

Infrastrutture elettroniche per edifici "intelligenti"

- In un edificio commerciale o residenziale moderno sono presenti una serie di impianti (sottosistemi) tecnologici che assolvono diverse funzioni (*riscaldamento, ventilazione, condizionamento, illuminazione, impianto elettrico, sicurezza, comunicazione, oscuramento, monitoraggio*).
- La possibilità di integrare gli impianti e di farli comunicare fornisce possibilità interessanti per un controllo più efficace, ma richiede che si affermino alcuni standard, tali da consentire l'integrazione senza difficoltà.
- Le infrastrutture elettroniche per edifici residenziali e commerciali sono impianti basati su standard che consentano di gestire in modo integrato tutti i sottosistemi tecnologici dell'edificio.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Requisiti generali per uno Standard di Sistemi per Edifici Intelligenti

- I sistemi
 - devono essere offerti da una grande quantità di costruttori
 - devono coprire diverse applicazioni
 - devono avere una **bassa barriera all'ingresso** di nuovi progettisti e realizzatori di impianti
 - devono poter essere usati sia per progetti di piccola scala (residenziali) e sia per progetti di grande scala (grandi edifici commerciali, alberghi, aeroporti, centri commerciali, ...)
- Lo standard deve
 - garantire l'**interoperabilità** tra sistemi di diversi produttori e per diverse applicazioni
 - implementare una procedura per la certificazione di prodotti costruiti da terzi
 - deve essere conforme agli standard europei di qualità/sicurezza

Giuseppe Iannaccone - 2005

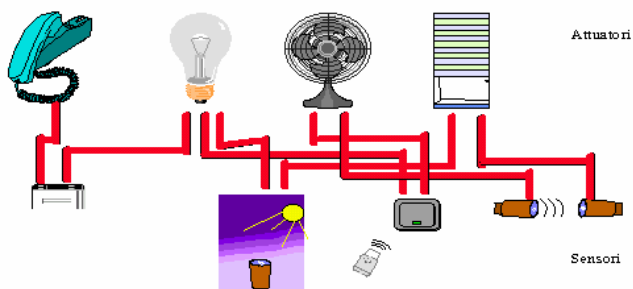
Sistemi a Bus di campo

- Nei sistemi a bus di campo è possibile trasferire le informazioni tra vari componenti di un impianto "intelligente", attraverso un unico bus a cui deve essere collegato ciascun componente, e non richiedendo di dover realizzare un collegamento apposito.
- Se vogliamo che i componenti di tutti i sottosistemi siano collegati al bus, è ovviamente necessario uno standard unico
- Perché un bus?
 - Supponiamo di voler collegare tra di loro **N** elementi
 - Con un cablaggio normale abbiamo bisogno di $N(N-1)/2$ collegamenti (uno per ogni coppia di elementi).
 - Con un cablaggio strutturale abbiamo **N** collegamenti (tra ogni elemento e il bus).
 - Ogni aggiunta di un elemento al bus richiede l'aggiunta di un solo collegamento, e non di modificare sostanzialmente il cablaggio.

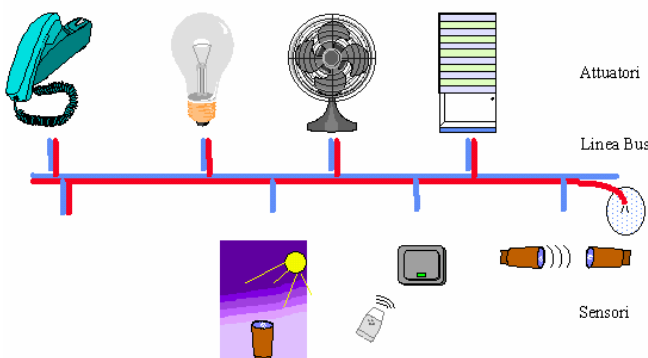
Giuseppe Iannaccone - 2005

Cablaggio Strutturato

IL CABLAGGIO TRADIZIONALE



IL CABLAGGIO INTELLIGENTE



- Due linee separate
 - potenza (AC 230 V)
 - dati (es. DC low V)
- Ogni elemento dell'impianto è un trasmettitore/ricevitore sul bus.
 - Un interruttore è un trasmettitore che invia alla lampadine il messaggio con il comando di accensione.
- La funzione di ogni elemento della rete viene programmata

Giuseppe Iannaccone - 2005

Vantaggi di un Sistema a bus di campo

- Riduzione del cablaggio (e quindi del carico infiammabile) anche fino al 60% con l'eliminazione della ridondanza
- Utilizzo condiviso degli stessi sensori per apparecchi diversi (riduzione della spesa complessiva)
- Semplificazione della diagnosi e della ricerca dei guasti
- Flessibilità nell'uso e nei cambiamenti di destinazione d'uso.
- Riduzione dei costi di gestione mediante soluzioni impiantistiche integrate (ad esempio si stima che si possa ridurre il consumo per riscaldamento del 30% mediante il controllo separato di ogni singolo ambiente).
- Semplice progettazione e messa in opera

Giuseppe Iannaccone - 2005

Processo di convergenza verso lo Standard Konnex

- Prima del 1997 erano promossi in europa tre standard differenti di sistemi bus per edifici commerciali/residenziali
 - BatiBUS (Schneider Electric, MERLIN GERIN, AIRELEC, EDF, LANDIS & GYR) → particolarmente diffuso in Francia per impianti elettrici e HVAC.
 - EIB (Insta, Siemens, Merten, ABB) → diffuso in regioni germanofone per impianti elettrici e HVAC
 - EHS European Home Systems (Bosch, Philips, Electrolux) → configurazione automatica di "white and brown goods".
- Nel 1996 le associazioni di costruttori e utilizzatori impegnate nella definizione e nella promozione di questi standard hanno cominciato un percorso di CONVERGENZA per definire le norme di progettazione, installazione, e utilizzazione di impianti MISTI basati sui tre standard ("Convergence Model").

Giuseppe Iannaccone - 2005

Konnex Association

- 1999 viene fondata la **KONNEX association** con obiettivi:
 - sintesi di uno standard unico KNX
 - standardizzazione europea attraverso CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization)
 - protezione del marchio, certificazione dei prodotti, training
- 2002 viene rilasciata lo standard KNX 1, che unifica i precedenti e costituisce uno standard unico (2004, KNX 1.1)
- 2005 Lo standard industriale KNX è diventato standard europeo CENELEC (EN 50090).
- Konnex ad oggi ha 90 membri attivi nei settori dell'illuminazione, oscuramento, sistemi HVAC, sistemi d'allarme, elettrodomestici.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Tecnologia KNX (I)

- Lo standard KNX fonde insieme gli standard precedenti e mantiene una retro-compatibilità quasi totale con EIB e alta con BatiBUS e EHS
- Piu' strati fisici (1) e di collegamento (2) previsti, in base al mezzo di trasmissione:
 - TPO (Twisted Pair) da Batibus
 - TP1 (Twisted Pair) e PL 110 (Power Line) da EIB
 - PL 132 (Power Line) da EHS
 - RF (RadioFrequency -- originale KNX - ora anche EIB)
 - IP (Internet Protocol -- originale KNX)
- Kernel Unico (Strato di rete -3) per indirizzamento e protocolli per la comunicazione punto/punto e da punto a gruppo da EIB
- Estensione dedicata a sistemi HVAC

