

Sistemi di Comunicazione per l'automazione di fabbrica

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Introduzione

- I diversi apparati , sistemi, sensori che fanno parte della Digital Factory devono ovviamente comunicare tra di loro per scambiare fisicamente le informazioni
- La prima idea che può nascere dal senso comune è la seguente: nessun problema possiamo collegare tutto ad Internet
- Ma questa idea è un po' ingenua perché Internet è senza dubbio un sistema di comunicazione estremamente potente e diffuso ma non è detto che abbia tutte le caratteristiche necessarie di una comunicazione che richiede un ambiente industriale: affidabilità, tempi di risposta
- D'altro canto se guardiamo il panorama dei sistemi di comunicazione industriale possiamo trovare molti sistemi diversi tra di loro sia per la connessione fisica (wired, wireless) che per le regole di comunicazione (protocolli..)
- In questa lezione si fornirà un quadro delle architetture di controllo, alle reti di comunicazione per poter comprendere quali impiegare e perché.

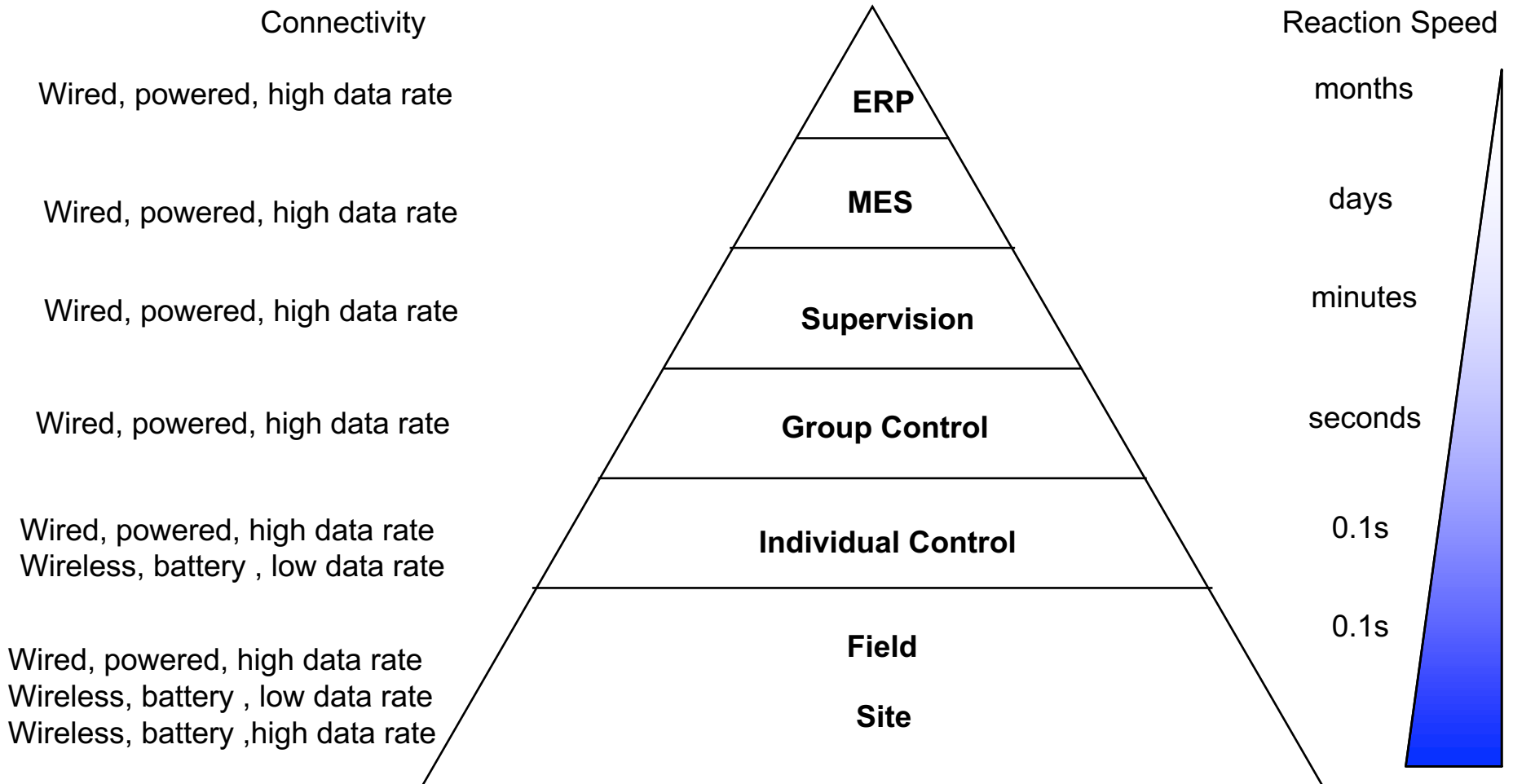
Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Le dimensioni della connettività

