

## Impianti Elettrici "Intelligenti"

Le infrastrutture elettroniche per la casa, l'abitazione, l'ufficio sono basate su una serie di standard per cosiddetti impianti elettrici "intelligenti", basati sul sistema BUS.

Nei sistemi bus 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.

Spesso in un edificio "intelligente" non esiste un UNICO sistema bus, ma più sottosistemi integrati e interagenti che assolvono diverse funzioni. Anche per questo è importante l'esistenza di standard, in modo che i diversi sottosistemi e le apparecchiature ad esse collegati possano comunicare senza difficoltà.

Essenzialmente l'esigenza di un bus per un impianto elettrico, ha la stessa origine dell'esigenza di un bus per un sistema elettronico: con un cablaggio tradizionale si hanno collegamenti da punto a punto, e per sistemi complessi - con tanti elementi - il numero di linee diventa facilmente molto alto, e il circuito complicato da realizzare e da testare. Semplificando un po' il problema, se in un circuito (o impianto) ci sono  $N$  elementi e li vogliamo collegare tutti tra di loro, abbiamo bisogno di un numero di collegamenti circa proporzionale a  $N^2$  (per essere precisi:  $N(N-1)/2$ ).

Inoltre, in un cablaggio tradizionale una semplice modifica come l'inserimento o il disinserimento di un apparecchiatura comporta una modifica del cablaggio, che spesso non è banale. Basta pensare, nel caso di un impianto elettrico, cosa si deve fare per aggiungere una lampada e un interruttore: bisogna stendere un cavo che va dalla fase alla posizione della lampada, di lì all'interruttore, e infine al neutro.

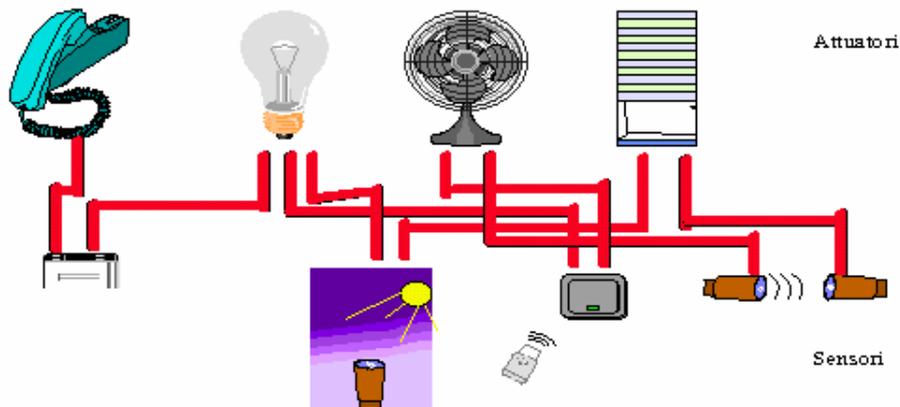
Con una tecnologia bus, ci sono tipicamente due linee separate: una linea di potenza (AC 230 V) che arriva a tutte le utenze, e una linea dati in bassa tensione che collega tutti i dispositivi di controllo e tutte le utenze.

Per esempio, per aggiungere un interruttore e una lampada, bisognerà connettere la lampada al bus (potenza e dati) e l'interruttore al bus dati. Non c'è da modificare altrimenti il cablaggio.

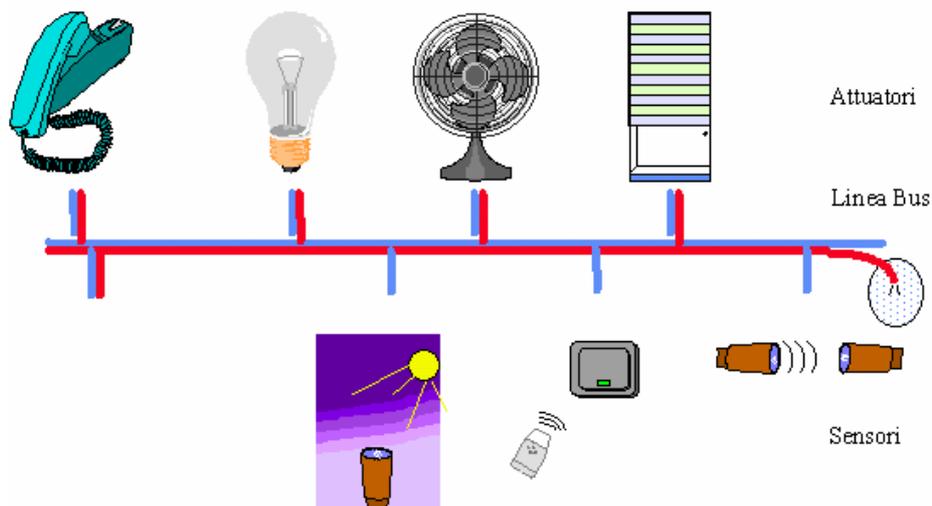
L'interruttore non è più un semplice interruttore, è un dispositivo "intelligente" che invia sul bus dati un "messaggio" indirizzato alla lampadina ordinandole di accendersi o spegnersi.

In generale ogni dispositivo di controllo puo' assolvere una funzione generica: ha un indirizzo sul bus, deve essere programmato svolgere una data funzione inviando ordini ad una utenza collegata al bus. Lo stesso dispositivo puo' essere programmato come interruttore, come deviatore, come pulsante, etc..

### IL CABLAGGIO TRADIZIONALE



### IL CABLAGGIO INTELLIGENTE



I principali standard europei per sistemi bus sono

- BatiBUS (MERLIN GERIN, AIRELEC, EDF and LANDIS & GYR)
  - Standard europeo (CENELEC) e internazionale (ISO/IEC JTC 1 SC25 )
- EIB (Siemens, ABB)
- EHS (Bosch, Philips, Electrolux)

Nel 1998 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").

Allo scopo, sono state definite 3 classi di impianti:

- GRANDI IMPIANTI (industria e grandi edifici) - progettazione con strumenti CAD.
- IMPIANTI MEDI (terziario e edilizia privata) - semplice progettazione
- PICCOLI IMPIANTI DOMESTICI - la progettazione non è necessaria, fa tutto direttamente l'installatore o l'utente.

I tre standard si possono dividere in questo modo il settore: grandi edifici (centri commerciali e residenziali) con EIB, appartamento o piano con BatiBUS, piccole applicazioni con EHS.

Riassumiamo in una tabella le caratteristiche principali dei vari standard

	<b>EIB</b>	<b>BatiBUS</b>	<b>EHS</b>
<b>Supporto fisico</b>	Twisted Pair 1 (TP1) Rete elettrica (PL) [RF o IR]	Twisted Pair 0	Rete elettrica (PL) /twisted pair (TP)
<b>Alimentazione</b>	SELV 24 VDC	SELV 13.8 V	230 VAC (50-60 Hz) SELV 15 VDC
<b>Codifica</b>	NRZ	NRZ	NRZ
<b>Data rate</b>	9.6 Kbps TP1 1.2 Kbps PL	4.8 Kbps	2.4 Kbps PL 48 Kbps TP
<b>Tipo di Accesso</b>	CSMA/CA	CSMA/CA	CSMA ack (PL)
<b>Architettura</b>	Mista	Libera	Gerarchica
<b>Topologia</b>	Lineare, Stella, Albero	Libera	Rete elettrica
<b>Livelli OSI</b>	Fisico (1) Linea (Data link) (2) Rete (3) Trasporto (4) Applicazioni (7)	Fisico (1) Linea (Data link) (2) Applicazioni (7)	Fisico (1) Linea (Data link) (2) Rete (3) Applicazione (7)
<b>Max numero NODI</b>	> 1400 cavo 0.8 mm	Telealimentati: 75 Alimentazione au, 1000 cavo 0.8 mm	256 per linear

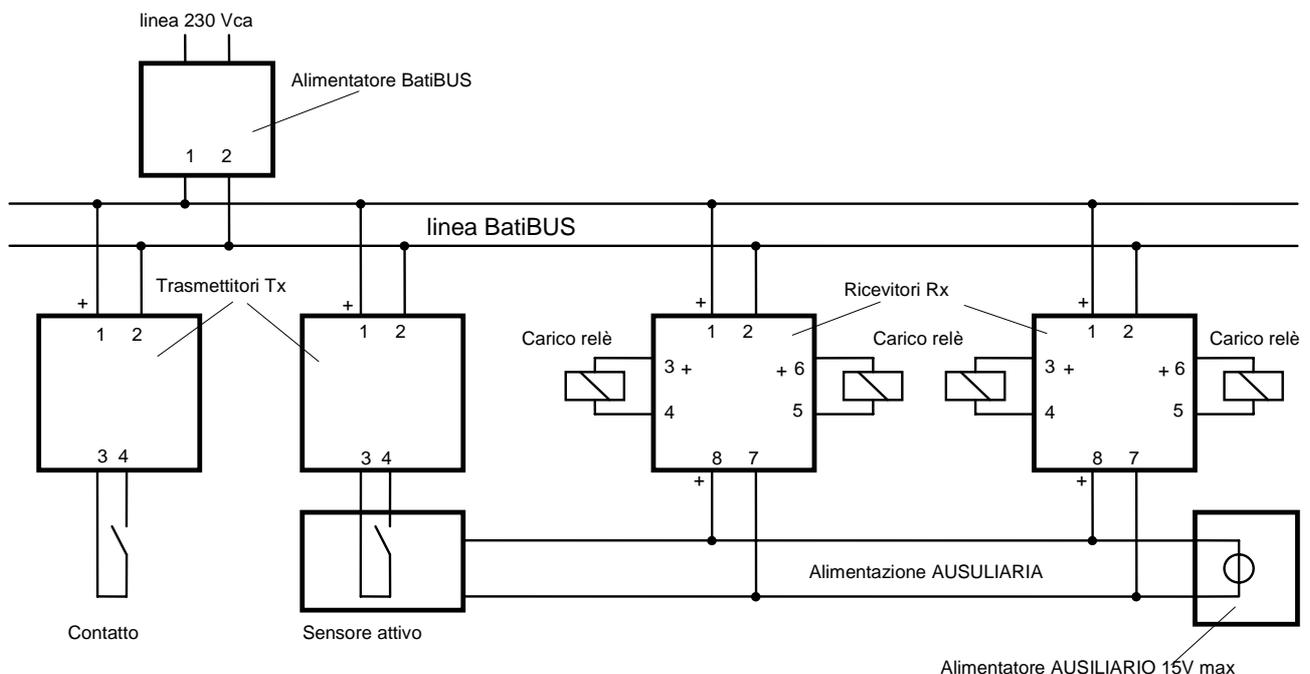
Nel seguito, vedremo più in dettaglio gli standard batibus e EIB

## Standard BatiBUS

Il sistema BatiBUS è composto dai seguenti componenti:

- **Trasmittitori (TX)**, cioè gli elementi di controllo, che interfacciano i sensori con uscita a contatto con il BUS
- **Ricevitori (RX)**, cioè i blocchi funzionali che collegano le utenze al batibus, ed eccitano relé attuatori sulla base del messaggio ricevuto sul bus.
- **Alimentatore Batibus** (linea dati): Tensione SELV 14.5 V<sub>DC</sub> (corrente massima erogata 300 mA). Permette di alimentare una linea con resistenza massima 12 Ohm, e capacità massima 400 nF, con distorsione del segnale inferiore al 30 %. [SELV = Safety Extra Low Voltage. Per definizione, e' una sensione 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.
- **Alimentatore Ausiliario** per i relé attuatori (per le uscite dei ricevitori e per i sensori che non possono essere alimentati dalla linea dati Batibus. L'alimentatore ausiliario ha caratteristiche di sicurezza (SELV) simili al Batibus).