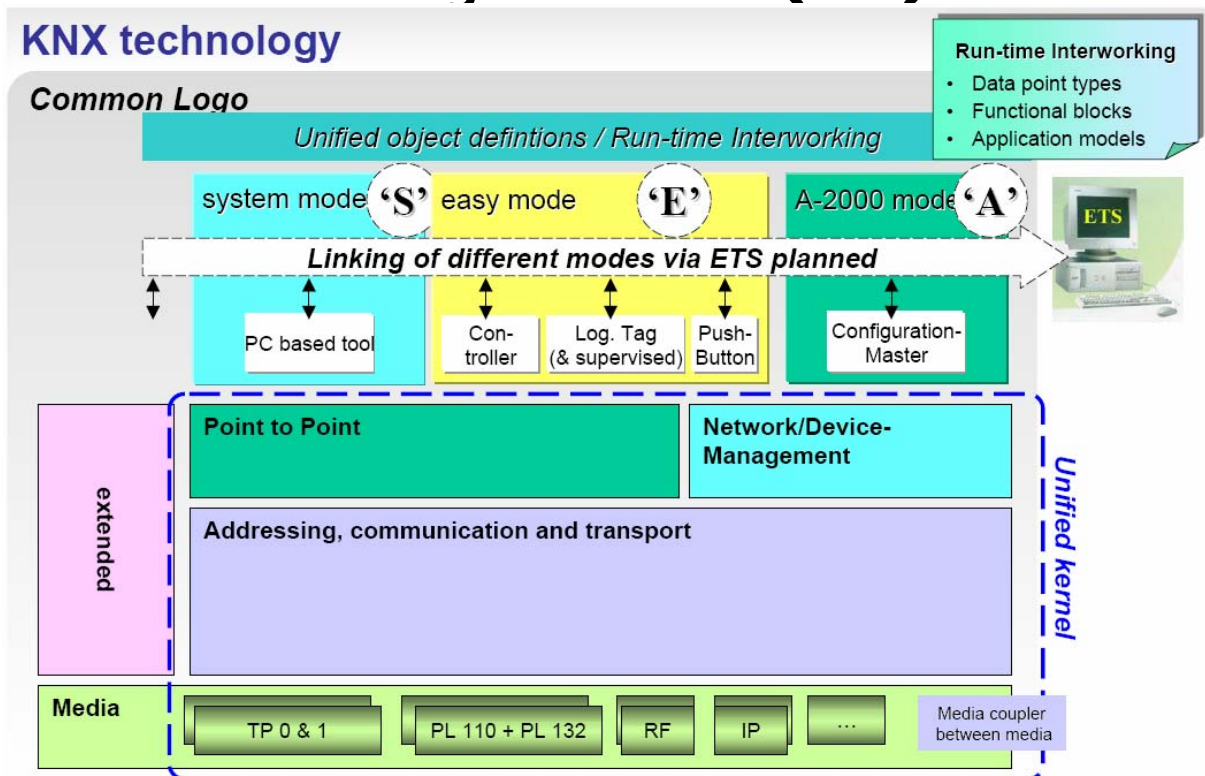
Giuseppe Iannaccone - 2005

Tecnologia KNX (II)

- Tre modi di funzionamento (Livello di Applicazione - 7) a seconda della classe di impianto:
 - **System Mode**: per grandi edifici e ambienti, progettazione con strumenti cad (software ETS ereditato da EIB)
 - ETS Professional: "contractor" certificato, potenzialità complete
 - ETS Starter: "contractor" non certificato (max 64 nodi)
 - **Easy Mode**: per edifici residenziali o piccoli commerciali con progettazione semplice senza CAD, una centralina di controllo e pochi nodi.
 - **Auto Mode**: collegamento di apparecchiature nel singolo appartamento. Nessuna progettazione, fa tutto l'utente o l'installatore (ereditato da EHS).
- I diversi modi possono essere legati insieme dal software ETS

Giuseppe Iannaccone - 2005

Tecnologia Konnex (III)



Giuseppe Iannaccone - 2005

BatiBUS - componenti del sistema (I)

1. Trasmettitori (TX),

- elementi di controllo, che interfacciano i sensori con uscita a contatto con il BUS

2. Ricevitori (RX),

- collegano le utenze al batibus, ed eccitano relé attuatori sulla base del messaggio ricevuto sul bus.

3. Alimentatore Batibus (linea dati):

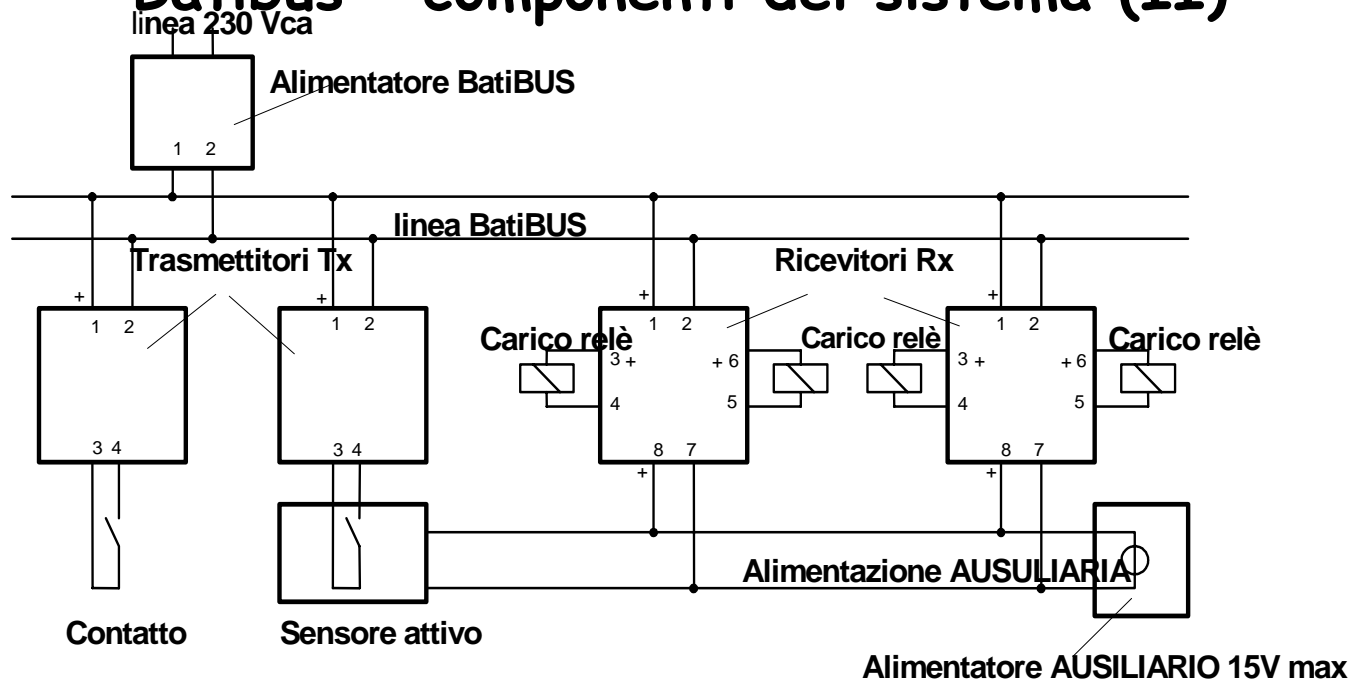
- Tensione SELV (Safety Extra Low Voltage) da 14.5 VDC (corrente massima erogata 300 mA). [la SELV e' non riferita a massa, che in condizioni di funzionamento normale e' inferiore a 42.4 V di picco o 42 V DC. In presenza di un singolo guasto, la tensione non deve superare tali valori per più di 0.2 secondi].

4. Alimentatore Ausiliario per i relé attuatori e sensori attivi

- I sensori attivi dei trasmettitori e i relé dei ricevitori non possono essere alimentati dalla linea dati Batibus e hanno bisogno di un alimentatore SELV ausiliario.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Batibus - componenti del sistema (II)



- L'alimentatore Batibus alimenta solo trasmettitori e ricevitori ma NON i dispositivi esterni ad essi collegati

Giuseppe Iannaccone - 2005

Livello Fisico (I)

- Il Supporto fisico è un **doppino telefonico intrecciato** (Twister Pair 0 - TPO) ed, eventualmente, schermato. Lo schermo deve essere collegato al conduttore alla tensione più bassa del doppino e al terminale negativo di ogni nodo del BatiBUS.
- Il cavo viene steso nelle stesse condutture della rete di distribuzione della 220 V, e deve avere l'isolamento minimo richiesto per la tensione più elevata della conduttura.
- La massima distanza tra un nodo e l'alimentatore è determinata dalla resistenza massima accettabile tra i due punti: 12 Ohm.
- La massima lunghezza complessiva della linea è determinata dalla massima capacità della linea: 250 nF
- Massima capacità di un punto connesso alla linea: 50 nF
- Capacità totale massima dei punti connessi alla linea: 150 nF

Giuseppe Iannaccone - 2005

Livello Fisico (II)

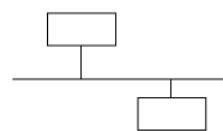
Topologie possibili

•bus, albero, anello, stella, misto

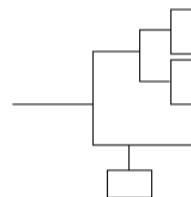
Distanza massima dall'alimentatore batiBUS di due punti in comunicazione, con alimentatore posizionato al centro:

Sezione Cavo BUS (mm ²)	Lunghezza massima (m)
0.5	100
0.75	200
1.5	400
2.5	600

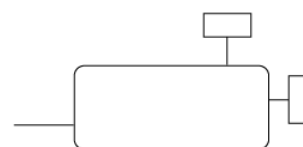
- with a bus topology



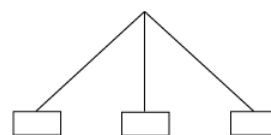
- with a tree topology



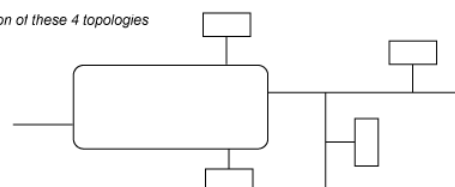
- with a ring topology



- with a star topology

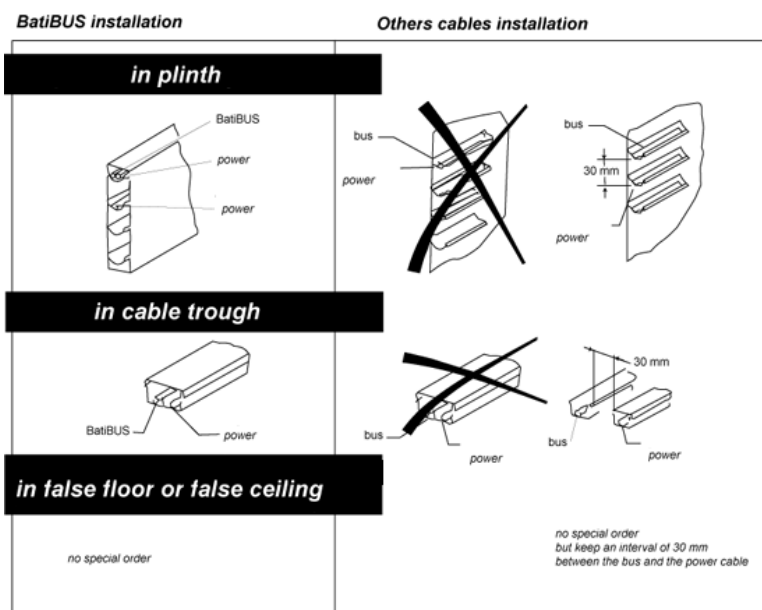


- with any combination of these 4 topologies

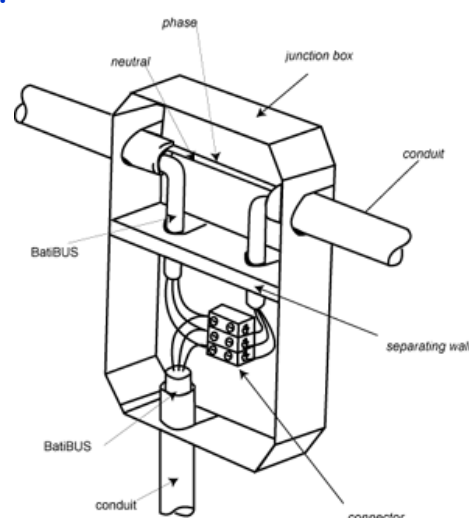


Giuseppe Iannaccone - 2005

Isolamento e Giunzioni



La giunzione richiede un "muro" di separazione tra phase e SELV



L'unico vincolo di installazione è l'isolamento per la SELV. Se nelle stesse condutture deve avere l'isolamento richiesto per la tensione più elevata presente oppure avere lo stesso isolamento del cavo di energia. (CEI 64-8)

Giuseppe Iannaccone - 2005

Indirizzamento

- Ogni terminale (nodo) della rete è identificato con tre codici:
 - Indirizzo
 - 240 indirizzi possibili per ogni TIPO di nodo
 - Tipo
 - 32 tipi di nodo possibili.
 - » Per es: 05 ingresso binario, 04 uscita binaria, OE comando manuale, 01 trasmettitore telefonico
 - Estensione:
 - Se codice di estensione vale 04 l'indirizzo è esterno, cioè sono a disposizione bit addizionali per ampliare il dominio di indirizzamento. Se il codice di estensione è 00 l'indirizzo è senza estensione.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Modi di indirizzamento possibili

- **Point-to-Point (Diretto):**
 - nel messaggio si specifica l'indirizzo del nodo "destinatario".
- **Multicast (di Gruppo):**
 - indirizzato a tutti i nodi con la prima cifra di indirizzo, il tipo e l'estensione specificato nel messaggio. Ci sono al più 15 gruppi differenti, ciascuno con al più 16 nodi.
- **Broadcast (Generale):**
 - indirizzato a tutti i punti con estensione indicata nel messaggio. L'indirizzo FF indica TUTTA la rete.
- **Extended (Esteso):**
 - Da un punto con codice di estensione 04 a un punto con codice di estensione 04. Le ulteriori informazioni sull'indirizzo sono contenute nei campi TAE (Type Address Extended) e EADR (Extended Address), e altri.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Estensione della rete e segnale

- Il numero dei NODI della rete è limitato essenzialmente dall'ALIMENTATORE.
 - L'alimentatore batiBUS eroga tipicamente 150 mA (limitazione hardware a 300 mA). Se assumiamo che in media ogni nodo assorba 2 mA dalla linea, abbiamo un massimo di 75 nodi.
 - Se invece i nodi sono alimentati dall'alimentatore ausiliaria si può arrivare a circa 1000 NODI.
- **CARATTERISTICHE DEL SEGNALE**
 - Baud rate 4800 bps
 - Codifica NRZ in banda base.
 - 1: linea batiBUS aperta per la durata di un bit (208 μ s)
→ $V = 14.5$ V SELV
 - 0: linea batiBUS in cc per la durata di un bit (208 μ s)
→ $V = 0$.
 - E' importante collegare correttamente i terminali positivo e negativo.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Livello Collegamento Dati (I)

- Ogni carattere ha un totale di 11 bit:
 - START + 8 bit + 1 bit parità (dispari) + STOP

START	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	P odd	STOP
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	-------	------

- Il messaggio ha una lunghezza massima di 32 caratteri
 - (26 di dati + 6 di controllo errori).
- Comunicazione: Bidirezionale, Half Duplex, Distribuita (senza necessità di centrali di controllo).
- Il controllo delle collisioni viene fatto con un meccanismo **CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance)**.

Giuseppe Iannaccone - 2005

CSMA/CA (I)

(Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance).

- Il nodo che vuole trasmettere un messaggio si mette prima in ascolto sulla rete.
 - Se si accorge che non c'è nessuna trasmissione in corso (cioè la tensione sul bus è alta per un tempo prefissato), il nodo inizia a trasmettere.
- Ad ogni bit ogni nodo che trasmette verifica se c'è collisione in atto, rilevando la tensione sul BUS, e verificando che sia uguale a quella prevista dal bit che sta trasmettendo.
- Se due nodi diversi provano a trasmettere bit differenti sul bus, sul bus si legge sempre "0", che corrisponde a chiudere la linea in corto (si dice che "0" è il bit **prevalente**).
 - Il nodo che trasmette il bit prevalente (in questo caso 0), non si accorge neppure della collisione, perché rileva che la tensione del bus è quella associata al bit che sta trasmettendo.

Giuseppe Iannaccone - 2005

CSMA/CA (II)

(Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance).

- Il nodo che trasmette l'altro bit (in questo caso 1), si accorge della collisione, perché rileva sul bus il bit prevalente, diverso da quello che sta trasmettendo, e quindi arrestano la trasmissione e si pongono in ricezione.
- Appena i nodi che si sono bloccati rilevano che la linea è di nuovo libera, aspettano un intervallo di tempo di durata estratta in modo casuale e riprovano a trasmettere.
- In assenza di acknowledgment, ogni nodo, prima di segnalare errore, prova a trasmettere in tutto tre volte.
- I tempi di risposta della rete sono
 - 50 ms con rete libera,
 - 200 ms con traffico normale (tipico)
 - < 1 s nel 99% dei casi.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Flusso di progetto

1. Si disegna lo schema dell'impianto, inserendo tutti i nodi della rete collegati agli utilizzatori e ai comandi, il collegamento dell'alimentatore ausiliario per i carichi dei nodi e l'alimentatore BatiBUS
2. Ad ogni nodo si associa un indirizzo, se ne stabilisce il tipo (in base alla funzione), si decide con chi deve comunicare, e si attribuisce una funzione specifica (e ben descritta) all'interno dell'impianto.
3. Si dimensiona il cavo BUS in base alle distanze, assicurando le caratteristiche di isolamento quando si fa scorrere nelle stesse condutture della tensione di rete e quando si fanno giunzioni.
4. Si procede con l'installazione, settando per ogni nodo installato l'indirizzo e il tipo stabilito in precedenza, e collegando sensori e rele' ai nodi.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Esempio BatiBUS

- City Passage Veldhoven
- 9400 m²
- *Functions controlled:*
 - Electric heating
 - Ventilation
 - Technical alarms
 - Lighting
 - Fire
 - Intrusion
 - Opening and closure of automatic doors
- *List of equipment installed:*
 - 276 output modules
 - 244 input modules
 - 2 circuit controllers



- 1 bus control panel with 25 programming keys
- 1 bus control panel with 64 programming keys
- 2 Luxmetres

Giuseppe Iannaccone - 2005

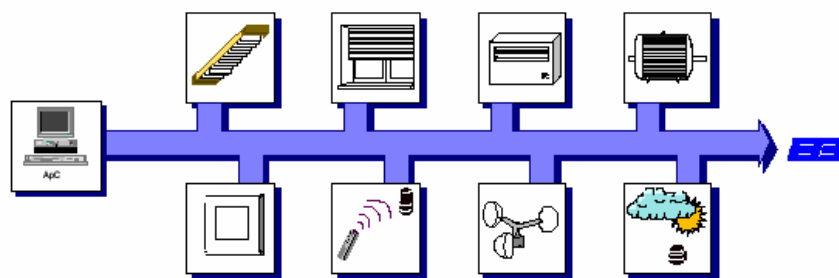
EIB European Installation Bus

- Lo standard KNX ha lasciato l'EIB praticamente inalterato
- *Campi di impiego nel settore residenziale e terziario:*
 - Controllo dell'illuminazione
 - Controllo tapparelle e avvolgibili
 - Regolazione dei singoli ambienti (riscaldamento, ventilazione, climatizzazione)
 - Funzioni di sicurezza (anti-incendio e anti-intrusione)
 - Segnalazione, Comunicazione, Comando
 - Monitoraggio
- *Le utenze devono essere collegate alla rete di distribuzione elettrica, i sensori e attuatori al bus EIB*