- Collegare apparati tra di loro richiede di comprendere le caratteristiche e i vincoli della comunicazione e degli apparati.
- Innanzi tutto possiamo avere comunicazioni che utilizzano delle connessioni fisiche come cavi (**wired**) oppure connessioni elettromagnetiche (**wireless**)
- In secondo luogo è importante sapere se **l'energia** che alimenta i sistemi di comunicazione è virtualmente senza limiti (collegamento a una rete elettrica) o limitata (batterie).
- In terzo luogo è necessario conoscere che tipo di dati e in quale quantità vengono scambiati: trasmettere un filmato richiede una grande capacità di comunicazione (**high data rate**) rispetto al quando trasmettiamo un singolo bit d'allarme (**low data rate**)
- Ma il tempo di risposta del sistema di comunicazione può essere completamente diverso: immediato (**real time**) per la trasmissione di un allarme, distribuito in un lungo tempo nel caso di scarico di una nuova versione di un sistema operativo
- Infine è importante la dimensione geografica della comunicazione ovvero le distanze tra gli oggetti connessi soprattutto nel caso di sistemi wireless

Connectivity and CIM level



Le tipologie di sistemi di comunicazione gestionali

- Possiamo analizzare i diversi sistemi di comunicazione esistenti declinandoli in funzione delle loro caratteristiche.
- Innanzi tutto possiamo avere sistemi comunicazioni che utilizzano delle connessioni fisiche come cavi (**wired**) oppure connessioni elettromagnetiche (**wireless**) con la possibilità di trasferire grandi quantità di dati (**high data rate**)
- Tipicamente dobbiamo suddividerli ancora secondo la tipologia d'applicazione : sistemi gestionali o sistemi operativi come macchine di produzione.
- I sistemi gestionali utilizzano le reti wired della telefonia fissa o wireless della telefonia cellulare nell'ambito della rete **Internet basata sui protocolli TCP IP**.
- Queste reti non hanno limiti di espansione geografica o di dimensione della rete e permettono di identificare i punti di connessione con dei codici IP unici in tutta la rete
- I sistemi di connessione di fabbrica utilizzano reti che sono denominate bus di campo e che permettono anche di gestire processi che richiedono tempi di risposta rapidi e ripetitivi

Le tipologie di sistemi di comunicazione di sensori o nodi IP

- Possiamo analizzare i diversi sistemi di comunicazione esistenti declinandoli in funzione delle loro caratteristiche.
- Innanzi tutto la maggior parte dei sistemi di comunicazione con sensori sono sempre più di tipo wireless.
- Tipicamente dobbiamo suddividerli ancora secondo la dimensione della rete geografica.
- Quando la rete è limitata possiamo utilizzare delle Wireless Sensor Network
- Ma quando la rete comincia a essere estesa dobbiamo utilizzare LP Wan (Low Power Wide Area Network)
- In entrambi i casi **l'ottimizzazione dell'uso dell'energia** è l'elemento critico di entrambe le soluzioni perchè sono spesso utilizzate batterie eventualmente ricaricabili dall'ambiente
- Quindi gli apparati di comunicazione, i protocolli dovranno essere ottimizzati per minimizzare il consumo d'energia