La linea Batibus puo' alimentare i ricevitori e i trasmettitori, ma non i dispositivi esterni ad essi collegati. Ad esempio, un sensore attivo collegato al ricevitore, o un relé comandato da un trasmettitore, non devono assorbire corrente da BatiBUS, ma devono essere alimentati dall'alimentatore ausiliario.



Il Supporto fisico è un doppino telefonico intrecciato (Twister Pair 0 - TPO) ed, eventualmente, schermato. L'intreccio serve a minimizzare accoppiamenti capacitivi e

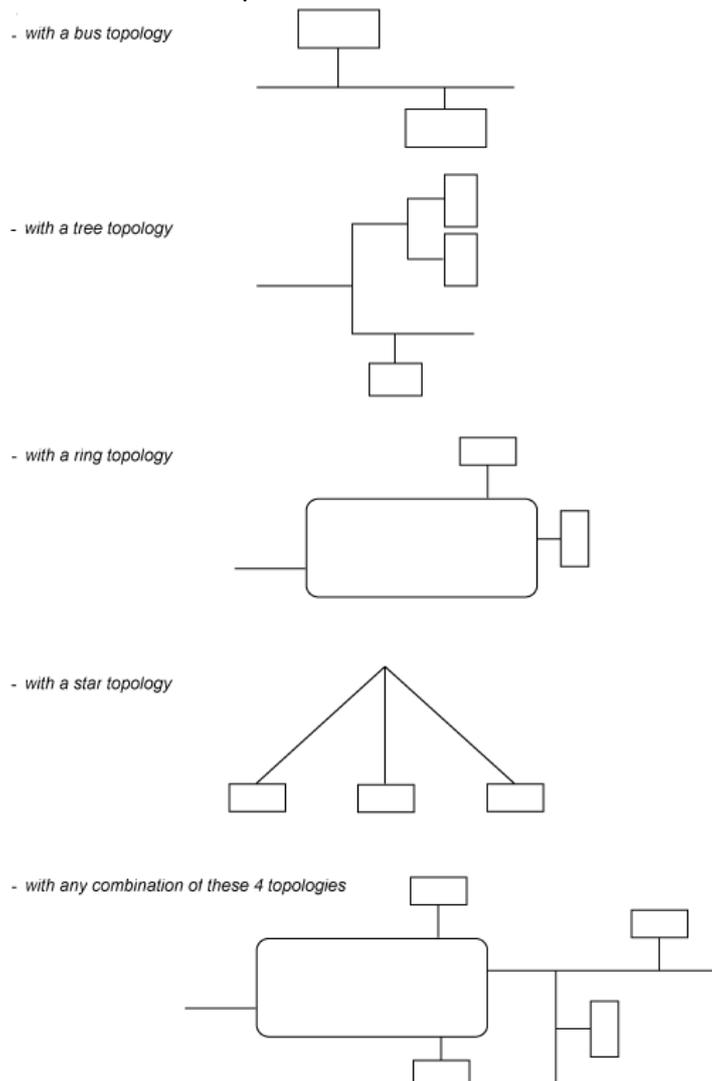
induttivi con il mondo esterno. Lo schermo serve a sopprimerli ulteriormente, e deve essere collegato al conduttore alla tensione più bassa del doppino e al terminale negativo di ogni nodo del BatiBUS.

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 topologia della rete è libera: puo' essere lineare (bus), a stella, ad anello, o una cosa mista.

Altri vincoli:

- 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

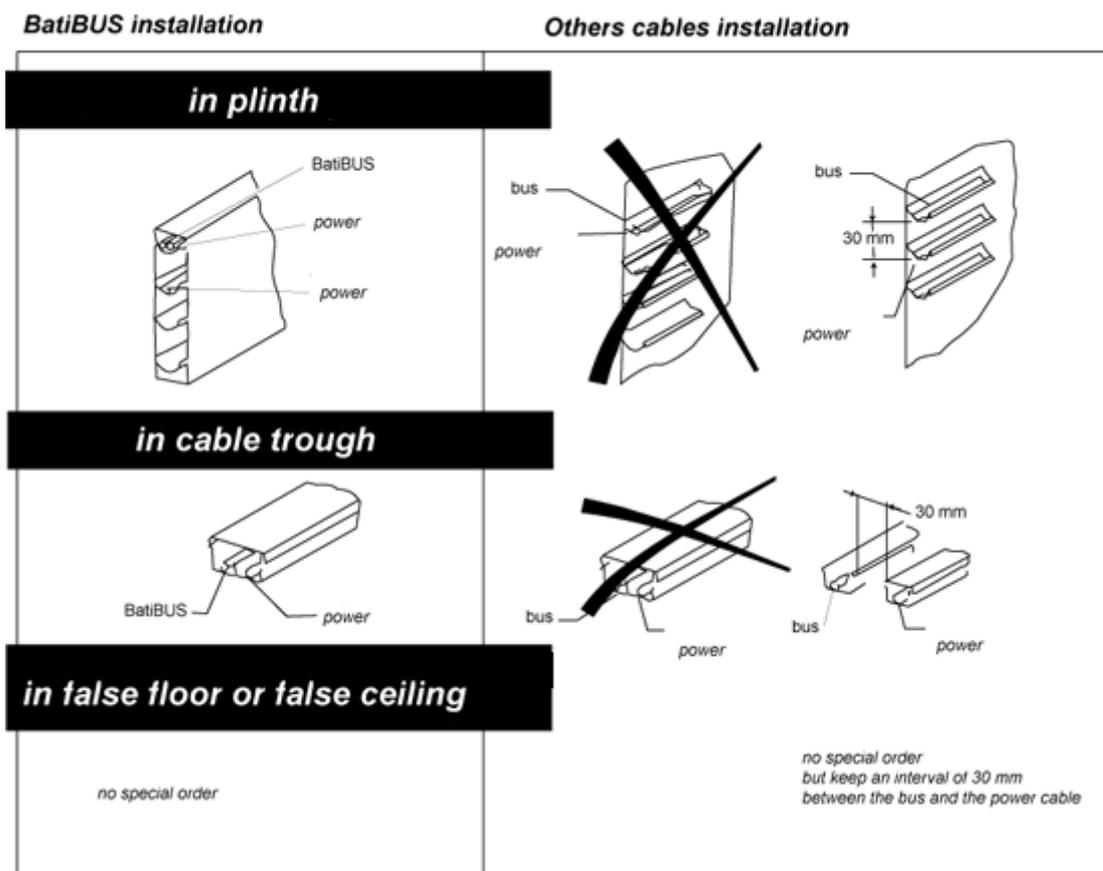


Massima lunghezza dell'interconnessione: dipende dalla sezione del cavo, in particolare

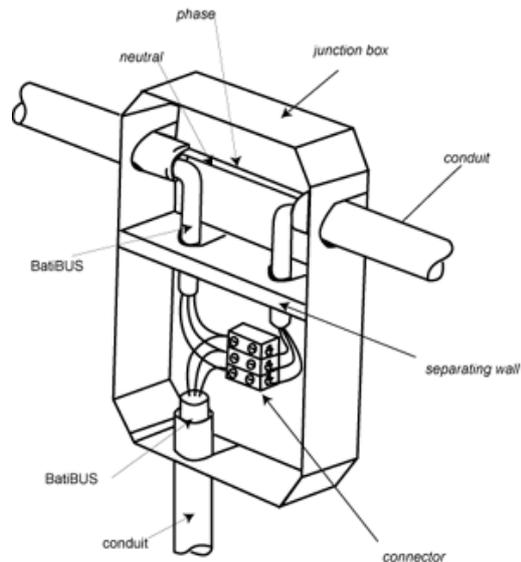
Distanza massima dall'alimentatore batiBUS di due punti in comunicazione, con alimentatore posizionato al centro:

Sezione del Cavo BUS (mm <sup>2</sup> )	Lunghezza massima LmP-A (m)
0.5	100
0.75	200
1.5	400
2.5	600

Installazione: l'unico vincolo è l'isolamento per il SELV (Safety Extra Low Voltage), tutti i tipi di installazione sono possibili.



La giunzione si fa come tra altri cavi dello stesso spessore. E' necessario un "muro" di separazione tra il cavo di potenza e i cavi BatiBUS (i tre cavi in figura in basso comprendono eventualmente lo schermo (2 del doppino + 1 dello schermo)).



Vediamo come avviene la comunicazione.

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 estero, cioè sono a disposizione bit addizionali per ampliare il dominio di indirizzamento. Se il codice di estensione è 00 l'indirizzo è senza estensione.

Sono possibili più MODI di indirizzamento:

- 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.

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 tipicamente ogni NODO in ricezione 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  $\mu$ s) -  $V = 14.5$  V SELV
  - 0: linea batibus chiusa in cc per la durata di ogni bit (208  $\mu$ s) -  $V = 0$ .
- Linea polarizzata, è importante distinguere e ben collegare terminale positivo e negativo.

## TRASMISSIONE

Ogni carattere ha: START + 8 bit + parità (dispari) + STOP, per un totale di 11 bit.

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

Il messaggio ha una lunghezza massima di 32 caratteri (26 dati + 6 controllo errori).

Il controllo delle collisioni viene fatto con un meccanismo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access - Collision Avoidance).

Il funzionamento è il seguente. 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 batibus è 14.5 V per un tempo sufficientemente lungo, il nodo inizia a trasmettere.

Le eventuali collisioni vengono rilevate ad ogni bit. Mentre il nodo trasmette contemporaneamente rileva la tensione sul BUS, e verifica 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 appunto 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. 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 rilevano che la linea è di nuovo libera, aspettano un intervallo di tempo estratto 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.

---

Qualche esempio di installazione Batibus di grandi dimensioni (dal sito [www.batibus.com](http://www.batibus.com)). [Non fa parte del programma]

## Welsh Rugby Union

### *Cardiff (WALES)*

#### ***The building:***

Rugby stadium requiring new pitch lighting system requiring different levels of lighting

#### ***Functions controlled:***

- With switchgear in enclosures mounted on the roof of the stadium and control required at ground level, cabling was extremely important, not only from the point of view of ease of installation but for cost as well.
- The Isis system is programmed to give different levels of lighting depending on whether the stadium is used for practice, standard matches or televised coverage. The new system was first used for one of the Rugby World Cup matches in 1991, which was televised throughout the world
- The Welsh Rugby Union have since added extra pushbuttons to control electronic water valves in each of the four stands. There is still capacity in the 24G to further expand the system in the future.



#### ***List of equipment installed:***

- 1 Isis 24G controller
- 16 Isis 4S output modules
- 12 Isis 4E input modules
- 16 Isis pushbuttons
- 600 m of cable BatiBUS 2.5 mm

## CAT Cottage

### Moustey, France

#### *The building:*

Owned by the Mutuelle Sociale Agricole, the Moustey Centre was built in the '60s for children and teenagers with light, medium and serious handicaps. Due to the ageing of the resident population and the obsolescence of the seven existing buildings, operators l'Association d'Action Sanitaire et Sociale, decided to redesign the centre to provide a range of facilities better adapted to handicap categories.

There are now 93 residents and the centre employs 50 full and part time staff.



Refurbished and new buildings.