Giuseppe Iannaccone - 2005

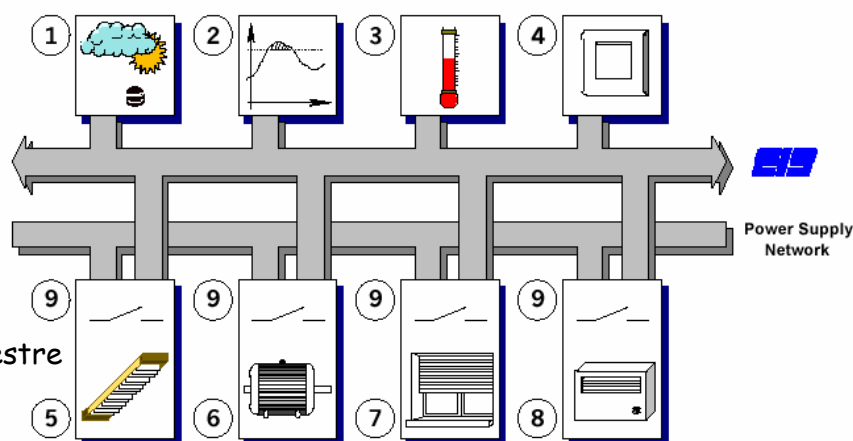
EIB - Gestione del bus

- **Centralizzata**
 - gestita da un **Application Protocol Controller (APC)**



- **De-centralizzata**

1. sensore di luce
2. sensore di soglia
3. sensore di temperatura
4. sensore monitoraggio
5. attuatore: illuminazione
6. attuatore: controllo motori
7. attuatore: oscuramento finestre
8. attuatore: riscaldamento
9. interruttore 220/230 VAC



Giuseppe Iannaccone - 2005

Es. Edificio di rappresentanza

- **Impianti di**
 - Illuminazione
 - Ombreggiamento (protezione da irraggiamento solare)
 - Riscaldamento, Ventilazione, Climatizzazione (HVAC)
 - Allarme Antincendio
 - Protezione oggetti
 - Riconoscimento persone
 - Sistema di gestione del parcheggio
 - Sistema di allarme CO (ossido di carbonio)
 - Citofonia, Telefonia, Internet
 - Telettura (corrente, acqua, gas)
 - Preparazione acqua
 - Energie alternative (eventualmente)
 - Alimentazione elettrica di sicurezza
 - Sistemi di chiusura
 - Recupero energia
- Tutti gli impianti sono basati sull'alimentazione 220-380 V.
- La gestione avviene tramite un sistema di controllo dell'edificio.
- Conviene che ogni sistema svolga localmente quante più funzioni possibili, in modo da alleggerire il carico del sistema di controllo dell'edificio.

Giuseppe Iannaccone - 2005

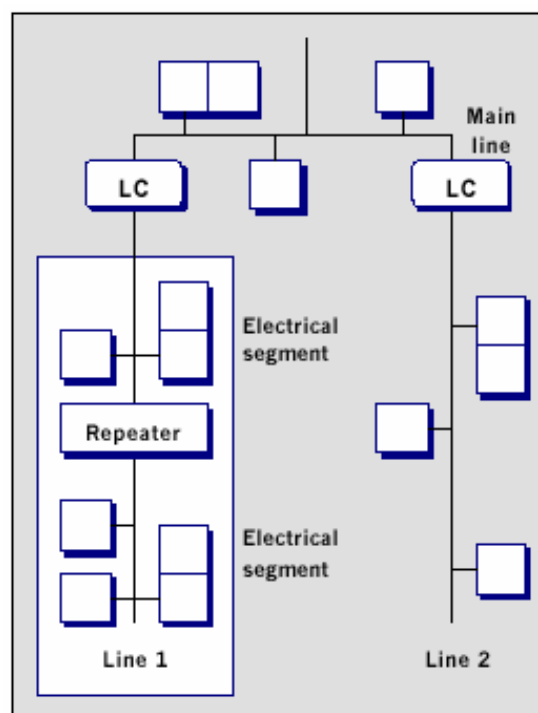
Struttura della Rete EIB (I)

- Due mezzi di trasmissione
 - Twisted Pair TP1
 - Power line (onde convogliate) PL 110
- (estensioni RF, IF, e IP implementate dopo la convergenza)
- **Struttura della rete nel caso TP1**
- L'elemento minimo del sistema è la **linea** a cui possono essere connessi 28 (256) dispositivi.
- E' pero' necessario inserire un **ripetitore** ("bridge", o "repeater") ogni blocco di 64 dispositivi collegati alla linea.
- Ogni linea è separata elettricamente (isolamento galvanico) dalle altre e ha un proprio alimentatore. La caduta di una linea non ha conseguenze per il resto del sistema.
- La linea di nuova istallazione deve avere non più di 64 dispositivi senza ripetitori. Gli altri possono essere aggiunti in caso di necessità di estendere la linea

Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura della Rete EIB (II)

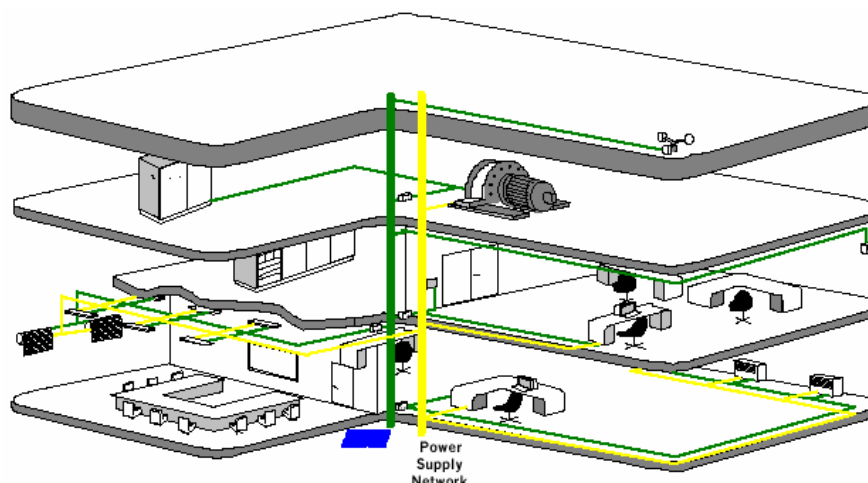
- Tramite un **accoppiatore di linea** (line coupler - LC - o "router") si possono connettere fino a 12 linee in modo da formare un **campo o zona** (area in inglese) (indirizzo logico da 0 a 15).
- La linea che collega gli accoppiatori di linea si chiama **linea principale**.
- Con gli **accoppiatori di zona** (zone coupler - ZC - o "router" - o "Bbc") si possono connettere fino a 15 zone.
- Gli accoppiatori di zona sono collegati al bus principale (**dorsale** - "backbone").



Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura della rete EIB (V)

- Esempio di struttura ad albero



- Massime distanze all'interno di una linea per ogni segmento elettrico (cioè per la zona controllata da un singolo ripetitore):
 - lunghezza complessiva del cavo 1000 m
 - distanza massima tra dispositivo (nodo) e alimentatore 350 m
 - distanza massima tra due dispositivi 700 m
 - distanza minima tra due alimentatori all'interno di una linea 200 m

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB - Indirizzamento (I)