Le tipologie di sistemi di comunicazione load modulation

- Possiamo infine utilizzare sistemi di comunicazione tra un apparato attivo e un apparato passivo dal punto di vista energetico
- Sono tipicamente le comunicazioni tra un reader RFID e un tag RFID passivo
- I tag RFID passivi sono utilizzati nell'ambito industriale per identificare gli oggetti a cui sono associati ed hanno un costo molto basso dell'ordine di 5-10 centesimi di euro
- Ma sono oggetti molto semplici che non hanno batteria ma vengono alimentati dal reader stesso e quindi comunicano secondo una modalità unica: load modulation
- Load modulation significa letteralmente modulazione del carico o meglio dell'impedenza vista dal generatore che è il reader
- Quando il tag passivo deve rispondere al reader si limita a variare la sua impedenza al campo generato dal reader.
- In questo modo il reader può rilevare la variazione di corrente assorbita e quindi rilevare la comunicazione associata

Attenzione alle differenze tra i diversi tipi di comunicazione

- I sistemi di comunicazione presentati sono quasi sempre diversi tra di loro sia dal punto di vista delle interfacce fisiche che delle interfacce logiche.
- Interfacce fisiche diverse significa che sono utilizzati principi fisici di comunicazione che non sono compatibili tra di loro.
- Per esempio una connessione wireless utilizza antenne e il campo elettromagnetico per comunicare informazioni
- Invece una connessione wired basata su elettromagnetismo, utilizza connettori, cavi e corrente o tensione per comunicare
- Al contrario una connessione radio basata sulle onde luminose utilizza connettori, fibre ottiche e la luce per comunicare
- Per questa ragione quando dobbiamo collegare un sistema di comunicazione ad un altro dobbiamo utilizzare opportuni convertitori che adattano i segnali e le grandezze fisiche.
- Qualora i segnali e le grandezze fisiche siano compatibili ci possono essere modalità di gestione della comunicazione (protocollo) differente e si possono utilizzare convertitori di protocollo

Indice

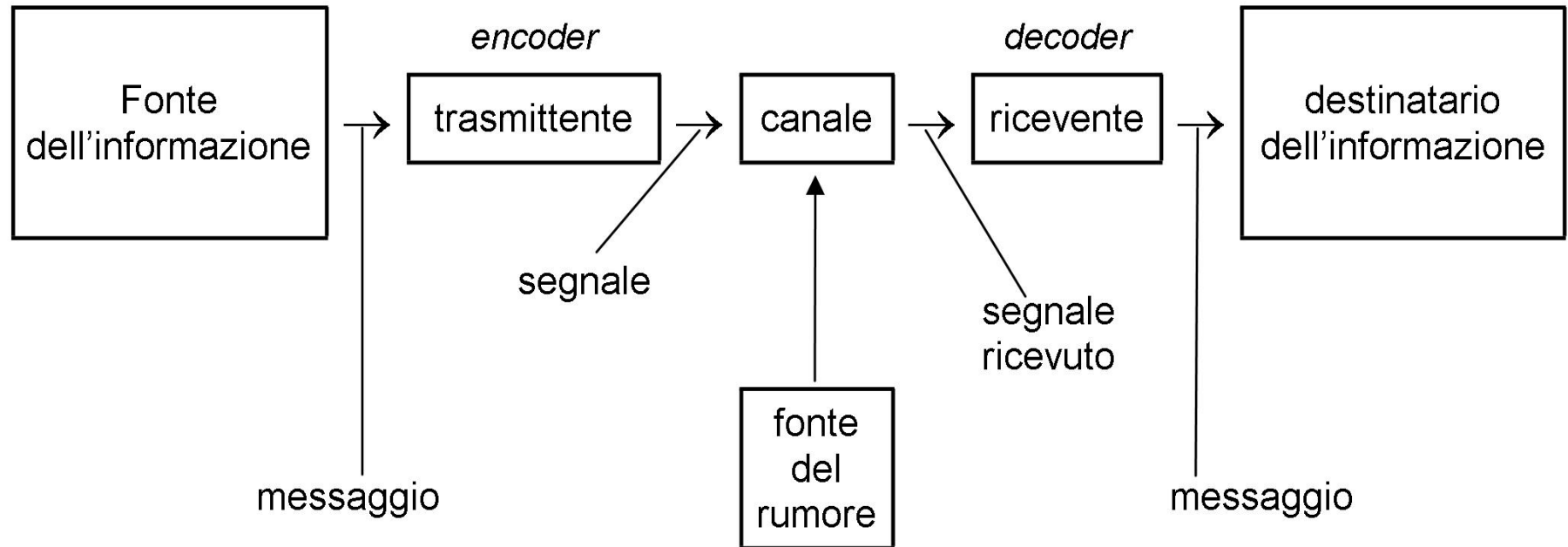
- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Reti di comunicazione digitale