Surface area: 4,560 m<sup>2</sup>

#### *Functions controlled:*

- Management of room by room, bathrooms and common rooms
- Management of power utility (EDF) contract, one after the other cyclical load shedding
- Outdoor lighting control
- Individual hot water tanks control
- extractor control
- Washing machine and tumble-dryer control
- Induction hood kitchen ventilation.
- Technical alarms control circulations and offices areas: fire defects, autocom, HVAC, circuit breaker, cold
- Sub-metering for common rooms

#### *List of equipment installed:*

- 247 Communicating fan-convectors CIAT
- 34 Output module 4S - MERLIN GERIN
- 36 Input module 4E - MERLIN GERIN
- Supervisor Manager - TRILOGIE.

## "City Passage Veldhoven"

### *NETHERLANDS*

#### *The building:*

9,400 m<sup>2</sup>

#### *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

## MMC EDF Centres (Power Utility)

### *PARIS region, France*

#### *The building:*

- 1,600 m<sup>2</sup>
- Heating power 200 kW
- Restored cooling power 85 kW
- Two refrigeration plants supply the fan heater chilled water circuit
- 2 CTA with heat recovery system.

#### *Functions controlled:*

- HVAC

- Zone lighting
- Hot water
- Load shedding
- Sub-metering for heating and air conditioning.

*List of equipment installed:*

- Supervisor Manager - TRILOGIE
- 59 Fan-convectors with V2000 regulator - CIAT
- Refrigeration plants chilled water - CIAT
- Lighting Passir - PHILIPS

## Modello ISO-OSI - alcuni elementi di base

ISO International Standard Organization  
OSI Open System Initiative

Standard internazionale dal 1983.

Basato sull'architettura a strati (layer)

- Ogni problema viene scomposto in SOTTOPROBLEMI più semplici
- Rende i vari strati INDIPENDENTI
- Di ogni strato definisce soltanto SERVIZI e INTERFACCE. Ogni livello può essere sviluppato indipendentemente dagli altri, e da enti diversi.

Nell'OSI vengono definiti:

- Il modello di riferimento (schema, numero degli strati, funzioni di ciascuno strato)
- I servizi
- I protocolli e le interfacce

MODELLO DI RIFERIMENTO:

Architettura a 7 strati, numerati da 1 a 7

7 - Strato di Applicazione - Application
6 - Strato di Presentazione - Presentation
5 - Strato di Sessione - Session
4 - Strato di Trasporto - Transport
3 - Strato di Rete - Network
2 - Strato di Linea - Datalink
1 - Strato Fisico - Physical Layer

Gli strati più bassi (1,2,3) sono orientati alla rete (network oriented), nel senso che definiscono la struttura completa della rete. Gli strati più alti (5,6,7) sono orientati alle applicazioni (application oriented), nel senso che sono utilizzati dai programmi dell'utente finale della rete (end-to-end). Lo strato di trasporto (4) è uno strato di raccordo

### Strato FISICO (1)

- Ha il compito di attivare, mantenere e infine chiudere la connessione tra due entità di strato 2. Un'ENTITA' è l'elemento logico (la macchina a stati) di un nodo della rete attivo su uno specifico strato.
- Specifica le modalità di invio del singolo bit sul mezzo di trasmissione
- Deve specificare le caratteristiche ELETTRICHE, MECCANICHE, PROCEDURALI, FUNZIONALI dei vari segnali

Lo strato fisico, in particolare, specifica i seguenti aspetti:

- Velocità di trasmissione
- Lunghezze dei collegamenti ed estensione della rete
- Compatibilità con l'ambiente di installazione
- Adattabilità su impianti pre-esistenti
- Mezzo di trasmissione

### Strato di LINEA (data link) (2)

- Deve attivare, mantenere e disattivare la connessione FISICA tra due entità di livello 3.
- Deve rendere affidabile il collegamento (punto-punto) tra nodi adiacenti.
- Struttura il flusso dei dati in "frame" (trame), controlla e gestisce gli errori di trasmissione, controlla il flusso dei dati, e le sequenze trasmesse



Se A vuole trasmettere a B, l'entità di livello 2 del nodo A ordina all'entità di livello 1 di trasmettere i dati. L'entità di livello 1 del nodo A li invia sul mezzo di trasmissione.

I dati vengono ricevuti dall'entità di livello 1 del nodo B, che li passa all'entità di livello 2 del nodo B. Successivamente l'entità di livello 2 del nodo B, dice all'entità di livello 1 di trasmettere un segnale di Acknowledgment. L'entità di livello 1 del nodo A lo riceve e la passa in alto all'entità di livello 2. Le entità di livello 2 comunicano usando i servizi messi a disposizione dal livello 1.

### Strato di RETE (3)

- Deve far giungere i "pacchetti" a destinazione
- Si occupa dell'istadamento dei pacchetti ("routing") cioè di determinare la sequenza di collegamenti punto-punto necessari per trasmettere un pacchetto da un nodo generico della rete a un altro.

#### Strato di TRASPORTO (4)

- Deve fornire un canale sicuro END to END (da nodo a nodo della rete) per trasferimento di "file".
- Adatta la dimensione dei file forniti agli strati superiori ai pacchetti richiesti dallo strato di RETE (frammentazione/riasseblaggio)

#### Strato di SESSIONE (5)

- Assembla il dialogo tra nodi in unità logiche (SESSIONI)

Da notare che per i primi 5 strati abbiamo la seguente corrispondenza tra strato e unità elementare di informazione trattata:

Strato di Sessione	Sessioni
Strato di Trasporto	File
Strato di Rete	Pacchetti
Strato di Linea	Trame
Strato Fisico	Bit

#### Strato di PRESENTAZIONE (6)

- Adatta la sintassi dei dati di ciascuna applicazione alla sintassi richiesta dalla sessione (sintassi di trasferimento).

E' lo strato intermedio tra il programma utente vero e proprio e lo strato di sessione. Serve essenzialmente nel caso in cui i dati che vengono usati dal programma applicativo abbiano un formato molto diverso da quello dei dati utili per lo strato di sessione. In molti casi, gli strati 5-6-7 vengono compressi in un unico strato.

#### Strato di APPLICAZIONE (7)

- E' l'utente della rete di calcolatori, e non deve fornire servizi a nessuno. Rappresenta il programma di applicazione che deve comunicare con altri calcolatori remoti.

Nel modello ISO-OSI ogni strato fornisce SERVIZI al livello superiore e usa i SERVIZI forniti dal livello inferiore. In altre parole, due strati adiacenti interagiscono solo tramite i servizi.

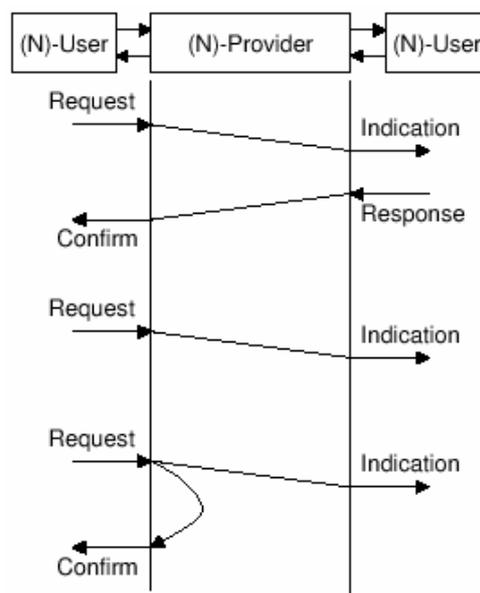
Per ogni strato N si ha

- N-service provider: cioè un fornitore di servizi a livello N, cioè lo strato N e tutti gli strati inferiori di cui N fa uso.
- N-service user: è l'entità dello strato N+1 che fa uso dei servizi forniti dal livello N

I servizi sono descritti da PRIMITIVE DI SERVIZIO, che forniscono una rappresentazione astratta dell'interazione Tra N-service provider e N-service user.

Le primitive di servizio si dividono in 4 tipi:

- request
- indication
- response
- confirm

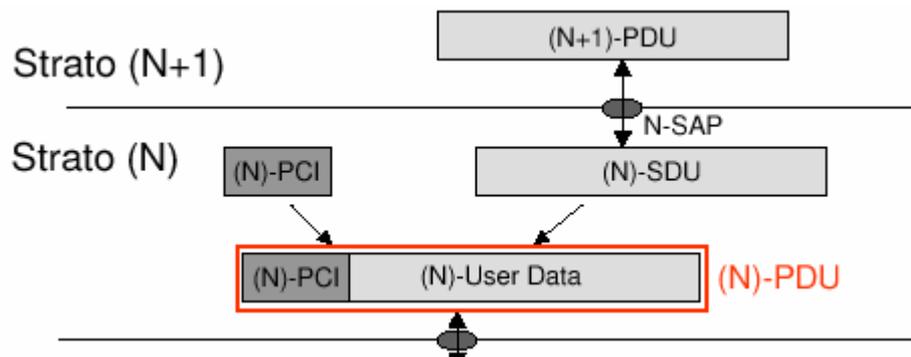


Possiamo avere un SERVIZIO CONFERMATO, mostrato schematicamente in alto nella figura. L'N-User richiede all'N-Provider un servizio (request). L'N-user destinatario riceve la richiesta di servizio dall'N-Provider (indication). L'N-user destinatario conferma la ricezione con la primitiva (response). L'N-user riceve dall'N-Provider la conferma, con la primitiva confirm.

Possiamo avere un SERVIZIO NON CONFERMATO. Mostrato nello schema centrale. Sono usate solo le primitive Request e Indication.

C'è anche un SERVIZIO PARZIALMENTE CONFERMATO (mostrato in basso): La primitiva confirm viene inviata dal N-service provider, senza che l'N-user di destinazione abbia risposto.

Un N-SAP (Service Access Point di livello N) è un'interfaccia logica tra un'entità di strato N+1 e una di strato N attraverso cui viene fornito un servizio.

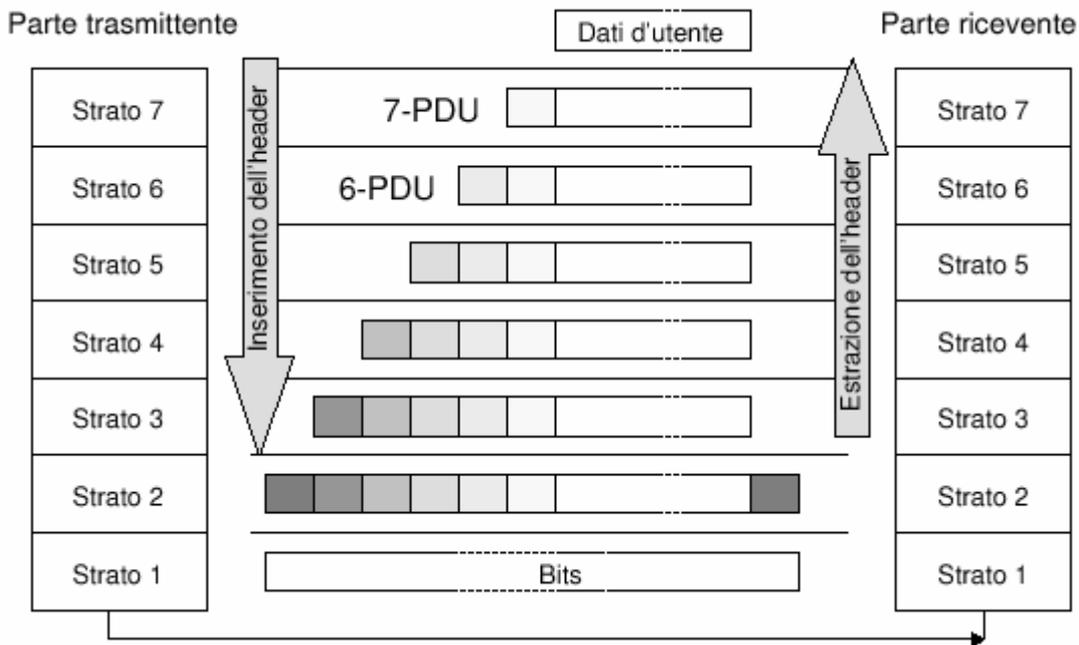


N+1 - PDU (Protocol Data Unit) indica i dati che vengono trasmessi tra entità di pari livello (N+1)

N - SDU (Service Data Unit) indica i dati passati al livello inferiore (N) attraverso la SAP

La entità di livello N, riceve la SDU, aggiunge la N-PCI, cioè le informazioni di controllo al livello N (Protocol Control Information), e crea la PDU di livello N.

