PROFINET: alcuni pacchetti mancano!

Traffic Recording
Test_4_CT_PACK_ramo_campo Seconds 31.42
N. of Telegrams 172864
TAP with ns Timestamp - ProfiTAP

Traffic load on the Link (Mbits/s) (Aggregate)
Total 3.288785 Only PROFINET 3.28848 Other Protocols 0.0003054142

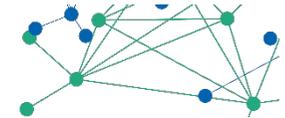
Exclude the calculation of the cycle time for IO-Controller Jitter Max %
 Show Cycle Time Errors only 100.30

MAC: 00:1f18:25:5c:b3 - IP: 192.168.2.1
Name / Type: proxio / SIMOTION D
DX Cycle IN = 0.363 ms
min > 0.006 ms at packet n.70063
Max > 1.807 ms at packet n.152776
DX Cycle OUT = 0.363 ms
min > -0.004 ms at packet n.21931
Max > 3.929 ms at packet n.15988

Traffic PN IN [bytes] = 6457632 (1.644002 Mbits)
(N.Packets PN IN 86416)
Traffic PN OUT [bytes] = 6457632 (1.644002 Mbits)
(N.Packets PN OUT 86416)

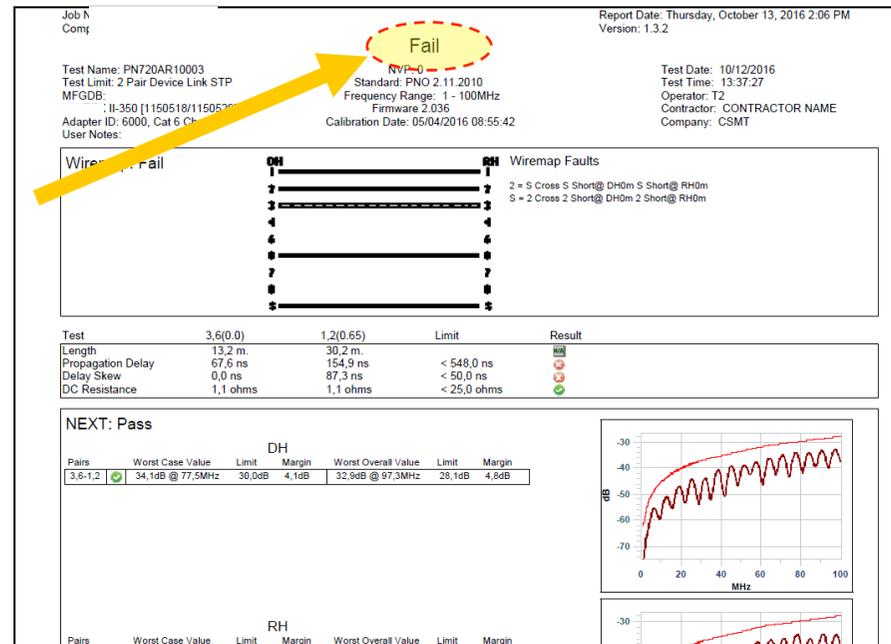
MAC address	IP address	PROFINET Name	Type	DX Cycle IN	Jitter Cycle IN	min Cycle IN	Max Cycle IN	DX Cycle OUT	Jitter Cycle OUT	min Cycle OUT	Max Cycle OUT	Traffic PN IN [Mbps]	Traffic PN OUT [Mbps]	n.Lost/Tot. Packets IN	Worst Seq. IN	n.Lost/Tot. Packets OUT	Worst Seq. OUT
00:1f18:25:5c:b3	192.168.2.1	proxio	SIMOTION D									1.644	1.644	0/7856		0/7856	
00:a0:91:0b:96:63	192.168.2.11	robot1	R30IB	4	0.020	3.99	4.01	4	0.035	3.984	4.019	0.204	0.204	0/7856		0/7856	
28:63:36:5b:a0:c1	192.168.2.75	u8	ET200SP	4	0.022	3.989	4.011	3.999	0.014	3.993	4.007	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:5b:ad:33	192.168.2.61	u1b	ET200SP	4	0.003	3.999	4.002	3.999	0.108	3.946	4.054	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:5d:0c:79	192.168.2.73	u6	ET200SP	4	0.002	3.999	4.001	4	4.001	3.999	8	0.144	0.144	0/7856		1/7856	1
28:63:36:5d:0c:c1	192.168.2.70	u2	ET200SP	4	0.010	3.995	4.005	3.999	0.024	3.988	4.012	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:5d:0e:0b	192.168.2.60	u1a	ET200SP	4	0.010	3.995	4.005	3.999	0.002	3.999	4.001	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:5d:0e:20	192.168.2.77	u10	ET200SP	4	0.002	3.999	4.001	4	4.012	3.988	8	0.144	0.144	0/7856		1/7856	1
28:63:36:5d:0e:23	192.168.2.71	u4	ET200SP	4	0.010	3.995	4.005	3.999	0.014	3.993	4.007	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:63:a9:3a	192.168.2.72	u5	ET200SP	4	0.003	3.998	4.001	4	4.001	3.999	8	0.144	0.144	0/7856		1/7856	1
28:63:36:63:a9:70	192.168.2.76	u9	ET200SP	4	0.002	3.999	4.001	3.999	0.011	3.996	4.007	0.144	0.144	0/7856		0/7856	
28:63:36:63:a9:79	192.168.2.74	u7	ET200SP	4	0.002	3.999	4.001	4	0.019	3.991	4.01	0.144	0.144	0/7856		0/7856	