- Innanzi tutto trattiamo di reti di comunicazione digitale perché trasmettiamo informazioni di natura digitale e non analogica.
- Anche le informazioni di natura analogica come la voce umana, preferiamo trattarle in modo digitale e quindi convertiamo dall'analogico al digitale e poi tutta la trasmissione e gestione è digitale: soltanto alla fine convertiamo di nuovo dal digitale all'analogico per permettere all'orecchio umano di sentire
- Preferiamo la comunicazione digitale a quella analogica perché è più immune al terzo elemento tra chi trasmette un messaggio e chi lo riceve: i disturbi (noises)
- La comunicazione digitale non elimina i disturbi ma permette di ridurne e/o eliminarne gli effetti ovvero la mancanza di informazione o un'informazione distorta

Reti di comunicazione digitale: il modello di Shannon

Il modello matematico di Shannon e Weaver - 1949



Reti di comunicazione digitale

- Le reti di comunicazione digitale sono modellizzabili in componenti ed architetture
- Per questa ragione dobbiamo cominciare a definire i componenti delle reti digitali e le architetture di rete
- Fortunatamente i sistemi di comunicazione possono essere definiti nell'ambito di una architettura standard universalmente accettata: il modello ISO /OSI a 7 livelli
- Tutte le reti possono essere rappresentate sulla base di questo fondamentale modello che permette di modularizzare gli elementi hardware e software di comunicazione

Che cos'è una Rete di calcolatori?

Una rete di calcolatori è un sistema informatico costituito da uno o più calcolatori collegati da un sistema di comunicazione.

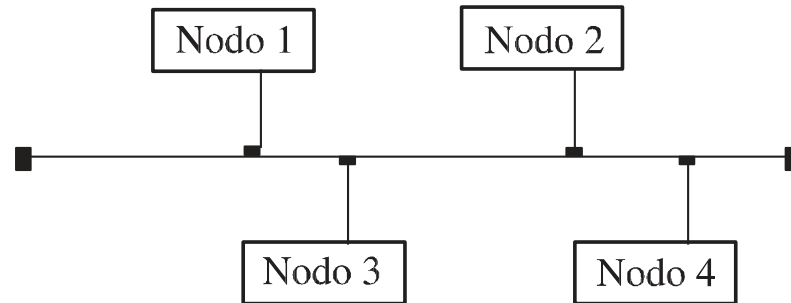
Possiamo definire varie **topologie** (ovvero disposizioni fisiche dei componenti) di rete, tra le quali le più importanti sono tre (wired o wireless)

:

Collegamento punto a punto (a stella)



Collegamento a bus lineare (multidrop)



Collegamento daisy-chain



Il Protocollo di comunicazione permette di parlarsi

- Il protocollo di comunicazione è l'insieme delle regole che due o più nodi di rete devono seguire per poter comunicare tra di loro e comprendere quanto comunicato.
- Ma la comunicazione è realizzata di diverse modalità che vanno dalla comunicazione fisica (tensione..) alla definizione della strada da seguire per comunicare, al contenuto della comunicazione
- Per questa ragione protocolli utilizzati dai calcolatori sono organizzati secondo una gerarchia.
- Ogni protocollo si appoggia ai protocolli di più basso livello per fornire il servizio (per esempio un protocollo con correzione d'errore può essere costruito su un protocollo di puro trasporto).
- Ovviamente non è necessario che tutti i livelli di comunicazione siano presenti per garantire una comunicazione

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Le funzioni del Modello ISO/OSI

- Livello 7:** interfacce e servizi ai programmi applicativi (trasferimento file, collegamento remoto)
- Livello 6:** codifica informazioni e loro conversione (dati binari rappresentati come testo, figure,...)
- Livello 5:** fornisce servizi per la gestione efficiente della comunicazione (apertura, gestione, chiusura)
- Livello 4:** realizza funzioni di trasporto indipendenti dalla struttura della rete. Interfaccia tra i livelli sopra e sotto.
- Livello 3:** gestisce l'instradamento dei messaggi. Stabilisce un sentiero logico anche tra nodi non direttamente connessi.
- Livello 2:** corretto trasferimento di stringhe di bit organizzate in frame. Metodo di accesso al mezzo.
- Livello 1:** gestione meccanica ed elettrica della comunicazione.