Questa procedura viene svolta ricorsivamente da ciascun livello e si chiama INCAPSULAMENTO



La **SEGMENTAZIONE** è la procedura inversa all'incapsulamento e consiste di suddividere i dati di una PDU in più SDU.

Il modello ISO/OSI è un **MODELLO DI RIFERIMENTO**, cioè specifica il compito dei vari strati, ma non come ogni strato è fatto in dettaglio.

In realtà, con la diffusione di INTERNET negli ultimi anni le cose sono cambiate e si è diffuso in modo prepotente il protocollo TCP/IP, formato da un protocollo per lo strato di trasporto (TCP), e un protocollo per lo strato di rete (IP)

Il TCP/IP ha in pratica soppiantato altri protocolli definiti sulla base del modello ISO-OSI.

Con la diffusione di internet il livello OSI rimane in piedi per lo strato fisico e di linea. TCP-IP per lo strato di trasporto e rete. Gli strati superiori sono praticamente spariti e rimane solo solo strato di applicazione.

Rispetto ai sistemi visti finora, i sistemi RFID tipicamente prevedono solo gli strati fisico (1), di linea (2), di applicazione (7); i sistemi BUS gli prevedono gli strati fisico (1), di linea (2), di rete (3), di trasporto (4), di applicazione (7).

## EIB (European Installation Bus)

Lo standard EIB è lo standard più diffuso pensato per la realizzazione di tutti gli impianti tipici necessari in edifici civili di grandi dimensioni.

Gli impianti tecnici di un edificio vengono di solito progettati e realizzati in modo segmentato. Ogni impianto rappresenta una soluzione ottimale per l'impianto in se'. Successivamente si deve provvedere alla "integrazione" e al "coordinamento" tra i diversi impianti.

In questo modo l'integrazione è onerosa e poco pratica, mentre uno standard comune avrebbe rappresentato una soluzione migliore dal punto di vista tecnico ed economico.

Svantaggi legati ad avere più impianti distinti:

- cablaggio separato, e quindi ridondante (il cablaggio è un fattore di pericolo in caso di incendio)
- modifiche e ampliamenti sono onerose e portano un aumento del cablaggio.
- E' difficile far comunicare sistemi e apparecchiature di impianti distinti. Per esempio, con impianti separati è difficile fare in modo che l'apertura (automatica) di una finestra faccia chiudere una valvola del radiatore del riscaldamento.

Il bus di installazione europeo EIB è pensato per fornire una standardizzazione che consenta l'interoperabilità dei vari sistemi e apparecchiature.

Tutti i prodotti certificati EIB possono essere inseriti in un impianto e programmati con un unico software (ETS - EIB Tool Software) indipendente dal costruttore, realizzato a cura della EIBA.

Vantaggi dello standard EIB:

- semplice progettazione e messa in opera
- riduzione del cablaggio (e del carico infiammabile) anche fino al 60%
- 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).

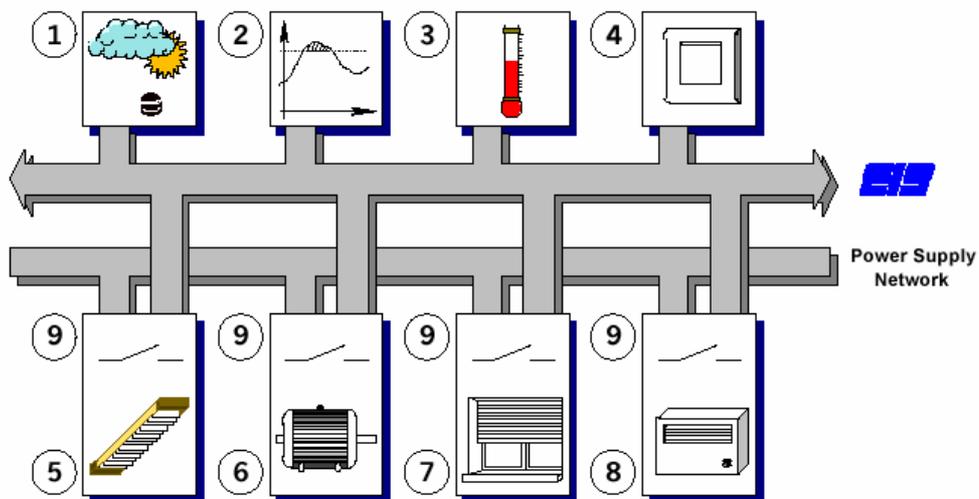
Campi di impiego nel settore residenziale e terziario:

- 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

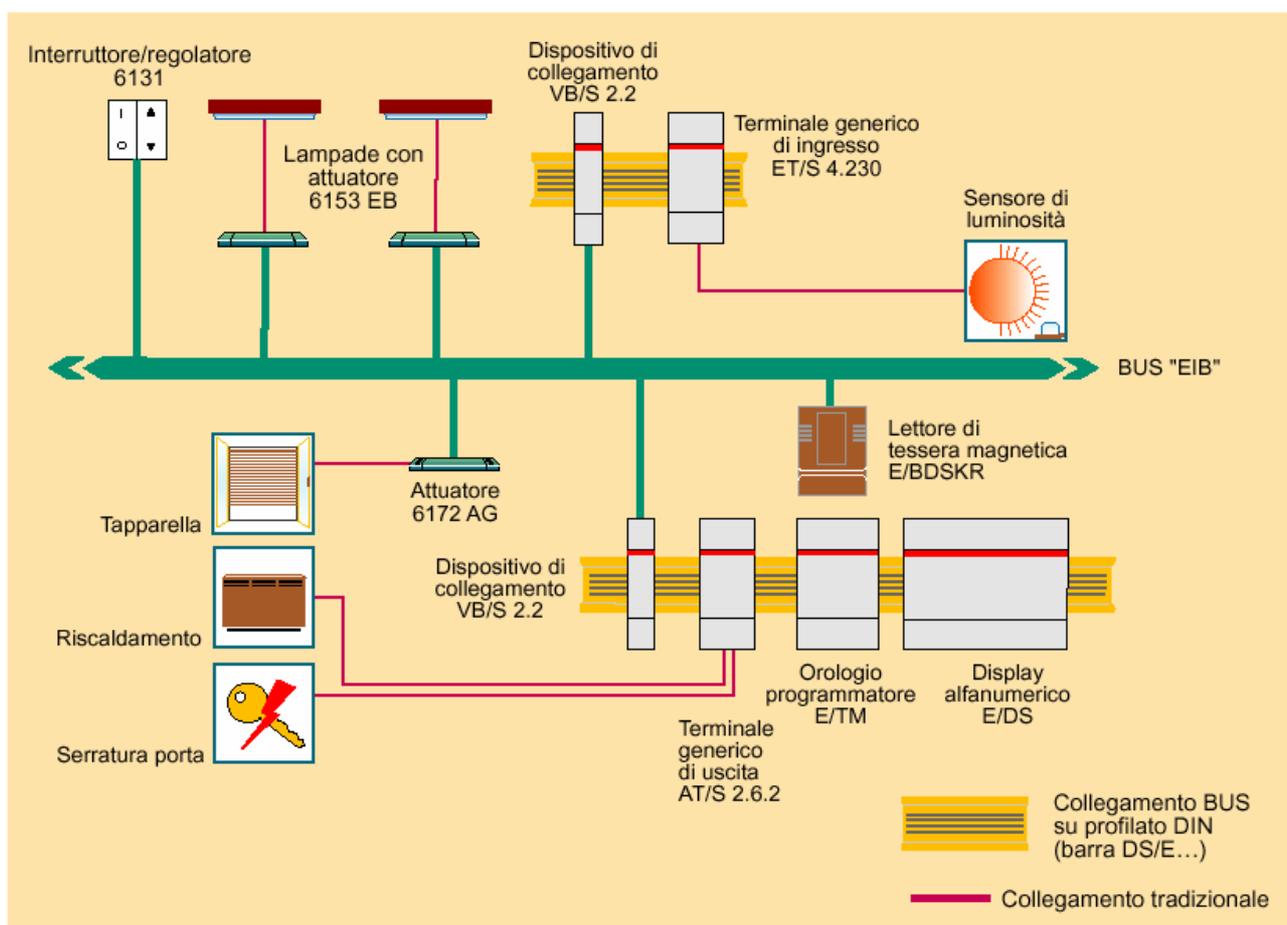
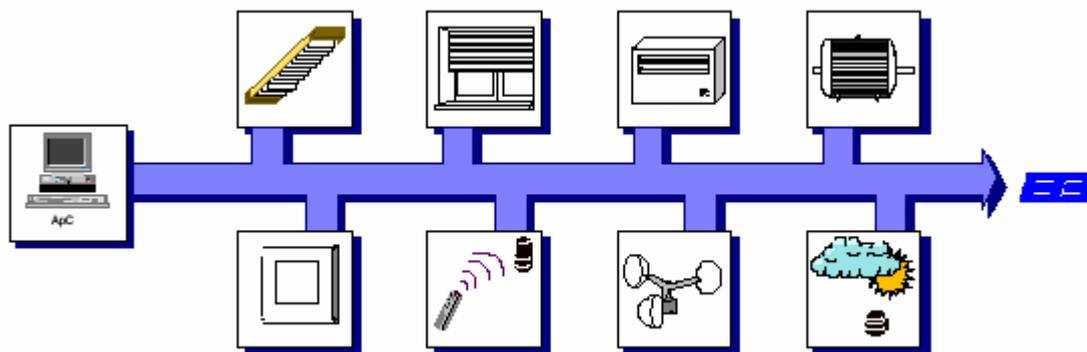
La gestione del bus puo' essere

- CENTRALIZZATA, in cui è presente un controllore dell'applicazione (ApC - Application Controller), in un punto *qualsiasi* del bus
- DECENTRALIZZATA, senza nessun controllore delle applicazioni. Nella gestione decentralizzata ogni trasmettitore/ricevitore comunica con il corrispondente ricevitore/trasmettitore senza ricorrere a una gerarchia particolare o far riferimento a un dispositivo di controllo nella rete.



*EIB Handbook*

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



Consideriamo un edificio di rappresentanza. Gli impianti separati che si devono considerare sono ad esempio:

- Illuminazione
- Ombreggiamento (protezione da irraggiamento solare)
- Riscaldamento, Ventilazione, Climatizzazione (HVAC - Heating-Ventilation-Air-Conditioning)
- Allarme Antincendio
- Protezione oggetti
- Riconoscimento persone
- Sistema di gestione del parcheggio

- Sistema di allarme CO (ossido di carbonio)
- Citofonia, Telefonia, comunicazione, ISDN
- Telelettura (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.