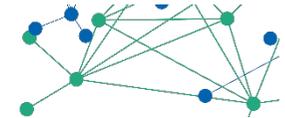
Worst Seq. IN	n.Lost/Tot. Packets OUT	Worst Seq. OUT
	0/7856	
	0/7856	
	0/7856	
	1/7856	1
	0/7856	
	0/7856	
	1/7856	1
	0/7856	
	1/7856	1
	0/7856	
	0/7856	



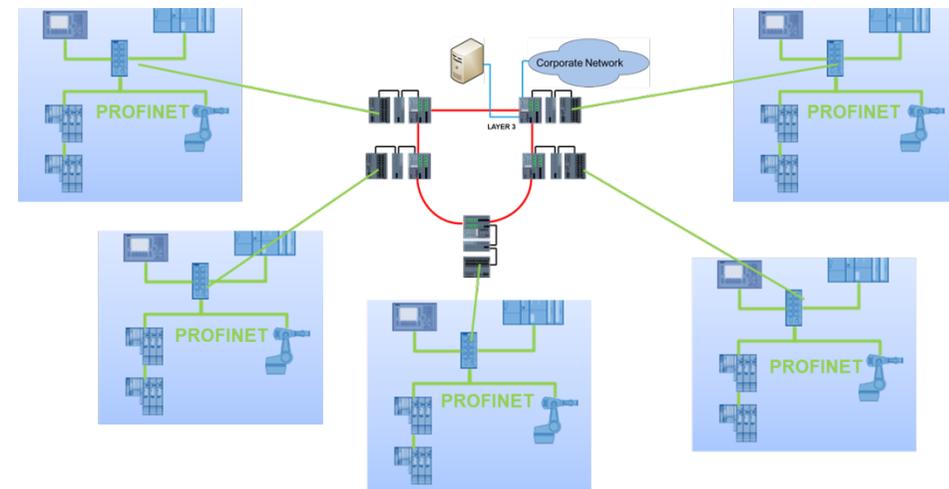
CASO 2: Verifica con il certificatore di cablaggio

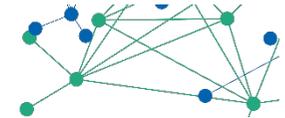
- La presenza di uno switch managed avrebbe facilitato la scoperta dell'errore