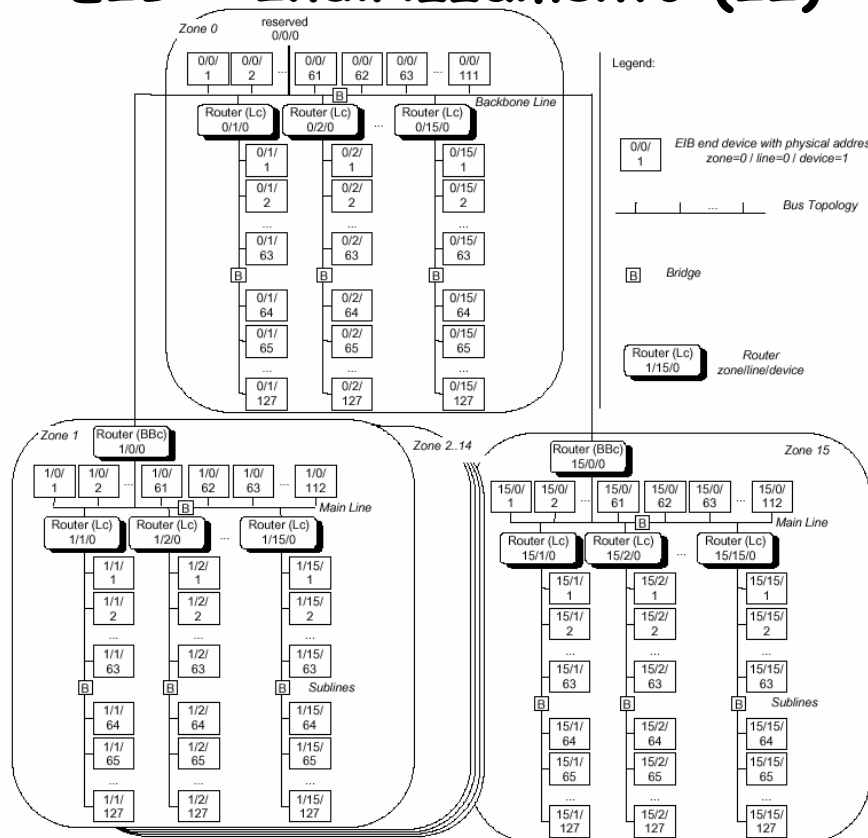
- Ogni dispositivo sulla rete ha un **INDIRIZZO FISICO UNICO**, costituito da 2 byte (4 bit per la zona, 4 bit per la linea, 8 bit per l'indirizzo nella linea),
 - Il device number è unico nella linea.
 - Il numero di linea è unico nella zona (area).
- In tutto 2^{16} indirizzi fisici.
- Ogni dispositivo ha inoltre uno o più di un **INDIRIZZO DI GRUPPO**. L'indirizzo di gruppo NON è unico, cioè un dispositivo può avere più indirizzi di gruppo e, ovviamente, più dispositivi possono avere lo stesso indirizzo di gruppo.
- Tutti i dispositivi appartengono anche al gruppo ZERO

Physical Address															
Octet 0								Octet 1							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
area number				line number				device number							

Group Address															
Octet 0								Octet 1							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
main group				sub group											

Giuseppe Iannaccone - 2005

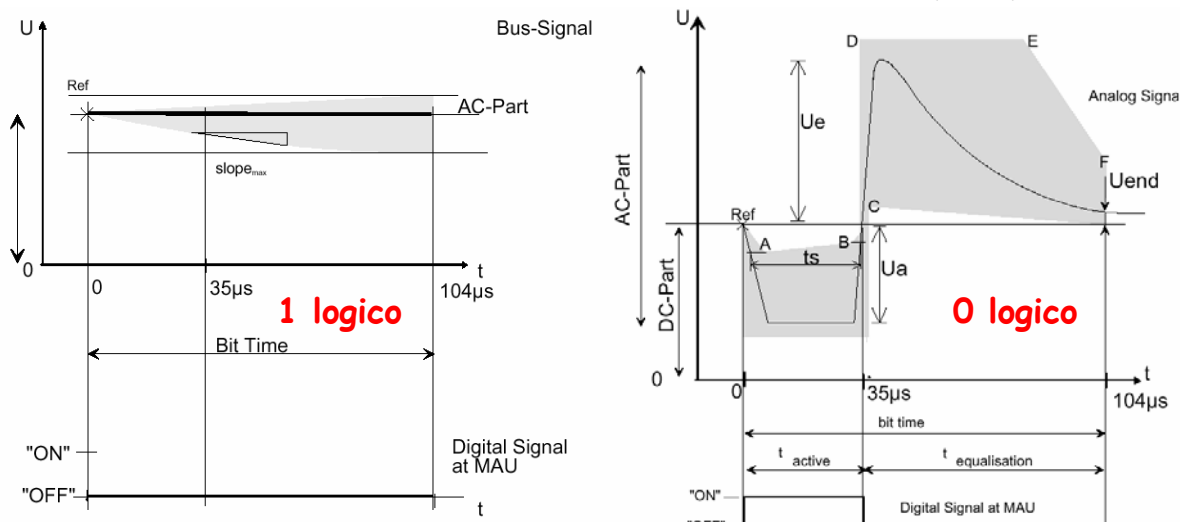
EIB - Indirizzamento (II)



EIB - Livello Fisico con TP1 (I)

- Il tipo di trasmissione è scelto in modo che il sistema funzioni con qualsiasi topologia della rete, **senza obbligare a terminare la linea**.
- La trasmissione dei dati sulla linea bus è **simmetrica** (bilanciata), cioè l'informazione è nella differenza di potenziale fra i due cavi del bus.
- La trasmissione avviene in **BANDA BASE** a **9600 bps**
- L'algoritmo di gestione delle collisioni è **CSMA/CA**
- Tutti i dispositivi su una linea sono alimentati dalla linea stessa (**dati e alimentazione DC** transistano sul bus EIB). La tensione di alimentazione è **30 V_{DC} SELV**. La corrente assorbita da ciascun dispositivo standard EIB è 3-12 mA.
- Non si possono usare più di due alimentatori per segmento elettrico.

EIB Livello Fisico con TP1 (II)

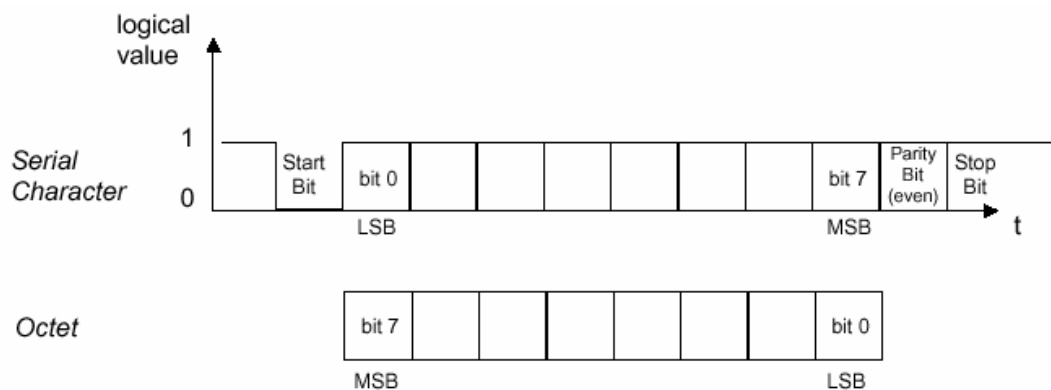


- Trasmettere 1 equivale a lasciare invariata la tensione sul BUS,
- Per trasmettere 0 la tensione viene portata almeno U_a sotto il valore medio per un tempo t_s . Poi sovratensione per induttanza
- Come nel batibus, il bit 0 è il bit prevalente.
- $25 \mu s < t_s < 70 \mu s$, $0.7 < U_a < 10.5 V$

Giuseppe Iannaccone - 2005

Carattere

- 11 bit: start bit (0), ottetto, bit parità (pari), stop bit (1)



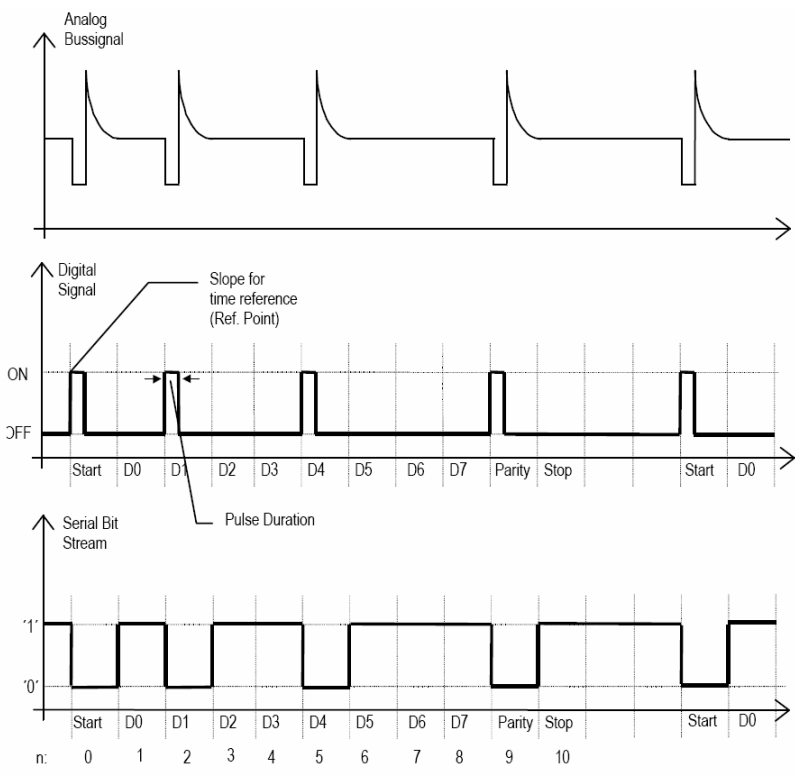
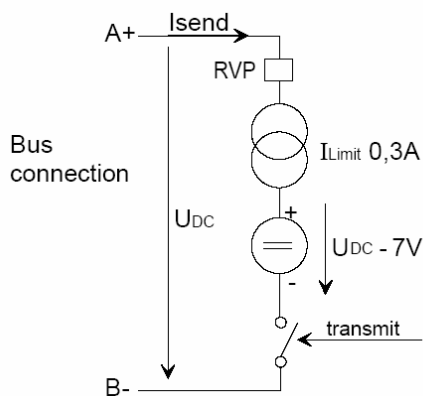
Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB Livello Fisico con TP1 (V)