Non è necessario che in una rete siano implementati tutti e sette i livelli: i livelli fisico, collegamento e applicazione sono i più utilizzati nei sistemi di controllo.

Modello ISO/OSI e internet

Per esempio come si mappano i livelli del modello ISO/OSI su Internet?

Livelli 7, 6 e 5: Internet protocol suite (Telnet, FTP, SMTP, HTTP)

Livello 4: TCP (Transmission Control Protocol) o UDP (User Datagram Protocol)

Livello 3: IP (Internet Protocol)

Livelli 2 e 1: non specificati (di solito Ethernet)

Livello 1: livello fisico ovvero meccanico ed elettrico

Questo livello si occupa del trasferimento di bit su un canale di comunicazione ovvero nei suoi aspetti meccanici ed elettrici.

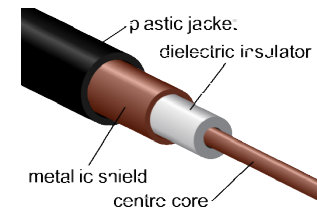
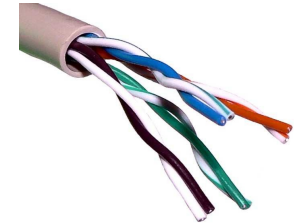
La trasmissione è di norma di tipo seriale.

Alcune caratteristiche definite dal Livello 1

- tipo di codifica elettrica del segnale logico;
- tipo e funzione di ogni segnale di controllo (per sincronizzare trasmissione e ricezione);
- livelli di tensione e corrente;
- numero di conduttori;
- tolleranze massime e minime dei tempi di salita, commutazione, ecc. dei segnali elettrici;
- tipo di collegamento (single ended o differenziale) e isolamento;
- caratteristiche meccaniche dei connettori, dei cavi, e in generale degli apparati.

I mezzi trasmissivi possono fisicamente essere molto diversi

- **Doppino intrecciato** (*twisted pair*)
 - Costituito da una coppia di fili di rame avvolti in una guaina e ritorti
 - Può essere con o senza schermo
 - Tipicamente usato in telefonia, consente velocità di comunicazione medio-alte (100 Mbps su rete locale, meno su rete telefonica) con ADSL
- **Cavo coassiale**
 - Filo centrale in rame ricoperto da guaina e maglia esterna in rame che permette di avere una buona immunità ai disturbi
 - Consente velocità di comunicazione medio-alte (100 Mbps)
- **Fibra ottica**
 - Fibra di vetro in grado di trasportare segnali luminosi
 - Consente massima insensibilità ai disturbi ma ha costo elevato
- **Wireless**
 - Estremamente flessibile
 - Potenzialmente critica la gestione dell'energia



Perché dovremmo scegliere un mezzo trasmissivo specifico?

Perché i bisogni di comunicazione dei dati possono essere molto diversi in funzione dei bisogni e delle caratteristiche ambientali

- **Quantità di dati da trasmettere**
 - Lo stato di apertura di una porta di quadro elettrico
 - Le immagini di un prodotto

- **Il livello di disturbi presenti**
 - Fonderia elettrica
 - Magazzino a scaffali metallici

- **Il livello di sicurezza richiesto**
 - Electric Grid
 - Blog del quality circle

- **Costi di connessione**
 - Sensori distribuiti in una vasta area
 - Linee di produzione

Vediamo esempi di comunicazione che troviamo nell'industria

- Smart phone e tablet
- Bus di campo tra macchine utensili
- Reti di sensori (wireless sensor network)
- Tag RFID
- Real Time Localisation Systems (RTLS)
- Global Positioning Systems (GPS)

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Codifica del segnale logico

I dati binari scambiati tra due calcolatori possono essere trasmessi direttamente sul canale principalmente secondo tre modalità