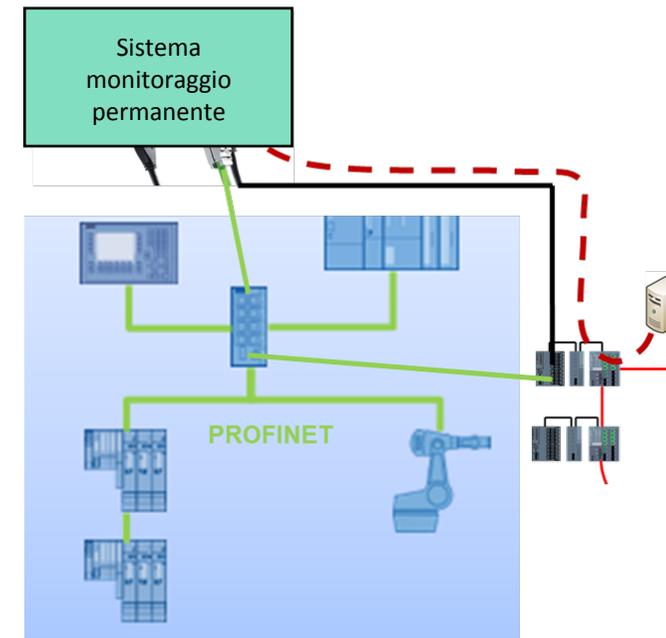


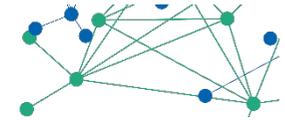
- CASO 3: settore automotive
- Impianto complesso con oltre 2000 device PROFINET
- Situazione iniziale
 - Rete PROFINET in continuo ampliamento
 - Improvvisi fermi produttivi non motivati
- Obiettivi dell'analisi
 - Audit e analisi dettagliata dell'impianto e dell'architettura
 - Prevenzione delle situazioni potenzialmente dannose



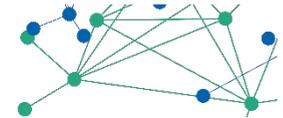


- CASO 3: installazione dispositivo di monitoraggio permanente
- Risultati
 - Individuati dispositivi PN non configurati
 - Individuati altri cavi/connettori difettosi
 - Individuati comportamenti anomali di PC





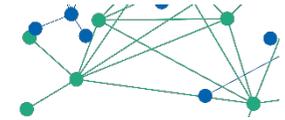
Diagnostica in PROFIBUS



- PROFIBUS è basato su RS485, quindi:
 - L'accesso al mezzo è di tipo master-slave
 - Per vedere tutto il traffico della rete basta connettersi alla rete in un punto.
 - Per controllare il livello fisico basta connettersi al segmento RS485 da analizzare

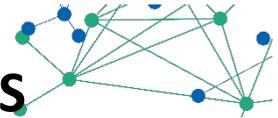
- **Anche PROFIBUS offre:**
 - Informazioni diagnostiche strutturate in modo gerarchico
 - Slot, channel, channel type, error information

- Al contrario di PROFINET, PROFIBUS non ha un sistema integrato di diagnostica del livello fisico



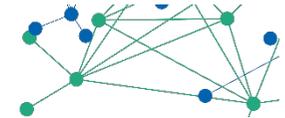
- Per l'analisi di PROFIBUS servono strumenti dedicati
 - Dettagli e altre informazioni specifiche del protocollo
 - Più veloci nel trovare i problemi
 - 30 anni di esperienza concentrati nei tool

- Anche per PROFIBUS due modalità:
 - Monitoraggio continuo
 - Troubleshooting



- Basati sulla raccolta dati in continuo dalla rete.
 - Contengono la storia dei dispositivi ottenuta con osservazione continua (passiva) delle variabili di interesse
 - Con il protocollo PROFIBUS aciclico si possono raccogliere informazioni aggiuntive in modo periodico (attiva)
- Serve a mettere in evidenza dei trend
- Storizzazione eventi di comunicazione
- Tre tipologie
 - Software per PC (da connettere alla rete)
 - Componente stand alone (da connettere alla rete)
 - Repeater diagnostico

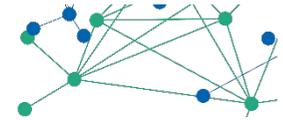




- Software per PC o sistemi palmari evolti
- Mirati a scattare istantanee dello stato della rete.
- Osservazione passiva o interrogazione attiva
 - Livelist
 - Errori di trasmissione
 - Ricerca dispositivi
 - Messaggi diagnostica
 - Monitoraggio variabili di processo
 - Registrazione eventi in modo imparziale
 - Reportistica completa (certificazione)

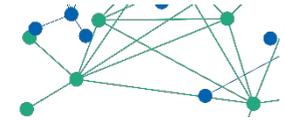
Station	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Status	OK									
Name
ID
IP





- Verifica dell'esecuzione dei collegamenti
 - Strumenti handheld (tester) (costo 1000 euro)
 - Analizzatore PROFIBUS con Oscilloscopio integrato (2500 euro)

- **Cosa serve per PROFIBUS?**
 - Installatore/elettricista: strumento handheld verifica cablaggio
 - Tecnico hardware/software per troubleshooting: analizzatore PROFIBUS con oscilloscopio