- Trasmissione

- Esempio

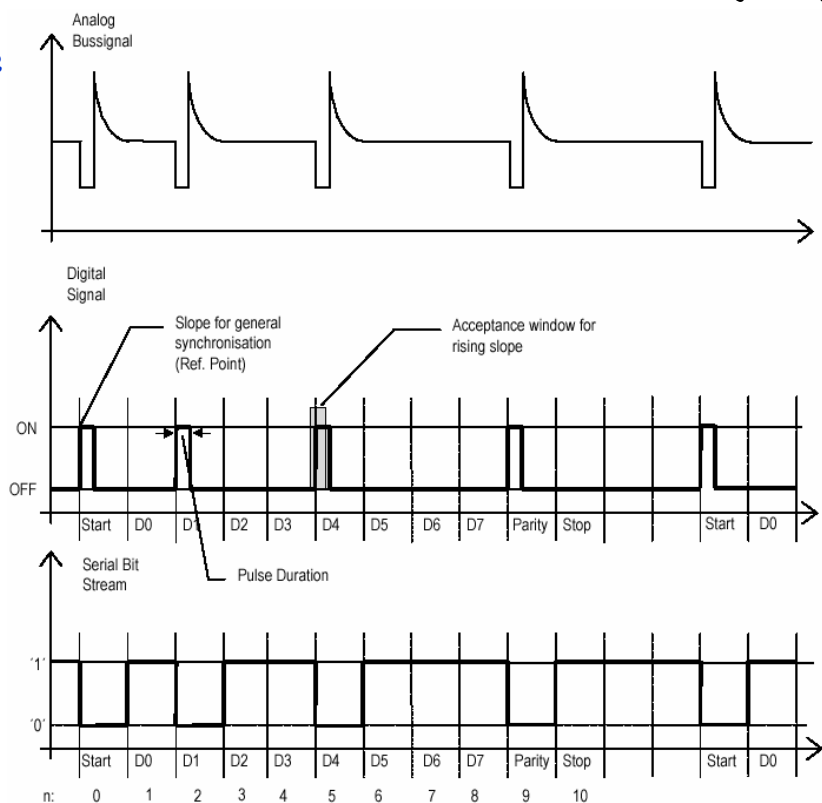
- TP256



Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB Livello Fisico con TP1 (VI)

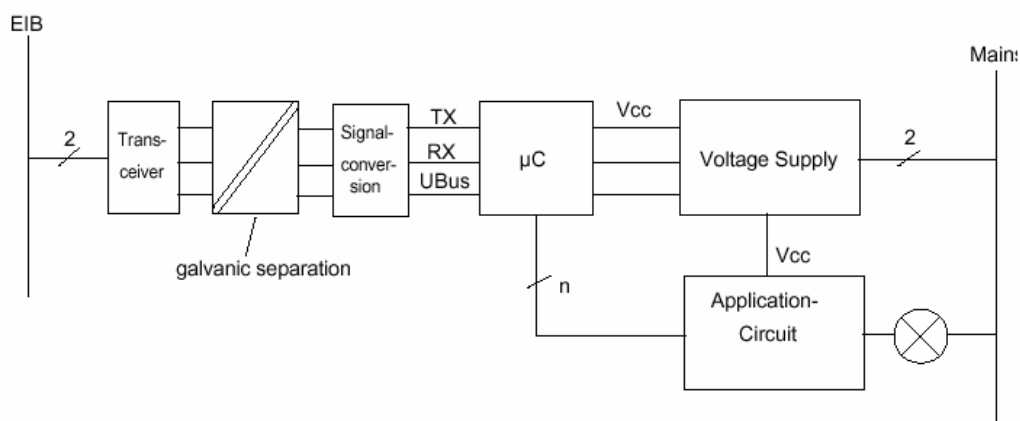
- Ricezione



Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB Alimentazione dispositivi

- I dispositivi che non sono alimentati dal bus EIB vengono alimentati dalla rete, tramite un proprio convertitore AC-DC e sono isolati galvanicamente (accoppiatore ottico o a trasformatore) dal bus.



Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB Struttura della rete (VI)

- I **Bridge** connettono diversi segmenti elettrici, isolandoli elettricamente, per migliorare l'immunità al rumore.
 - Non hanno un indirizzo fisico
 - I bridge semplicemente ripetono sull'altro segmento l'informazione ricevuta sull'altro.
 - (Nota: una linea nuova non dovrebbe avere bridge. I bridge devono essere usati solo per eventuali estensioni).
- Massima distanza tra due dispositivi nella stessa linea $700 \times 4 = 2800$ m

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB Struttura della Rete (VII)

- I **router** (LC e ZC) hanno un indirizzo fisico. Anche i router sono isolati galvanicamente.
- Usando cavi e router da standard, una zona puo' avere $256 \times 16 = 4096$ nodi, e un'estensione di $4000 \text{ m} \times 16 = 64000 \text{ m}$. Non più di 6 dispositivi di accoppiamento (router e bridge) possono stare tra due dispositivi. Quindi la distanza massima tra due dispositivi nella stessa zona è $700 \times 7 = 4900 \text{ m}$.
- Il collegamento tra zone puo' essere fatto anche con mezzi diversi dal bus EIB, ad esempio ISDN, Profibus, Ethernet
- Il collegamento tra il sistema EIB e una rete diversa si chiama **Gateway**.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Servizi del livello fisico

- Due **servizi** vendono offerti dal livello fisico al livello dati
 - **Ph_data service** → si occupa del trasferimento di un byte
 - **Ph_reset service** → reset

Ph_reset service

- E' un semplice servizio di reset confermato
- Due Funzioni primitive:
 - **Ph_reset.req()**
 - Sincronizzazione
 - **Ph_reset.con(p.status)**
 - p.status: "OK", "transceiver fault"

Giuseppe Iannaccone - 2005

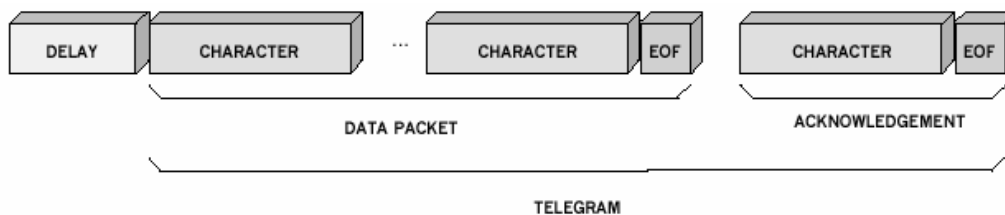
Ph_data service

- Ph_data service si compone di tre funzioni primitive, o "primitive" (servizio parzialmente confermato).
 - **Ph_data.req** → **Ph_data.req(p_class, p_data)**
 - p_class dà indicazioni di temporizzazione: quanto aspettare prima di trasmettere il bit
 - p_data è l'ottetto da trasmettere
 - **Ph_data.ind** → **Ph_data.ind(p_class, p_data)**
 - p_class informazioni di temporizzazione e altro (errori di parità etc.)
 - p_data byte estratto dal ricevitore.
 - **Ph_data.con** → **Ph_data.con(p_status)**
 - p_status puo' valere: "OK", "line busy" (linea occupata), "collision detected", "transceiver fault" (problema nella connessione elettrica).

Giuseppe Iannaccone - 2005

Livello di Collegamento Dati: struttura delle trame

- Due dispositivi (nodi) della rete si scambiano un TELEGRAMMA (telegram) formato da un "PACCHETTO" (data packet) e una "CONFERMA" (acknowledgement)
- Il pacchetto è inviato da chi trasmette il telegramma, l'acknowledgment è la conferma di chi ha ricevuto.



Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura del pacchetto (I)

octet 0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	N - 1	N ≤ 22
Control Field	Source Address		Destination Address		DAF; NPCi; length	TP CI	AP CI	data /AP CI	data		Check Octet

- **Campo di controllo (1 byte)**
 - Informazioni di sistema, ad esempio se si tratta di un primo invio o di una ritrasmissione, la priorità del messaggio, etc.
- **Indirizzo mittente (source)** è l'indirizzo fisico del mittente (2 byte)
- **Indirizzo destinatario** puo' essere l'indirizzo fisico del destinatario (solo in fase di inizializzazione, diagnostica, programmazione) o l'indirizzo di gruppo (operazione normale) - (2 byte)

Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura del pacchetto (II)

octet 0	1	2	3	4	5	6	7	8	...	N - 1	N ≤ 22
Control Field	Source Address		Destination Address		DAF; NPCi; length	TP CI	AP CI	data /AP CI	data SDU		Check Octet

- **DAF**: Byte che indica il tipo di indirizzo destinatario (destination address flag), (1 byte)
- Altre informazioni di servizio (3 byte)
- **LSDU** (link SDU - service data unit) dati da trasmettere (al più 14 byte)
- **Check byte**. Il bit n-esimo di questo byte è il bit di parità di tutti gli n-esimi bit dei byte precedenti (parità dispari).
- La lunghezza massima di ogni pacchetto è 23 byte. (14 di dati).

Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura dell'Acknowledgment

- Dopo la pausa, gli apparecchi che hanno riconosciuto l'indirizzo destinatario trasmettono una conferma che consiste in un byte:
 - **ACK**: messaggio ricevuto correttamente
 - **NAK**: messaggio NON ricevuto correttamente (per esempio, parità errata).
 - **BUSY**: impegnato - non funziona
- Siccome "0" è il bit prevalente, se vengono trasmessi contemporaneamente ACK e NAK il ricevitore rileva NAK, se contemporaneamente ACK e BUSY il ricevitore capisce busy.
- Se il ricevitore sente NAK o BUSY ritrasmette, fino a un massimo di tre volte.

Octet 0								
Short ACK								
8	7	6	5	4	3	2	1	
1	1	0	0	1	1	0	0	ACK
0	0	0	0	1	1	0	0	NAK
1	1	0	0	0	0	0	0	BUSY

Giuseppe Iannaccone - 2005

Mezzo di trasmissione Power Line PL110 (I)

- **Struttura della rete:** è la struttura della rete di distribuzione dell'energia elettrica, in accordo ai regolamenti nazionali. Può essere monofase o trifase (50 Hz).
- **Trasmissione a onde convogliate**
- **Il segnale viene trasmesso tra una fase e il neutro (modo differenziale).**
- **Modulazione:** SFSK Spread Frequency Shift Keying - Bit rate 1200 bps
- **Trasmissione asincrona**
- **I simboli sono sincronizzati con la frequenza principale (di rete).**

Giuseppe Iannaccone - 2005

Mezzo di trasmissione Power Line PL132 (II)

- **Importante: il campo di segnale deve essere chiuso. Quindi il sistema EIB-PL si puo' usare:**
 - a valle del contatore di energia in abitazioni singole e plurifamiliari (accoppiate mediante filtri).
 - In reti isolate di edifici di grandi dimensioni
- **EIB-PL non si puo' usare, invece,**
 - In impianti industriali se sono in funzione apparecchiature non protette adeguatamente contro le interferenze
 - Per la trasmissioni tra edifici diversi di una rete aperta (una via, un quartiere)
 - Se c'è un trasformatore nella rete

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL Tabella di riassunto

Characteristic	Description
Medium	electrical power distribution network
Topology	installation dependant (e.g. linear, star, tree)
bit rate	1200 bps
mains frequency	50 Hz (acc. EN 50160)
number of Domain Addresses	255
number of Physical Addresses	32767
modulation type	spread frequency shift keying (SFSK)
frequency for logical "0"	105.6 kHz \pm 100 ppm
frequency for logical "1"	115.2 kHz \pm 100 ppm
Bit duration	833.33 μ s
Maximum output level	116 dB μ V*
Input sensitivity	\leq 60 dB μ V**
Device class	class 116*
Compliance to standards	EN 50065-1:1991

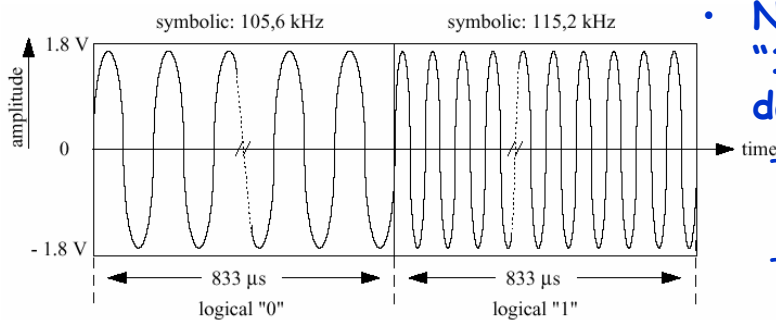
* measurement according EN 50065-1

** with artificial network according CISPR Publication 16-1, 2nd edition [(50 μ H+5 Ω) / 50 Ω]

Giuseppe Iannaccone - 2005

Modulazione SFSK

- La codifica del segnale SFSK è NRZ
 - "0" logico: frequenza di 105,6 kHz per 833 μ s
 - "1" logico: frequenza di 115,2 kHz per 833 μ s
 - bit rate = $1/(833 \mu\text{s}) = 1200$ bps



- Il segnale è sommato alla tensione alternata di rete a 50 Hz.
- L'ampiezza del segnale è limitata a 116dBmV.
- Per limitare i disturbi si richiede che quando cambia il simbolo la fase sia continua.
- Nota: le frequenze di "0" e "1" logico sono multiple del data rate
 - "0": vengono trasmessi 88 periodi nel tempo di un bit
 - "1" : 96 periodi nel tempo di un bit.

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL - Collisioni

- Quando vengono trasmessi da due dispositivi due simboli uguali, la differenza tra le frequenze modula in ampiezza il segnale risultate alla frequenza differenza (al più una parte su 10000, cioè qualche decina di Hertz)
- Nel caso di collisione, il segnale somma risulta modulato in AM (100%) con un segnale alla frequenza $(f_1 - f_0)/2 = 4.9$ KHz, infatti:

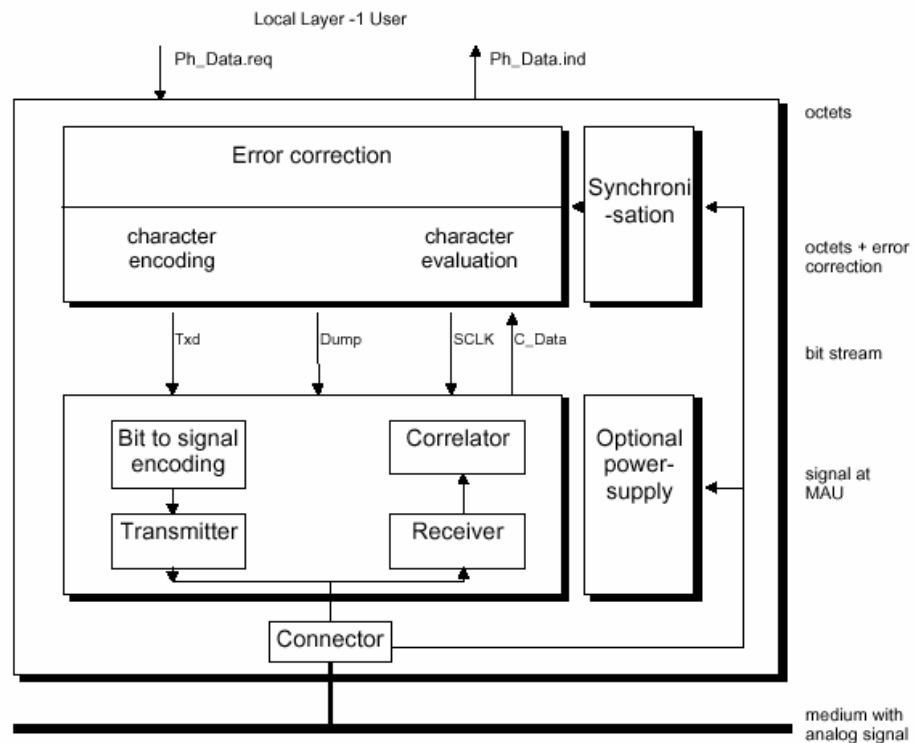
$$\cos(\omega_0 t) + \cos(\omega_1 t) = 2 \cos \left[\left(\frac{\omega_1 - \omega_0}{2} \right) t \right] \cos \left[\left(\frac{\omega_1 + \omega_0}{2} \right) t \right]$$

- Il protocollo non prevede gestione delle collisioni

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL Entità strato fisico

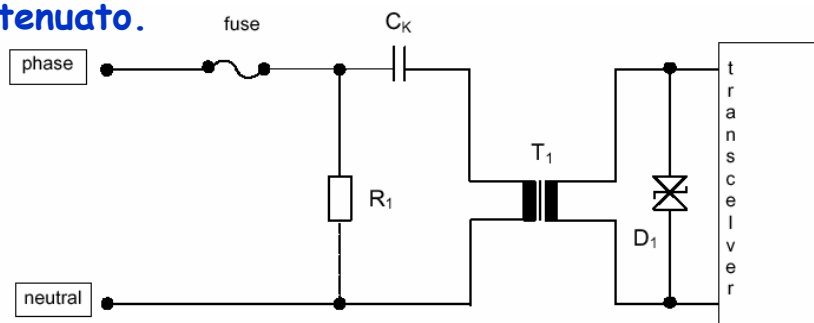
- Connettore,
- MAU (Medium Attachment Unit):
- Logica di correzione degli errori



Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL Medium Attachment Unit

- Al connettore sono collegati il trasmettitore, il ricevitore, e un eventuale alimentatore (convertitore ACDC del dispositivo).
- Impedenza del MAU
 - Il MAU in ricezione deve avere alta impedenza ($> 80 \text{ Ohm}$ tra 100 e 125 KHz) per non caricare eccessivamente la rete; in trasmissione deve avere BASSA impedenza ($< 20 \text{ Ohm}$ tra 100 e 125 KHz) perché il segnale trasmesso non sia eccessivamente attenuato.
- Connessione alla rete