## STRUTTURA DELLA RETE

La rete EIB è completamente "peer-to-peer" che può contenere logicamente  $2^{16}$  (65536) dispositivi.

Il sistema EIB ha una struttura gerarchica e può essere collegato agli altri sistemi di gestione tramite un'interfaccia.

## MEZZO DI TRASMISSIONE:

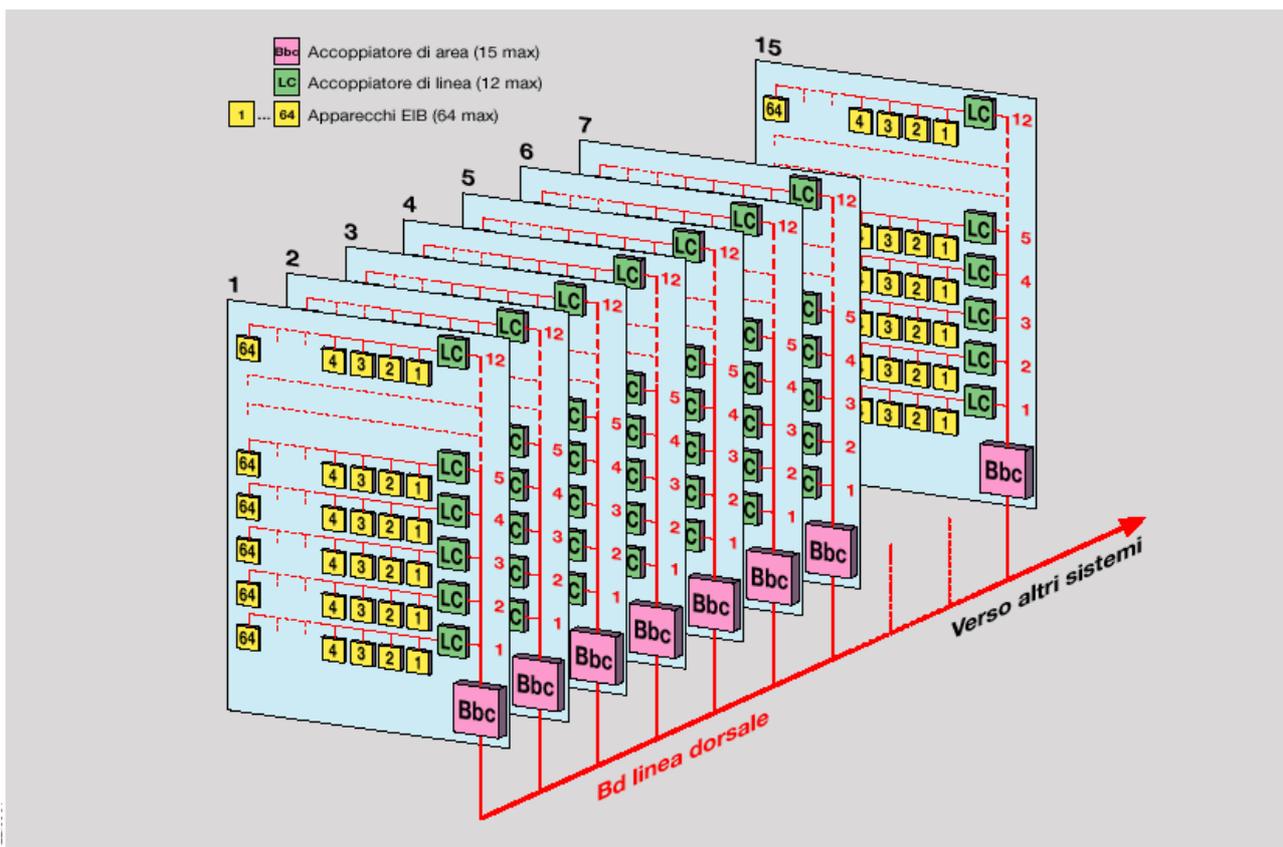
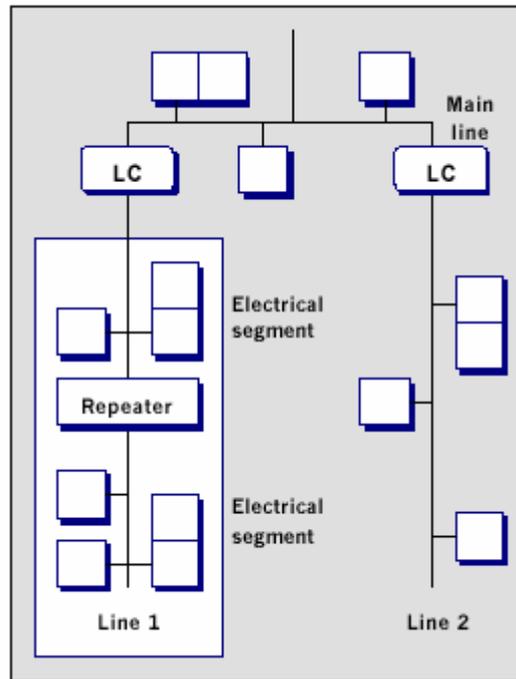
I mezzi di trasmissione possibili sono

- il doppino telefonico intrecciato e schermato [twisted pair (TP)]
- onde convogliate sulla rete di distribuzione dell'energia elettrica [power line - PL]

sono in corso di definizione nello standard anche radiofrequenza (RF) e infrarossi (IR).

Vediamo la struttura della rete prendendo come riferimento il mezzo di trasmissione TP.

L'elemento minimo del sistema è la **linea** a cui possono essere connessi  $2^8$  (256) dispositivi. E' però 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 installazione deve avere non più di 64 dispositivi senza ripetitori. Gli altri possono essere aggiunti in caso di necessità di estendere la linea



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").

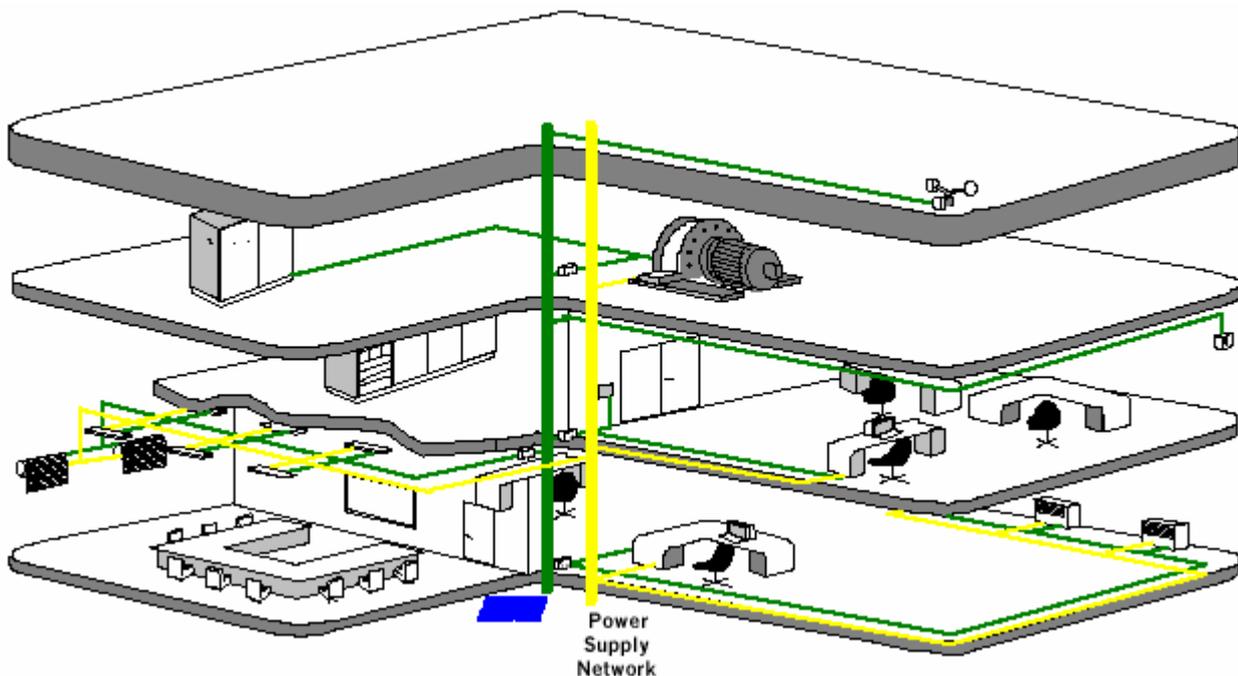
La suddivisione gerarchica fa sì che il traffico in ogni linea è solo dovuto alle funzioni necessarie per la linea stessa. I router (accoppiatori di linea e accoppiatori di zona) conoscono l'istridamento dei messaggi e fanno passare solo i messaggi che devono entrare o uscire dalla linea in base all'indirizzo del mittente e del destinatario.

Complessivamente in numero massimo di dispositivi nelle rete EIB è

Con ripetitori:  $256 \times 12 \times 15 = 46080$

Senza ripetitori (reti di nuova installazione):  $64 \times 12 \times 15 = 11520$

Topologie possibili per la rete: lineare, stella, albero, mista tra le precedenti.



*Esempio di topologia 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

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 all'interno della linea), ad esempio 1/4/3A. In tutto  $2^{16}$  indirizzi fisici.

Il device number è unico nella linea. Il numero di linea è unico nella zona (area).

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							

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.

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											

Tutti i dispositivi del sistema EIB appartengono anche al gruppo ZERO (in altre parole il gruppo zero è il gruppo che comprende tutti i dispositivi del sistema EIB).

### Livello Fisico (per TP)

Il tipo di trasmissione è scelto in modo che il sistema funzioni con qualsiasi topologia della rete, senza obbligare a terminare la linea.