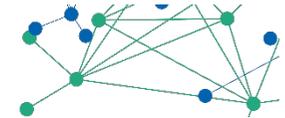


Handheld tester



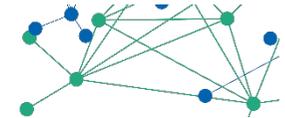
Analizzatori PROFIBUS con Oscilloscopio



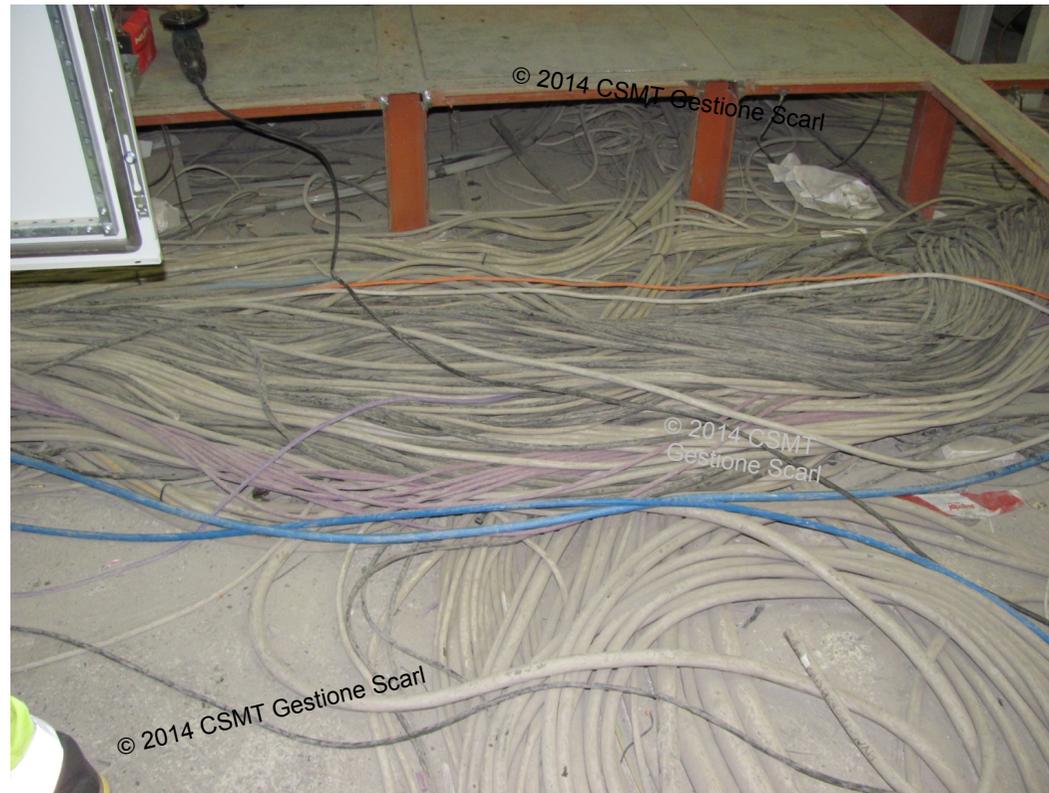


- Impianto di processo, interamente validato dal nostro centro di competenza
- 70 reti distinte, 8 DCS
- Oltre 1000 dispositivi PROFIBUS installati seguendo le linee guida PROFIBUS

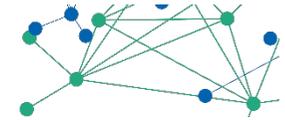
	Numero assoluto	Numero relativo	
Cablaggi errati	3	< 0.5%	
Cavi danneggiati	3	< 0.5%	
Terminazioni mancanti	2	< 0.5%	



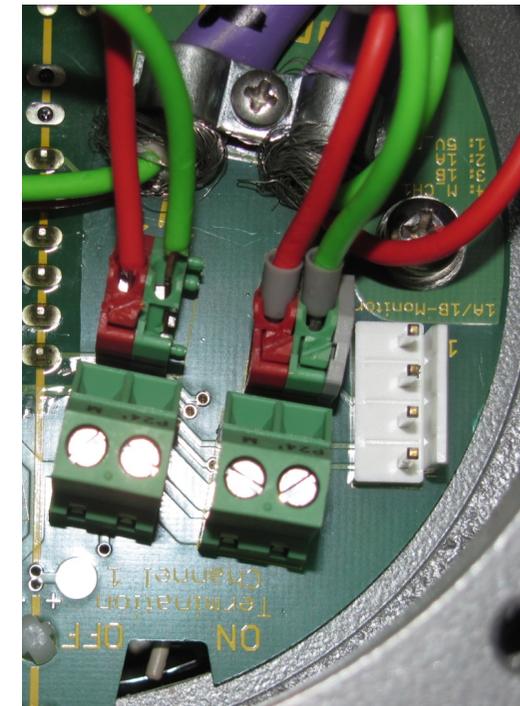
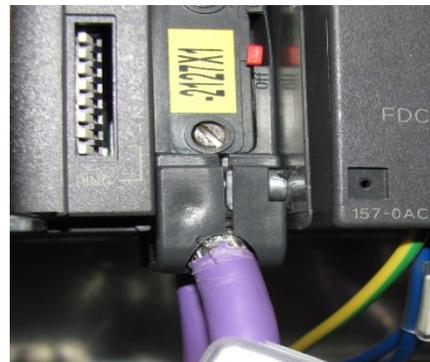
- Separazione cavi di rete e cavi di potenza non rispettata
- Disturbi indotti dai drive che corrompono i pacchetti PROFIBUS