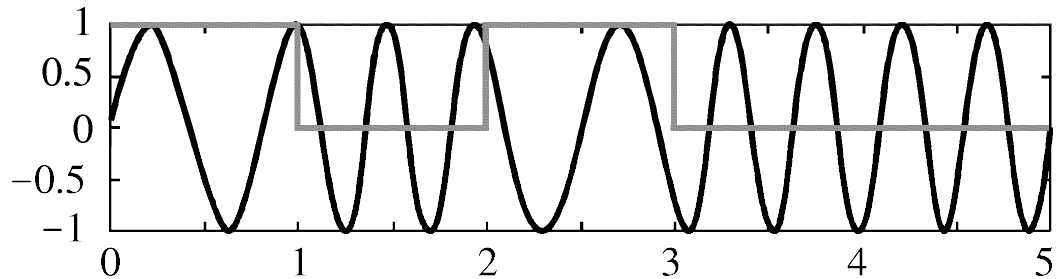
- Modulazione della portante in frequenza o ampiezza (sender e receiver entrambi attivi), frequenze fino a 2,4 GHz e trasmissione analogica
- Ultra wide band (sender e receiver entrambi attivi), frequenze oltre i 4GHz e trasmissione digitale
- Rfid (il tag è passivo e il reader è attivo), frequenze fino UHF e modulazione del carico (load modulation o backscattering)

Modulazione della portante: modulare la frequenza

I dati binari possono essere anche trasmessi per modulazione di un segnale portante (segnalazione in **modulazione di frequenza, fase, ampiezza**) come avviene tipicamente nelle trasmissioni wireless che utilizzano una radio

Protocollo **HART**:

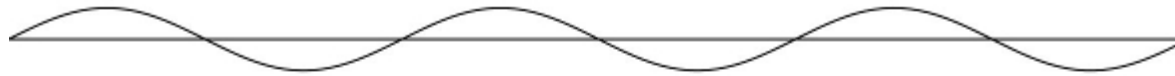
L'informazione binaria è codificata inviando sinusoidi di frequenza diversa (1220 Hz e 2200 Hz)



Nello stesso modo potremmo variare la fase oppure l'ampiezza

Modulazione della portante: ampiezza, frequenza e fase

Modulante



Portante



Modulazione di ampiezza



Modulazione di frequenza



Modulazione di fase

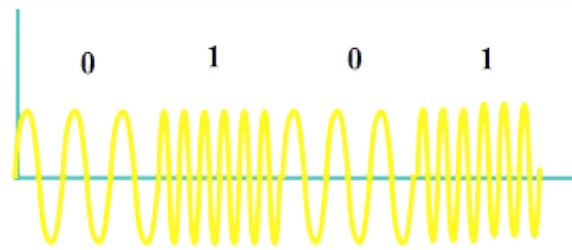


What is UltraWideBand?

Narrowband
Communication

Time-domain behavior

Frequency
Modulation

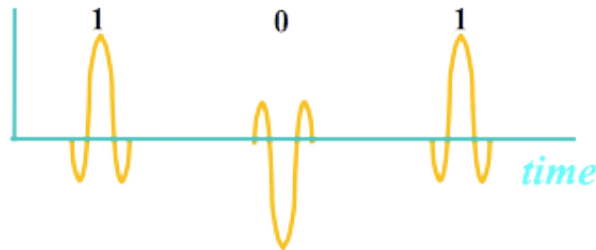


Frequency-domain behavior



Ultrawideband
Communication

Impulse
Modulation



(FCC Min=500Mhz)

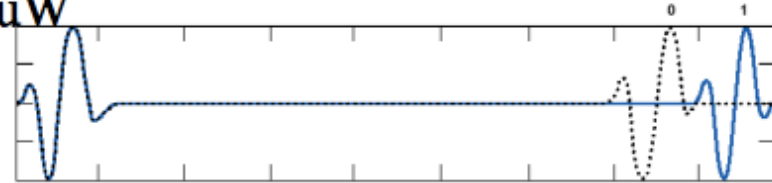
- Communication that occupies more than 500 MHz of spectrum
- Communication with fractional bandwidth of more than 0.2
- More possibilities than pulses