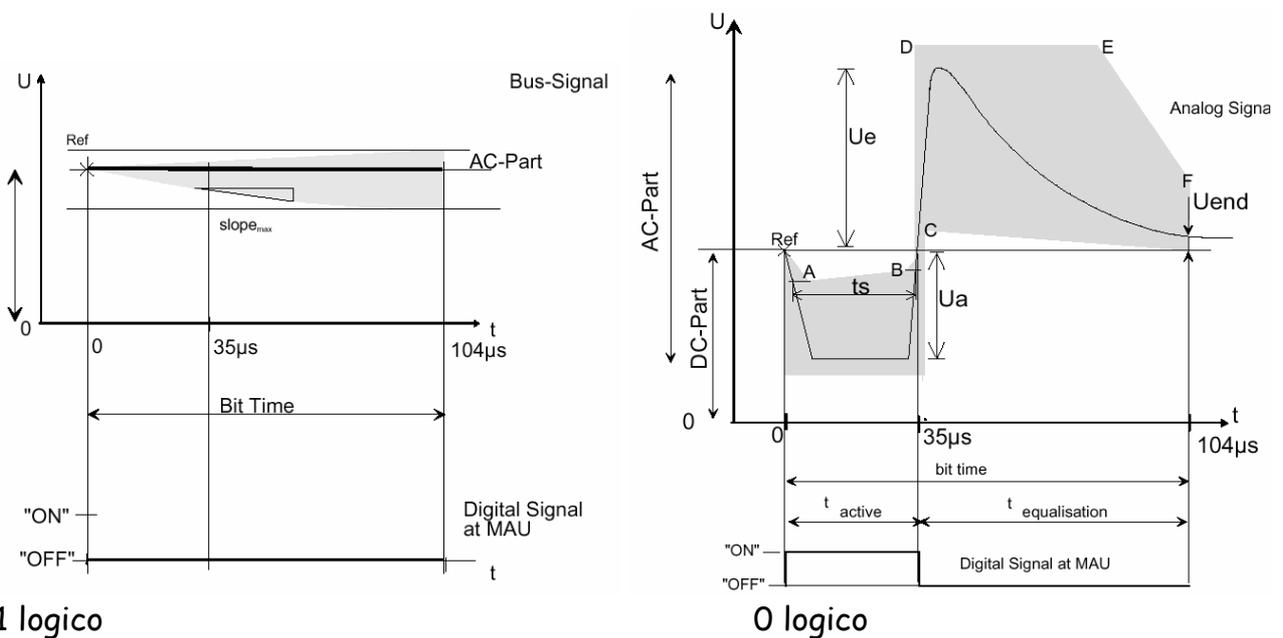
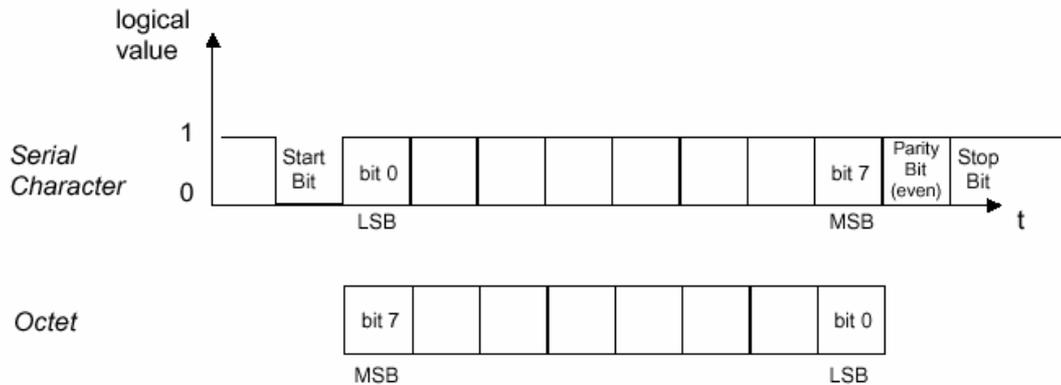
La trasmissione dei dati sulla linea bus è simmetrica (bilanciata), cioè l'informazione è nella differenza di potenziale fra i due cavi del bus.

La trasmissione avviene in BANDA BASE a 9600 bps  
 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 VDC SELV. La corrente assorbita da ciascun dispositivo standard EIB è 3-12 mA. Non si possono usare più di due alimentatori per segmento elettrico.

### CODIFICA DI UN BYTE:

11 bit: start bit + byte dati + bit parità pari + stop bit.



1 logico

0 logico

Nota trasmettere 1 equivale a lasciare invariata la tensione sul BUS, cioè a non trasmettere. La tensione sulla linea è portata in alto dall'alimentatore.

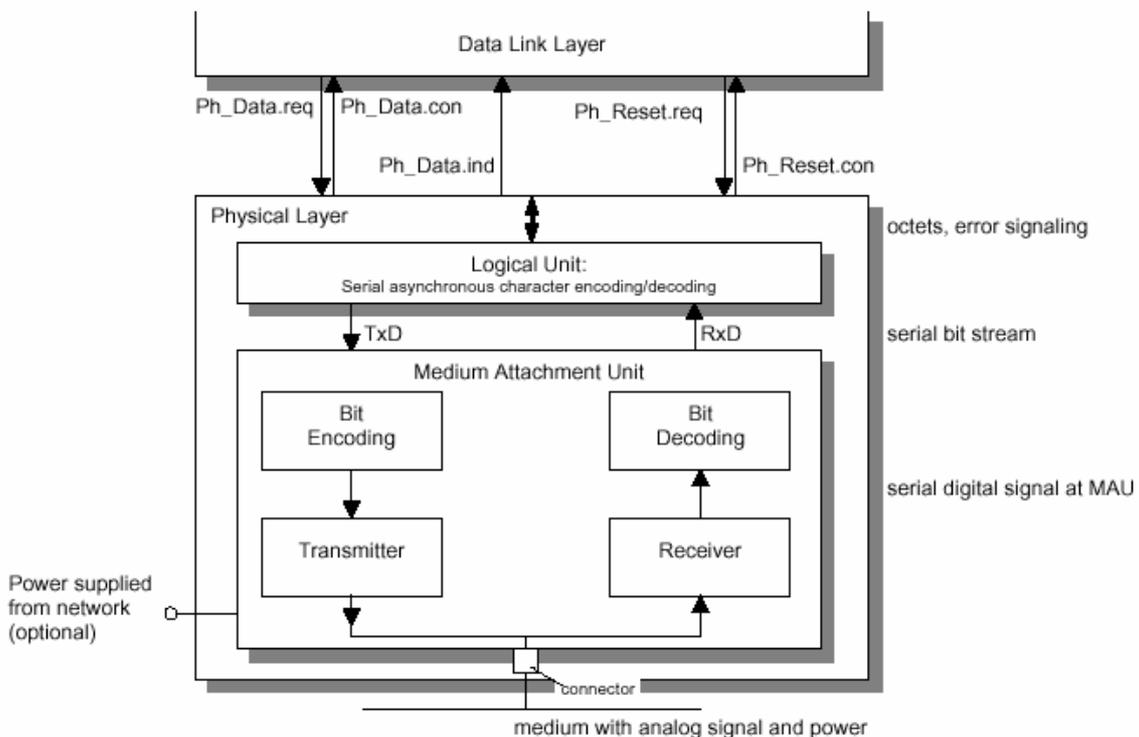
Per trasmettere 0 la tensione viene portata almeno  $U_a$  sotto il valore medio.

I valori minimi e massimi nella trasmissione dello zero sono indicati nella tabella in basso.

Come nel batibus, il bit 0 è il bit prevalente. La gestione delle collisioni è la stessa del batibus.

Parameter / Point	min	max
bit-time	104µs (typ)	
t <sub>active</sub>	35µs (typ)	
t <sub>s</sub> ( time between U <sub>a</sub> > A and U <sub>a</sub> > B )	25µs	70µs (see also 1.1.3)
time (Point D - E)	50µs	
voltage (DC-Part)	21V	32V
voltage U <sub>a</sub> (Point A ) concerning Ref	-0,7V	-10,5V
voltage U <sub>a</sub> (Point B ) concerning Ref	-0,1V	-10,5V
Voltage U <sub>e</sub> (Point C - D) concerning Ref	0V	+13V
voltage U <sub>end</sub> (Point F) concerning Ref	-0,35V	+1,8V

Dopo t<sub>active</sub> la tensione puo' essere maggiore del valore medio a causa dell'induttanza della linea). E' importante che la tensione rimanga sempre nella regione grigia.



L'entità dello strato fisico di ciascun dispositivo connesso alla rete ha una unità logica e una unità MAU (Medium Attachment unit) [figura in alto]

La MAU separa il segnale analogico sul cavo in una parte DC e in un flusso di bit. La parte DC viene usata per l'alimentazione tramite un convertitore DC/DC (regolatore).

Requisiti:

1. tensione DC per qualsiasi dispositivo  $\geq 21 V$
2. ritardo della linea minore di  $12 \mu s$  (per consentire la determinazione di collisione bit a bit).

3. Gli alimentatori della linea devono essere in grado di fornire la corrente prevista da tutti i dispositivi (max 12 mA per dispositivo).

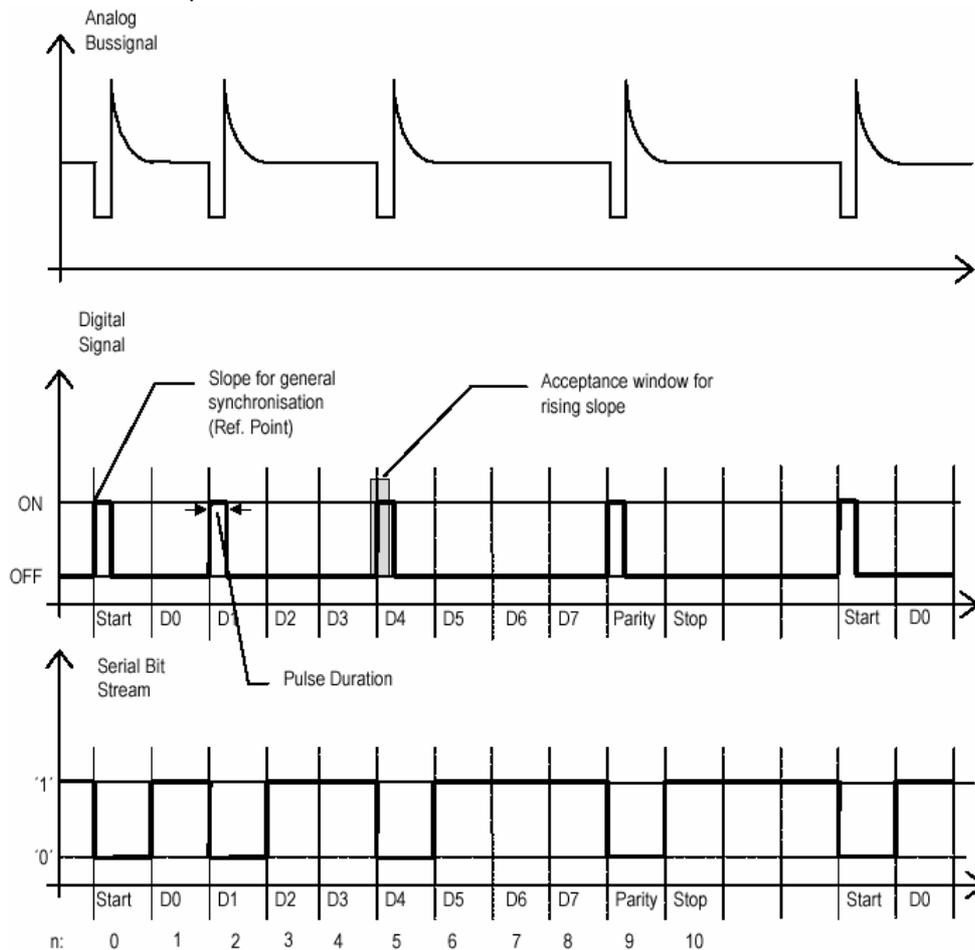
Altri vincoli:

Switch on: ogni dispositivo che viene connesso alla rete, o viene resettato, puo' assorbire una corrente massima con una derivata di 0.5 mA/ms (per non causare forti variazioni di tensione dovute all'induttanza della linea).