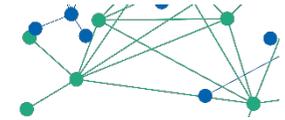


Esempi reali in reti PROFIBUS – Livello fisico

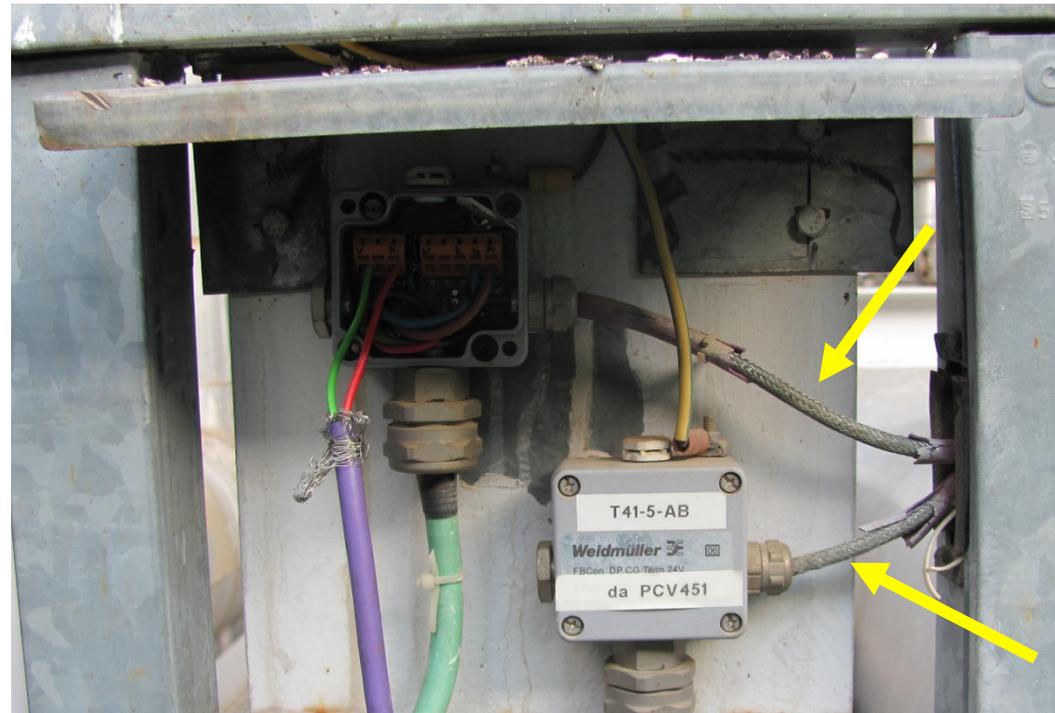


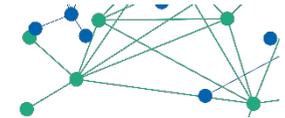
- Connettori cablati malamente
- Morsetti distrutti durante l'installazione



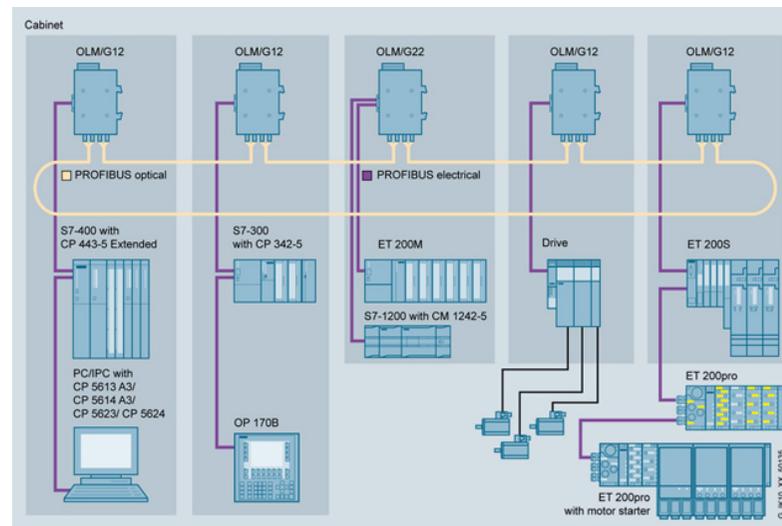


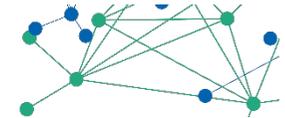
- Effetti del sole e della pioggia su cavi non adatti