C_K : coupling capacitor, X2-type
 T_1 : coupling transformer
 D_1 : transient voltage protection diode
 R_1 : resistor for discharging C_K (optional)

Giuseppe Iannaccone - 2005

Servizio del livello fisico

- Il servizio è non confermato e prevede due primitive
 - `Ph_data.req(p_class, p_data)`
 - `Ph_data.ind(p_class, p_data)`
- La primitiva di servizio `Ph_data.req` permette al livello data link di fornire un byte (`p_data`) al livello fisico. `P_class` contiene informazioni sulla temporizzazione o di servizio.
- La primitiva di servizio `Ph_data.ind` permette al livello fisico di fornire un byte (`p_data`) al livello data link. Di nuovo `p_class` contiene informazioni di temporizzazione e di servizio.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Trasmissione di 1 byte

- Ogni byte viene trasmesso in un carattere di 12 bit: 8 di dati e 4 coda) di **correzione errore**.
- La generazione dei bit di errore segue la matrice G a lato
- $\text{Car. [12 bit]} = G * \text{byte[8 bit]}$
- $\text{Car. [12 bit]} = \text{byte} + r$ [4 bit]
- r [4 bit] = $T * \text{byte[8 bit]}$
- r = ridondanza
- In ricezione abbiamo: carattere ricevuto = d_0 [8 bit], d_u [4 bit]
- si ottiene una stima r' della ridondanza r' [4 bit] = $T * d_0$
- Si calcola la "sindrome"
 s [4bit] = $r' - d_u$ (aritmetica mod.2)

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E \\ T \end{bmatrix}$$

Giuseppe Iannaccone - 2005

Aritmetica modulo 2

a	b	a + b	a × b	a - b	$\frac{a}{b}$
1	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0
1	0	1	0	1	-
0	0	0	0	0	-

Giuseppe Iannaccone - 2005

Correzione degli errori

- Se tutto il carattere (12 bit) è ricevuto correttamente abbiamo $s=0000b$.
- Se s è diversa da $0h$, in base al suo valore possiamo calcolare il bit sbagliato, come segue. Basta poi invertire il bit sbagliato.

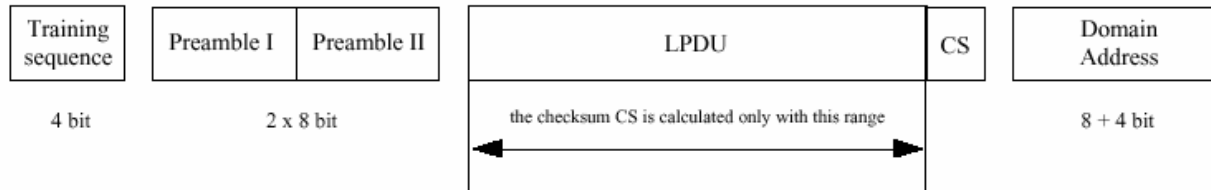
value of the syndrome	3	5	6	7	9	10	11	12	8	4	2	1	13	14	15	0
error location	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	error			Error-free

- I quattro bit di ridondanza consentono di correggere ciascun errore di un singolo bit (sui 12) e alcuni errori doppi.

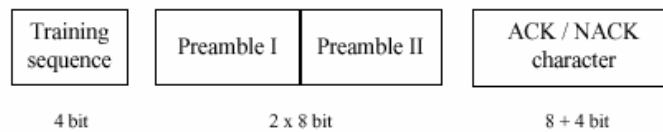
Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura del Frame

- **Data packet (Datagram)**



- **Acknowledgement frame (32 bit)**



- La sequenza di training è una sequenza di 4 bit: "0101"
- Preambolo, segnala al ricevitore di partire: 16 bit: 0xB0h= 0000xxxx10110000b
- LPDU contiene i byte di dati utili.

Giuseppe Iannaccone - 2005

Sincronizzazione

- Tra due attraversamenti dello zero passano
- 10 ms su una fase (frequenza degli attraversamenti 100 Hz)
- 3.3333 ms (frequenza degli attraversamenti 300 Hz) per un sistema trifase.
- Volendo sincronizzare la trasmissione alla tensione alternata di rete bisogna scegliere un bit rate multiplo di 300 Hz. Nel nostro caso, appunto **1200 bps**.
- Un carattere di 12 bit si trasmette in un semiperiodo di una fase.
- Il massimo ritardo consentito tra l'istante di trasmissione di un bit e l'attraversamento dello zero è 40 microsecondi
- I MAU si agganciano alla tensione di rete,

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL Strato di linea - Indirizzamento

- **Tre indirizzi**
- **domain address**: 2 byte (il primo è 00h, il secondo indica il numero di dominio).
- **physical address**: ogni dispositivo ha un UNICO indirizzo fisico.
 - Il primo byte specifica l'indirizzo della sottorete (unico nella rete);
 - il secondo l'indirizzo del dispositivo (unico nella sottorete).
- **group address**. Non è unico. 5 bit gruppo principale + 11 bit sottogruppo.

Domain Address															
Octet 0								Octet 1							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	number							

Physical Address															
Octet 0								Octet 1							
7 ²	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Sub-network address								Device address							

Group Address															
Dest Addr. (high)							Dest Addr. (low)								
Octet 0							Octet 1								
7 ³	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Main Group							Sub Group								

Giuseppe Iannaccone - 2005

Struttura del telegramma

- è uguale al caso EIB TP tranne che per l'indirizzo di dominio.
- **Data Packet**
 - Campo di controllo (1 byte)
 - Indirizzo sorgente (indirizzo fisico mittente) (2 byte)
 - Indirizzo destinatario (fisico o di gruppo) (2byte)
 - DAF + Lunghezza DAF (destination address flag) (1 byte) (lunghezza LPDU fino a 0-15)
 - Dati (da 0 a 15 byte).
 - Check byte (1 byte) come nell'altro caso (es: bit₆ è la parità dispari di tutti i bit₆ dei dati precedenti)
 - Indirizzo di dominio (1 byte). Byte meno significativo dell'indirizzo di dominio.
- **Acknowledgement** (1 byte) NAK o ACK

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL - Accesso a slot

- **Non c'e' controllo delle collisioni**
- **Le collisioni sono minimizzate dall'accesso a slot:**
 - Un dispositivo puo' iniziare a trasmettere solo dopo che sono passati almeno 58 periodi di bit di "silenzio" sulla rete.
 - Per evitare i conflitti si usa un sistema a slot **DIPENDENTE DALLA PRIORITA'**
 - In ordine di priorità (massima --> minima)
 - RIPETIZIONI di telegrammi
 - telegrammi di SISTEMA o di ALLARME.
 - Altri telegrammi
 - Quando un dispositivo ha il controllo del bus lo mantiene finché ha trasmesso l'ultimo carattere. I dispositivi che ricevono verificano se l'indirizzo del destinatario corrisponde al loro stesso, e gestiscono i segnali di Acknowledgement

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB PL - Accesso a slot

- **Senza Ripetitore:**
 - il nodo che riconosce il proprio indirizzo come destinatario, dopo 4 periodi bit dalla fine del pacchetto manda il segnale di acknowledgement (32 periodi di bit).
 - Se entro 39 periodi di bit non arriva un ack, il dispositivo ritrasmette L_data request (una sola volta)
 - Dopo 58 periodi di bit dalla fine della spedizione del L_data request un altro dispositivo puo' spedire il proprio L_data_request.
- **Ci sono 9 slot disponibili. slot 0: ripetizione L_data_request, slot 1 sistema, + altri 7 in cui ogni dispositivo puo' decidere di trasmettere (a caso).**
- **Con Ripetitore:**
 - Se il ripetitore non sente un acknowledgement entro 39 periodi di bit, ritrasmette L_data request (una sola volta)
 - Successivamente, se il ripetitore non rivela un accesso al bus entro 22 periodi di bit, comunica la mancanza di acknowledgement (NAK).

Giuseppe Iannaccone - 2005

EIB RF

- Bande ISM 433 MHz e 868 MHz
- 868 MHz
 - Potenza in banda: 25 mW - 1% duty cycle
 - 6 canali radio, spazati di 150 KHz
 - ogni canale (linea) puo' contenere 64 dispositivi
 - La comunicazione tra i canali è assicurata da un router
- Requisiti del sistema:
 - 868-868.6 MHz (LDC) - frequenza centrale: 868.34 MHz
 - 868.7-869.2 MHz (VLDC) - frequenza centrale 868.96 MHz
 - Effective radiated power ERP < 5 mW
 - Data rate sul mezzo: 38.4 Kbit/s
 - Sensibilità del ricevitore < -95 dBm
 - Portata > 100 m in campo libero
 - Durata del cambio di direzione: < 1.5 ms
 - Controllo di accesso al mezzo: CSMA/CD

Giuseppe Iannaccone - 2005