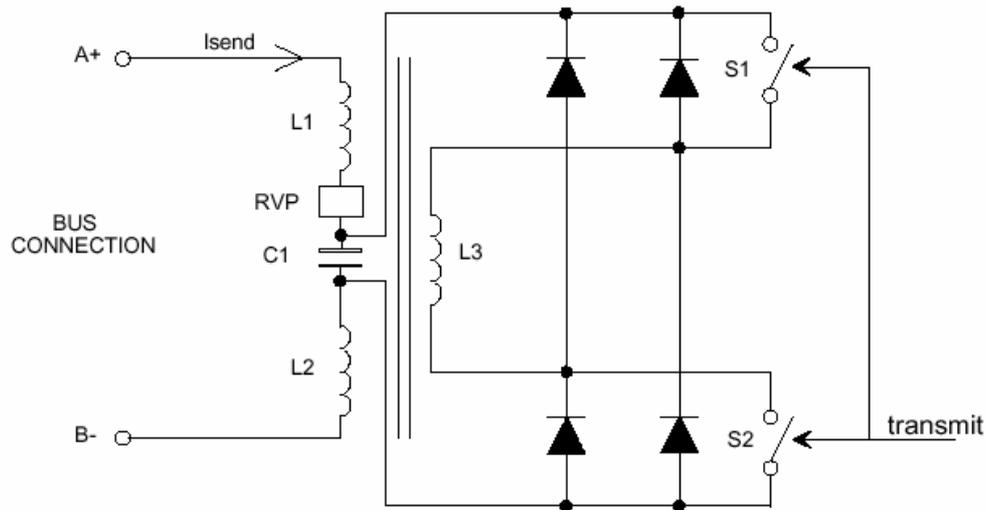
Switch off: stesso discorso

Trasmissione di uno zero. Il MAU deve assorbire dalla rete una corrente  $I_{send}$  tale da far scendere la tensione di una quantità  $U_a$  (da circa 0 a 400 mA)

In ricezione, le forme d'onde all'uscita dei vari blocchi del MAU sono le seguenti.



Struttura del trasmettitore (transmitter)



$L1 + L2 = 45\text{mH} \pm 5\text{mH}$   
(at  $I_{DC}$  rated current)

$L3 = 400\text{mH} \pm 10\%$

$R_i(L1+L2) < 6\Omega$

$R_i(L3) < 50\Omega$

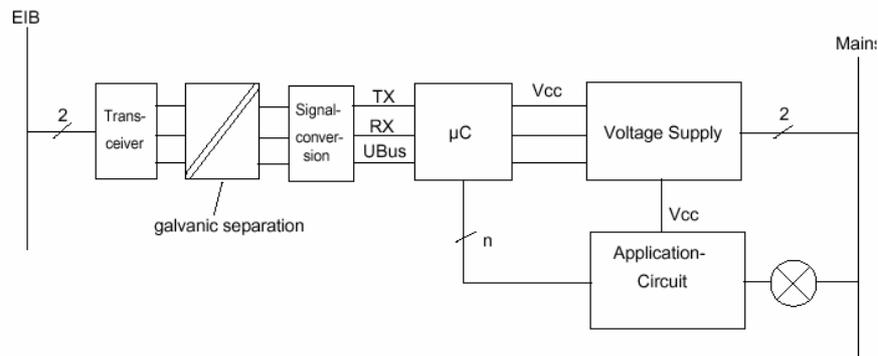
$W1 : W2 : W3 = 1 : 1 : 6$

$C1 > 100\mu\text{F}$

RVP: Revers Voltage Protection Switch (Voltage drop  $< 0,5\text{V}$ )

Only during the active Part ( $35\mu\text{s}$ ) of "Logical 0" S1 and S2 have to be closed. At any other time they are both open.

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 trasformatore) dal bus.



Bridge:

I bridge connettono diversi segmenti elettrici. Isolandoli elettricamente, per migliorare l'immunità al rumore. I bridge non hanno indirizzo elettrico, ma ripetono l'informazione ricevuta sull'altro segmento. 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  $700 \times 4 = 2800 \text{ m}$

I router (LC e ZC) hanno un indirizzo fisico. Anche i routers sono isolati galvanicamente.



## PROTOCOLLO di rete EIB

### Servizi del livello fisico

Due servizi vengono offerti dal livello fisico al livello dati

- Ph\_data service
- Ph\_reset service

Ph\_data service si compone di tre funzioni primitive, o "primitive"

- Ph\_data.req
- Ph\_data.ind
- Ph\_data.con

Ph\_data.req(p\_class, p\_data)

p\_class dà indicazioni di temporizzazioni: quanto aspettare prima di trasmettere il bit  
p\_data è il byte da trasmettere

Ph\_data.ind(p\_class, p\_data)

p\_class informazioni sul tempo o varie (errori di parità etc.)  
p\_data byte estratto dal ricevitore.

Ph\_data.con(p\_status)

p\_status può valere: "OK", "line busy" (linea occupata), "collision detected", "transceiver fault"  
(problema nella connessione elettrica).

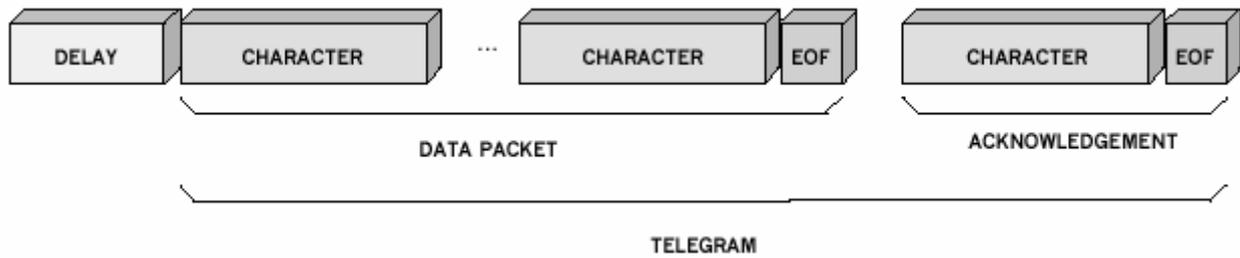
Ph\_reset.req()

Sincronizzazione

Ph\_reset.con(p.status)

p.status: "OK", "transceiver fault"

Due dispositivi (nodi) della rete si scambiano un TELEGRAMMA (telegram) formato da un "PACCHETTO" (data packet) e una "CONFERMA" (acknowledgement)



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 Controllo (1 byte)	Indirizzo Mittente (2 byte)	Indirizzo Destinatario (2 byte)	Lunghezza Dati+servizio (3 byte)	LSDU (0-14 byte)	Check Byte	Pausa (EOF)	Campo Conferma	Pausa (EOF)
--------------------------	-----------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------	------------	-------------	----------------	-------------

Struttura di un telegramma:

data packet:

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)

Byte che indica il tipo di indirizzo destinatario (destination address flag), la lunghezza del campo dati più altre informazioni di servizio (2 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 telegramma è 23 byte. (14 di dati).

Dopo la pausa, gli apparecchi che hanno riconosciuto l'indirizzo destinatario trasmettono una conferma:

un byte che puo' dire (ACK, NAK, BUSY)

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 capisce 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

#### MEZZO DI TRASMISSIONE POWER LINE (PL)

- Modulazione: SFSK Spread Frequency Shift Keying - Bit rate 1200 bps
- Trasmissione asincrona
- I simboli sono sincronizzati con la frequenza principale (di rete).

Struttura della rete: è la struttura della rete di distribuzione dell'energia elettrica, in accordo ai regolamenti nazionali. Puo' essere monofase o trifase (50 Hz). Il segnale viene trasmesso tra una fase e il neutro (modo differenziale).

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 di mezzo

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 $\mu$ s
Maximum output level	116 dB $\mu$ V*
Input sensitivity	$\leq$ 60 dB $\mu$ V**
Device class	class 116*
Compliance to standards	EN 50065-1:1991

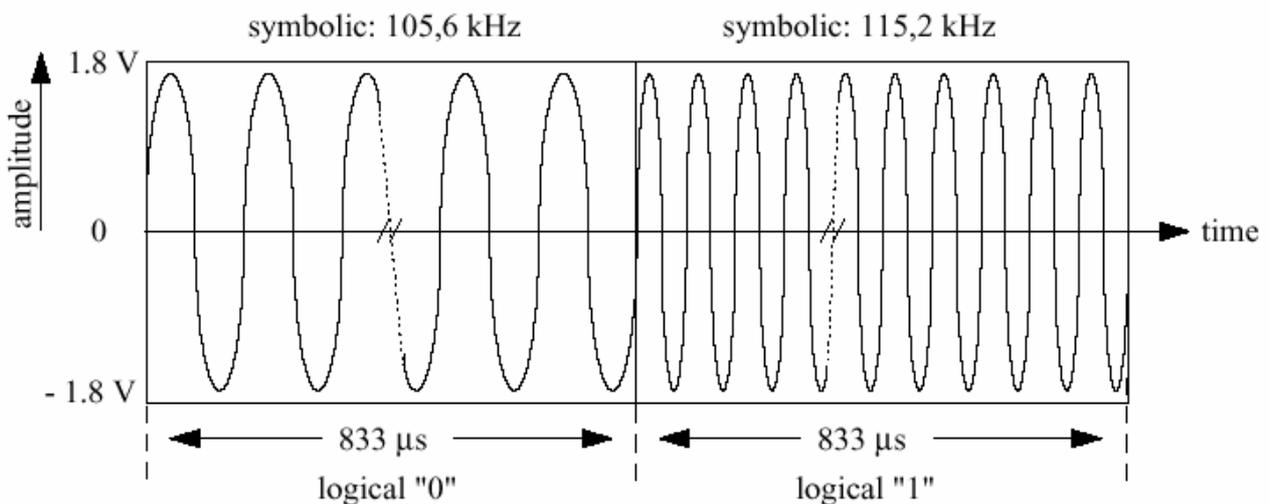
\* measurement according EN 50065-1

\*\* with artificial network according CISPR Publication 16-1, 2<sup>nd</sup> edition [(50 $\mu$ H+5 $\Omega$ ) / 50 $\Omega$ ]

La codifica del segnale SFSK è NRZ

- "0" logico: frequenza di 105,6 kHz per 833  $\mu$ s
- "1" logico: frequenza di 115,2 kHz per 833  $\mu$ 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 116dB $\mu$ V.

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 (88 e 96 volte, rispettivamente).

Zero logico: vengono trasmessi 88 periodi nel tempo di un bit

Uno logico: 96 periodi nel tempo di un bit.