- CASO 1: macchina di produzione film plastici
 - L'impianto ha diverse reti e numerosi repeater e fibra ottica
 - L'utente lamenta fermate sporadiche in una rete. La diagnostica del PLC non aiuta

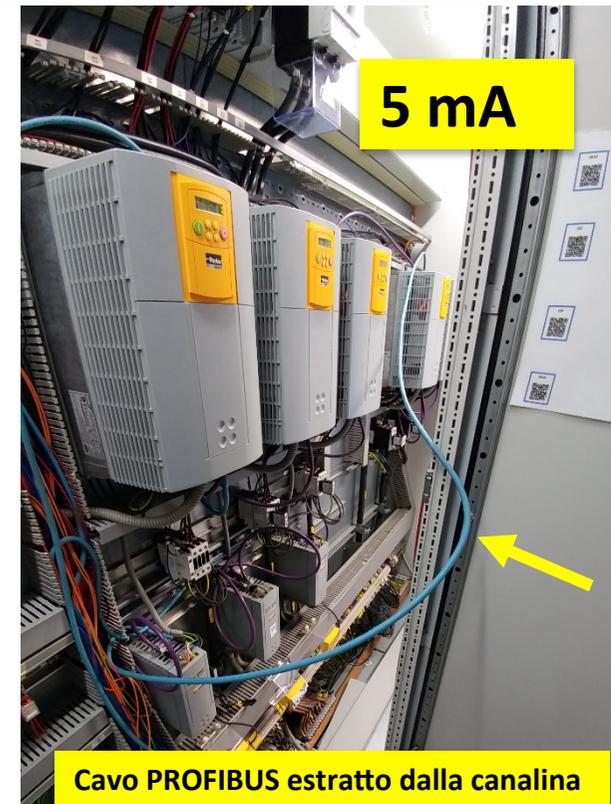




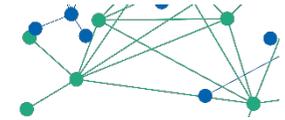
- CASO 1: Disturbi indotti dai drive
- Forti correnti indotte sullo schermo del cavo PROFIBUS
- Gli errori nei pacchetti fanno disattivare l'accoppiatore in fibra ottica che ha il «monitoring fault» attivato



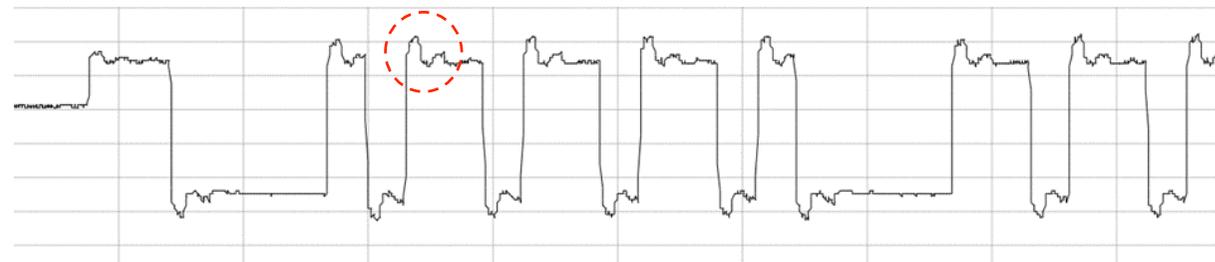
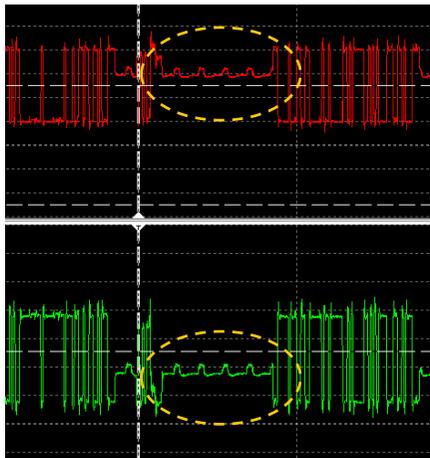
Cavo PROFIBUS nella canalina

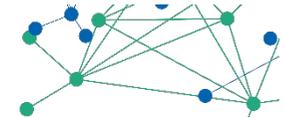


Cavo PROFIBUS estratto dalla canalina

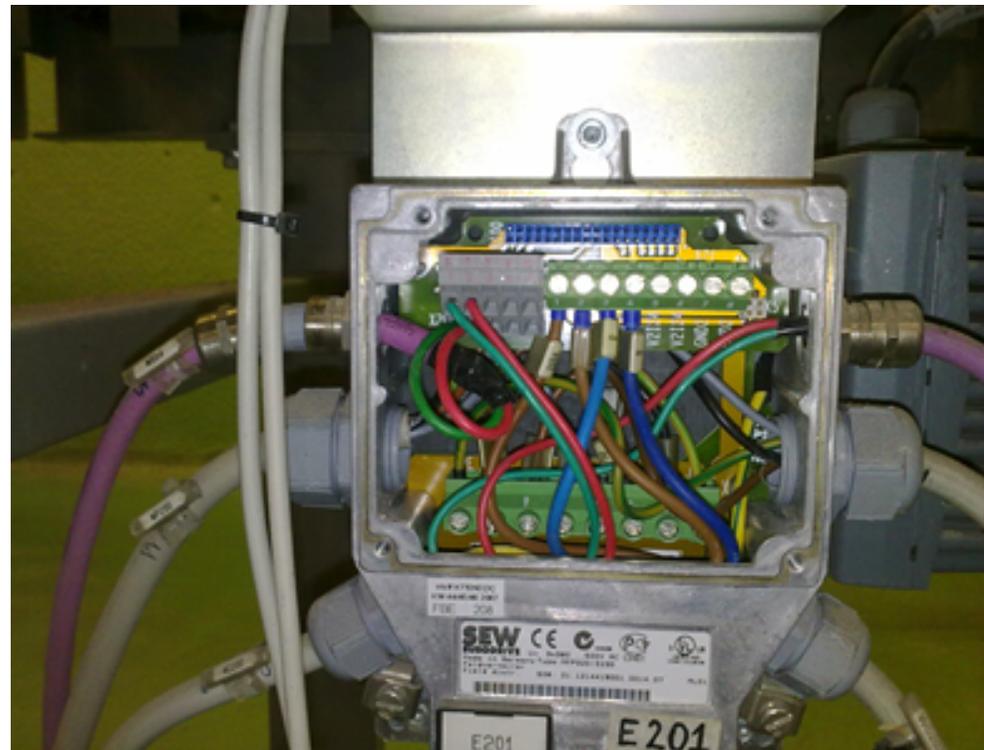


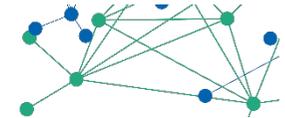
- CASO 2: impianto «food and beverage»
 - Forno cottura in continuo
 - L'utente segnala «comportamenti imprevedibili» del sistema
- Analisi con oscilloscopio





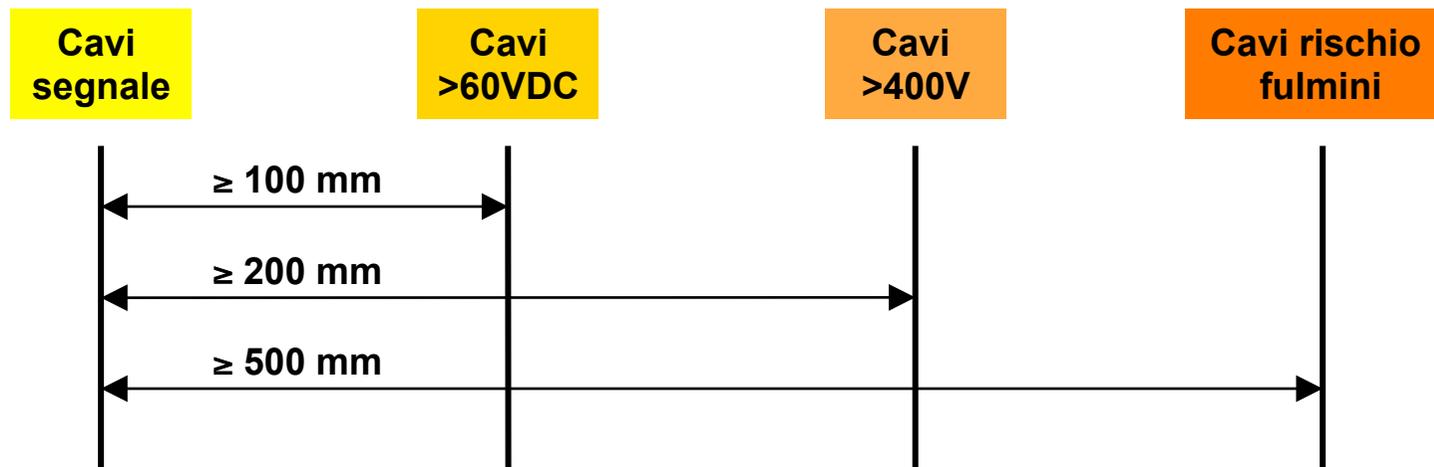
- CASO 2: schermo dei cavi non collegato a terra nei dispositivi
- trasmettitore di uno slave bruciato
- L'ultimo non alimentava la terminazione (no tensione di 5V)