Quando vengono trasmessi da due dispositivi due simboli uguali, si ha che le inevitabili differenze tra le frequenze fanno sì che il segnale risultante sia modulato in ampiezza 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:

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

L'entità dello strato fisico (PL) è composta da tre elementi:

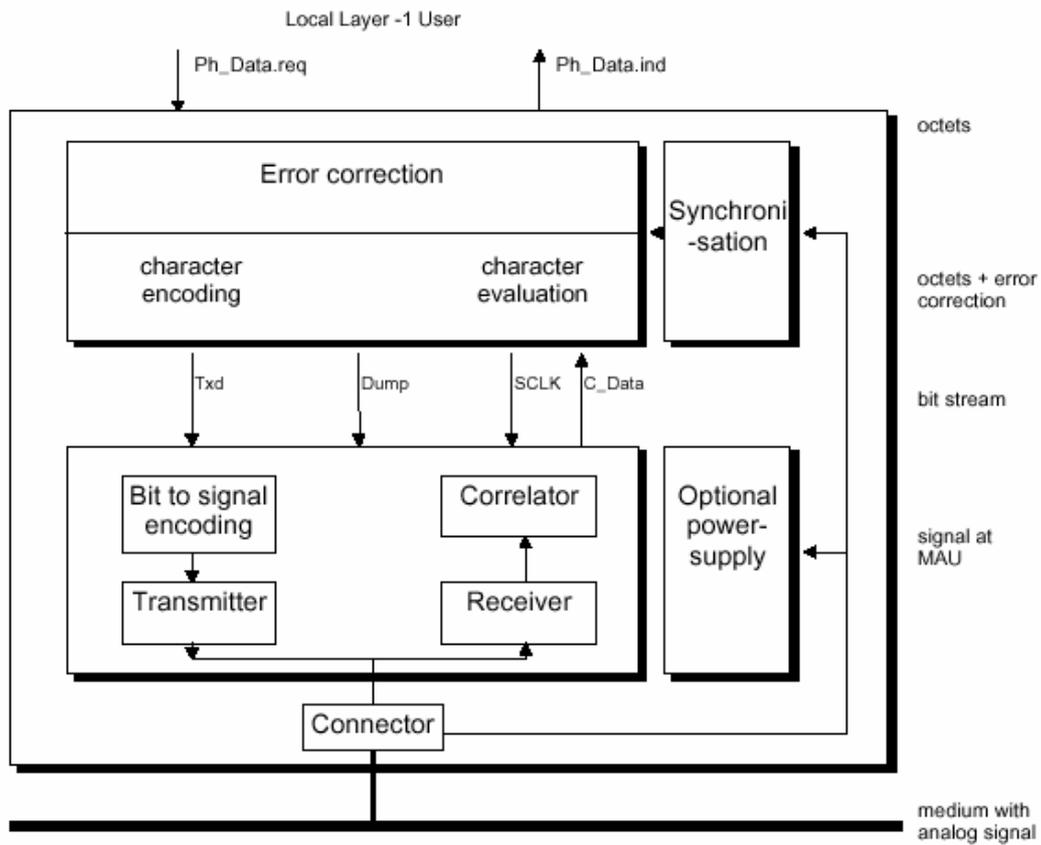
- Connettore,
- MAU (Medium Attachment Unit): converte il segnale codificato in frequenza in valori che rappresentano 0 e 1 logici, e viceversa.
- Logica di correzione degli errori

#### MAU

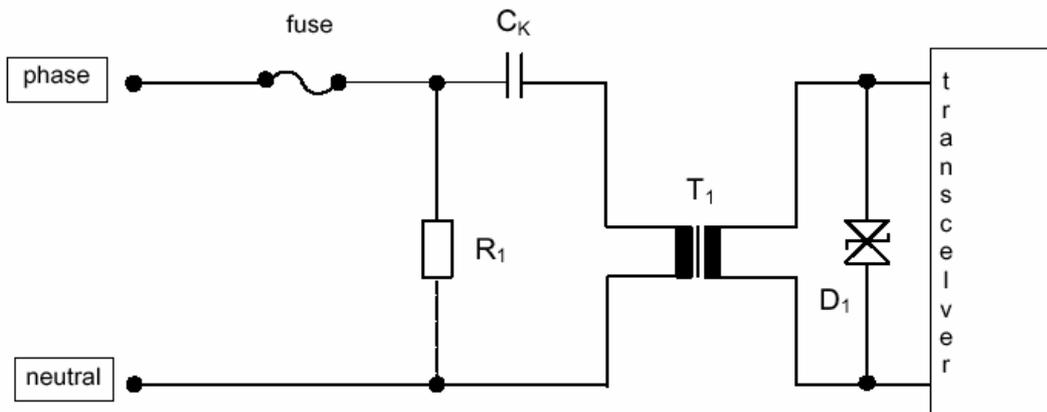
Al connettore sono collegati il trasmettitore, il ricevitore, e un eventuale alimentatore (convertitore ACDC del dispositivo).

#### Impedenza del MAU

Il MAU in ricezione deve avere alta impedenza ( $> 80$  Ohm tra 100 e 125 KHz) per non caricare eccessivamente la rete; in trasmissione deve avere BASSA impedenza ( $< 20$  Ohm tra 100 e 125 KHz) perché il segnale trasmesso non sia eccessivamente attenuato.



### Collegamento alla rete del MAU



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

Due servizi offerti dal livello fisico al livello data link:

- $Ph\_data.req(p\_class, p\_data)$
- $Ph\_data.ind(p\_class, p\_data)$

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.

Ogni byte viene trasmesso in un carattere di 12 bit: 8 di dati e 4 (in coda) di correzione errore. La generazione dei bit di errore segue la matrice

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

carattere [12 bit] = G \* byte[8 bit]

r [4 bit] = T \* 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 modulo 2)

(Parentesi, 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	-

Se tutto il carattere (12 bit) è ricevuto correttamente abbiamo s=0000b.

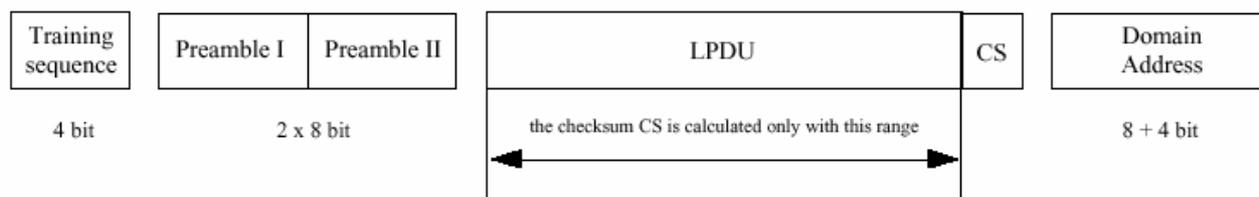
Se s è diversa da 0h, in base al suo valore possiamo calcolare il bit sbagliato, come segue. Basta poi invertire il bit sbagliato.

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

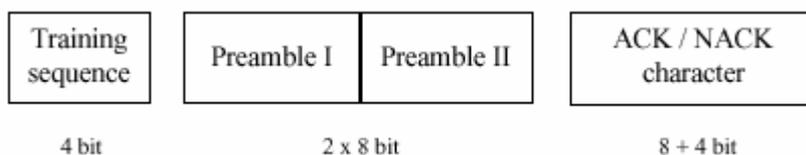
I quattro bit di ridondanza consentono di correggere ciascun errore di un singolo bit (sui 12) e alcuni errori doppi.

Struttura del messaggio sul livello fisico:

Data packet



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.

**Sincronizzazione**

Tra due attraversamenti dello zero passano 10 ms su una fase (frequenza degli attraversamenti 100 Hz) e 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,

### STRATO DI LINEA (DATA LINK):

Indirizzamento:

domain address: 2 byte (il primo è 00h, il secondo indica il numero di dominio).

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: 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).

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

Indirizzo di gruppo. Non è unico. 5 bit gruppo principale + 11 bit sottogruppo.

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

Struttura del telegramma (è uguale al caso precedente tranne che per l'indirizzo di dominio).

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 (bit\_6 è la parità dispari di tutti i bit\_6 dei dati precedenti)

Indirizzo di dominio (1 byte). Byte meno significativo dell'indirizzo di dominio.

Acknowledgement (1 byte) NAK o ACK

ATTENZIONE: NON C'E CONTROLLO DELLE COLLISIONI NELLA TRASMISSIONE PL

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 riposo 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

La procedura cambia leggermente se nella linea c'è o non c'è un ripetitore.

- SE NON C'E UN RIPETITORE:
  - se chi riceve riconosce il proprio indirizzo, dopo 4 periodi bit dalla trasmissione del telegramma manda il segnale di acknowledgment (che dura 32 periodi di bit).
  - Se entro 39 periodi di bit non arriva un ack, il dispositivo ritrasmette il L\_data request

- Dopo 58 periodi di bit dalla spedizione del L\_data request un altro dispositivo puo' spedire il proprio data\_request.
  - SE C'E' UN RIPETITORE.
    - Come prima, se il ripetitore non sente un acknowledgement Entro 39 periodi di bit, il tempo di bit successivo ritrasmette il L\_data request.
    - Se il ripetitore non rivela un accesso al bus entro 22 periodi di bit, comunica la mancanza di acknowledgement (NAK).
    - Ci sono 7 slot disponibili. Ogni dispositivo decide a caso in quale slot trasmettere.
- 

## MEZZO DI TRASMISSIONE RF (Indicazioni preliminari)

Banda ISM

- 433 MHz
- 868-870 MHz

Vediamo qualche dettaglio della banda UHF (868-870 MHz)

Potenza in banda: 25 mW - 1% duty cycle

6 radio channels, spacing 150 KHz

ogni canale (linea) puo' contenere 64 dispositivi

La comunicazione tra i canali è assicurata da un router

Requisiti del sistema:

### **Banda di frequenza:**

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 (modo di trasmissione <--> modo di ricezione)

Controllo di accesso al mezzo: CSMA/CD Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection.

Conferma di ricezione:

indirizzamento individuale: acknowledgment diretto (immediato)

indirizzamento di gruppo: acknowledgment indiretto

L'acknowledgment è necessario

Point-to-point: acknowledgment immediato

Multicast:

Tecnica del ritrasmettitore (tanti acknowl. In contemporanea darebbero luogo a collisioni).

Al più tre dispositivi in una linea possono funzionare da ritrasmettitori.

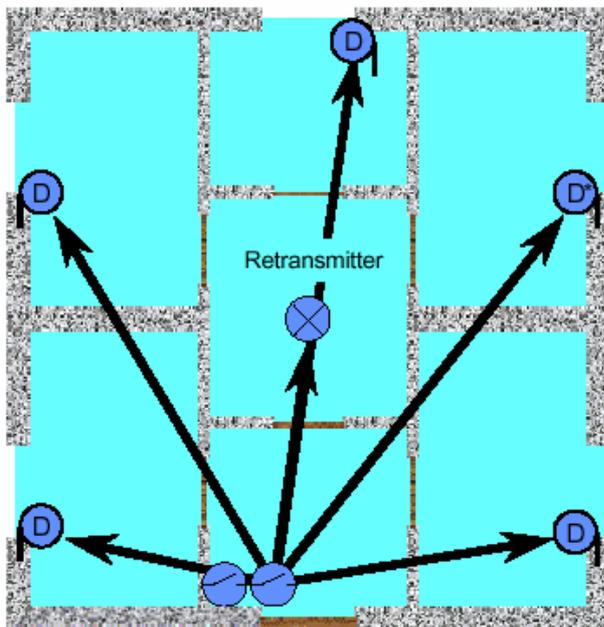


Fig. 1a: request transmission

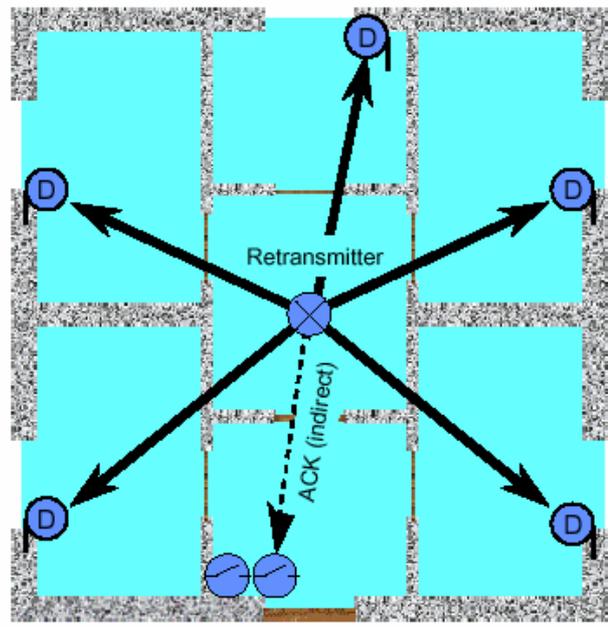


Fig. 1b: Retransmission and Acknowledgment to the sending device

Il trasmettitore originario interpreta la ritrasmissione come un acknowledgment (ack. Indiretto).

S