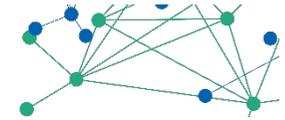




■ Distanze raccomandate tra i cavi

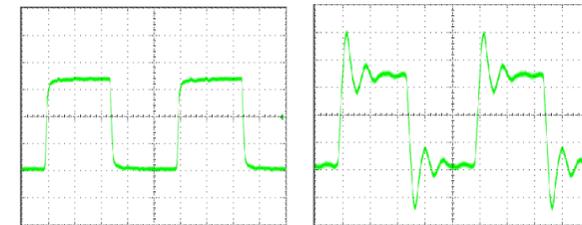
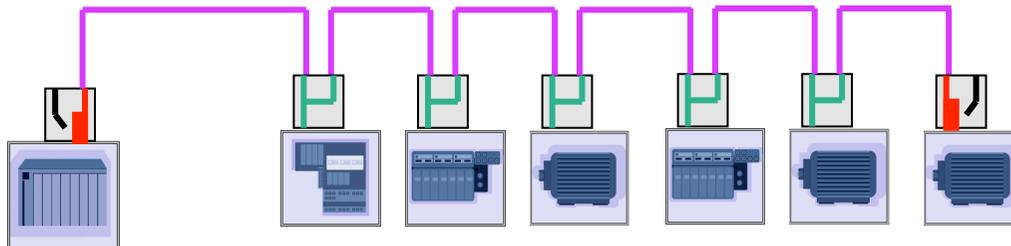
- Quando i cavi sono posati parallelamente devono stare alle distanze indicate in figura
- Tali distanze si intendono in aria, si riducono se gli alloggiamenti sono separati da schemi metallici collegati a terra
- I cavi di categorie differenti si possono incrociare (90°)





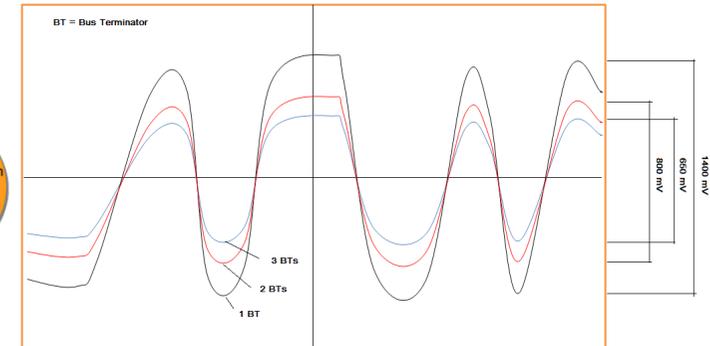
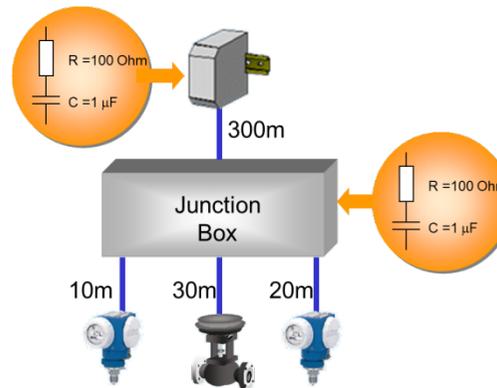
Terminazioni PROFIBUS DP

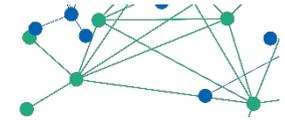
- Terminazioni solo agli estremi del segmento RS485



Terminazioni PROFIBUS PA

- Terminazioni nelle junction box





Domande?

PROFIBUS e PROFINET sono tecnologie intrinsecamente robuste

Seguire le regole di installazione garantisce la robustezza del sistema