Basic Impulse Information Modulation

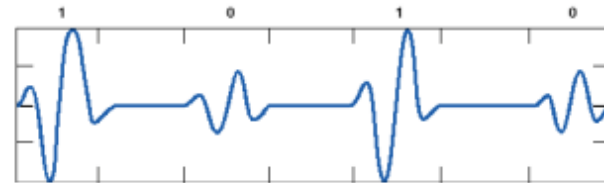
Pulse length $\sim 200\text{ps}$; Energy concentrated in 2-6GHz band;

Voltage swing $\sim 100\text{mV}$; Power $\sim 10\mu\text{W}$

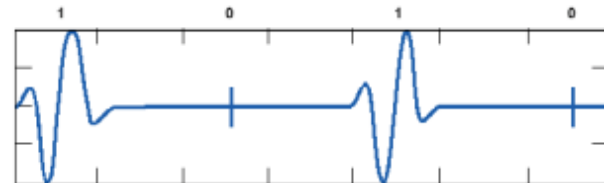
- **Pulse Position Modulation (PPM)**



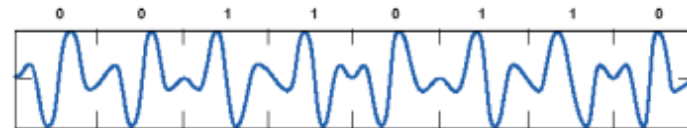
- **Pulse Amplitude Modulation (PAM)**



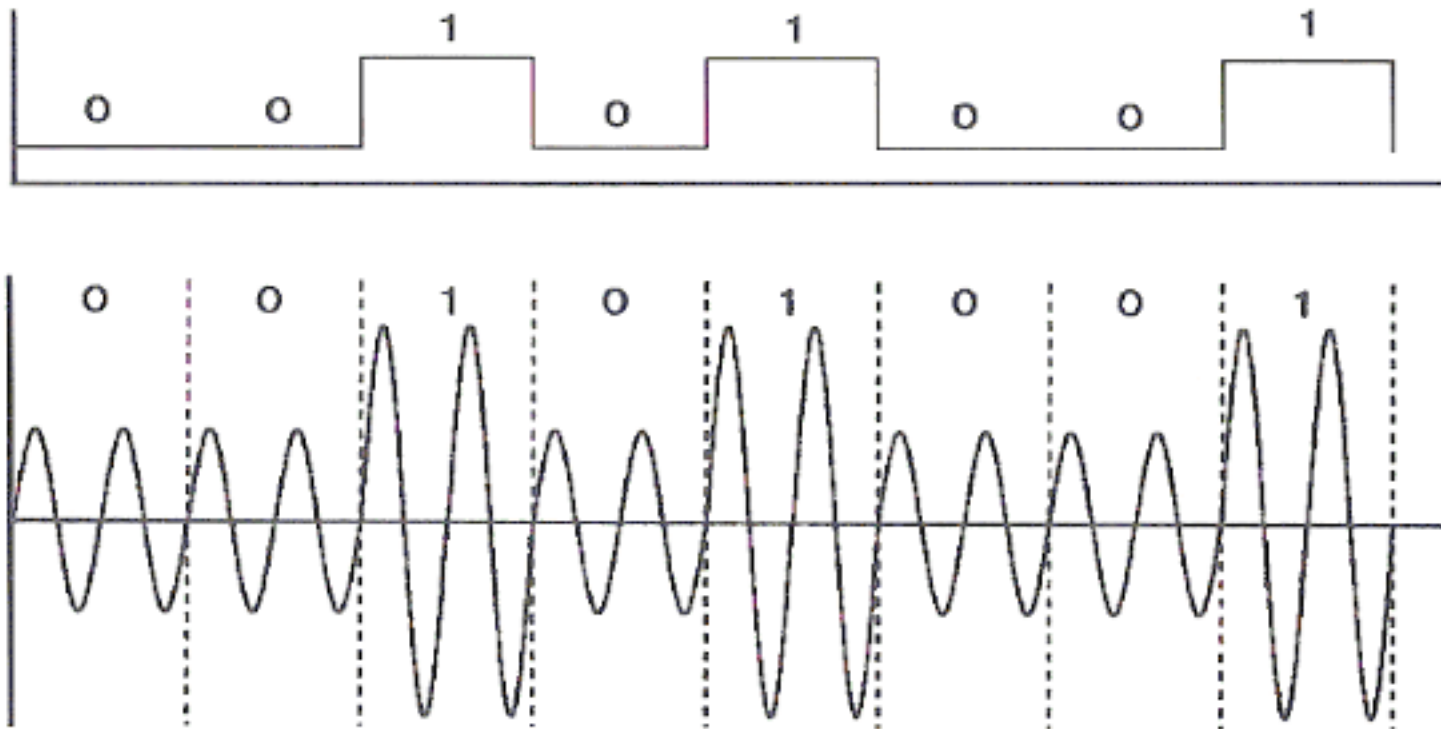
- **On-Off Keying (OOK)**



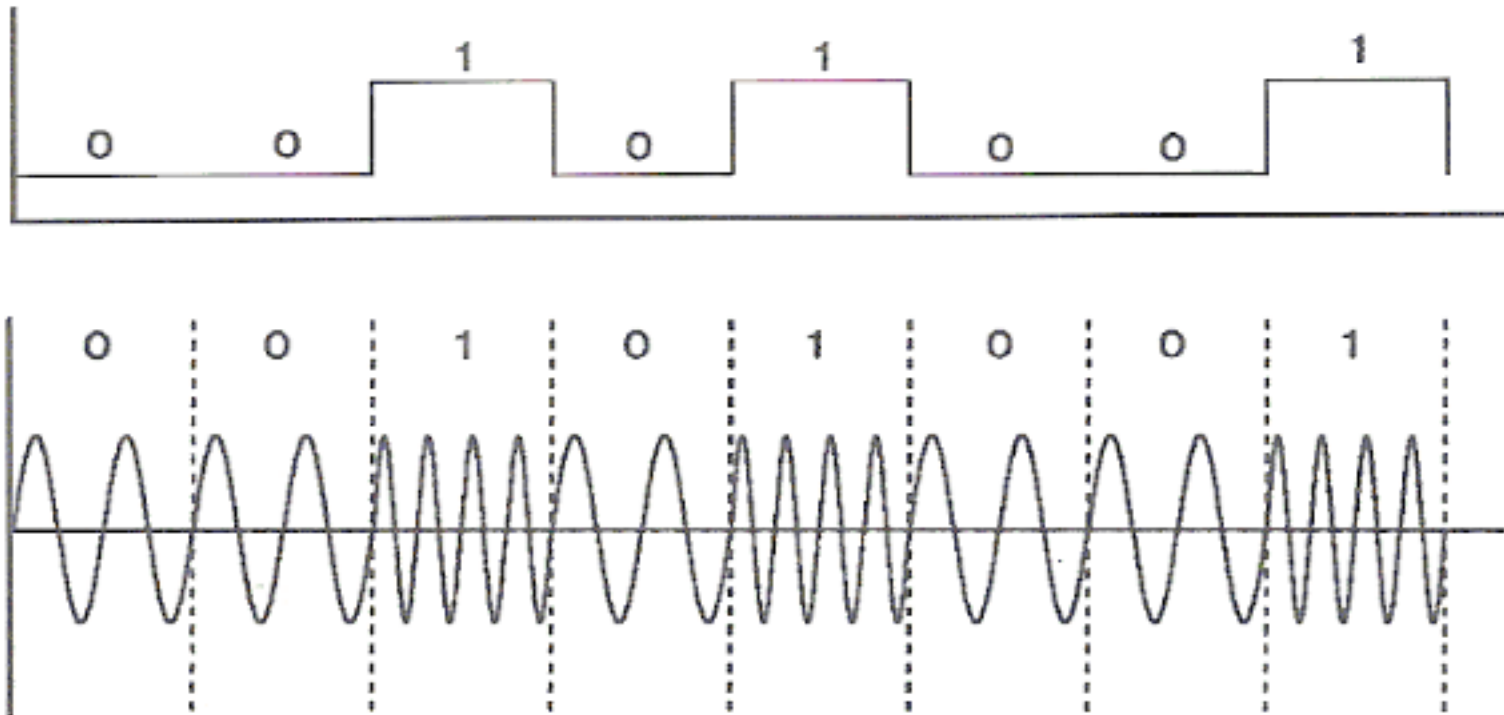
- **Bi-Phase Modulation (BPSK)**



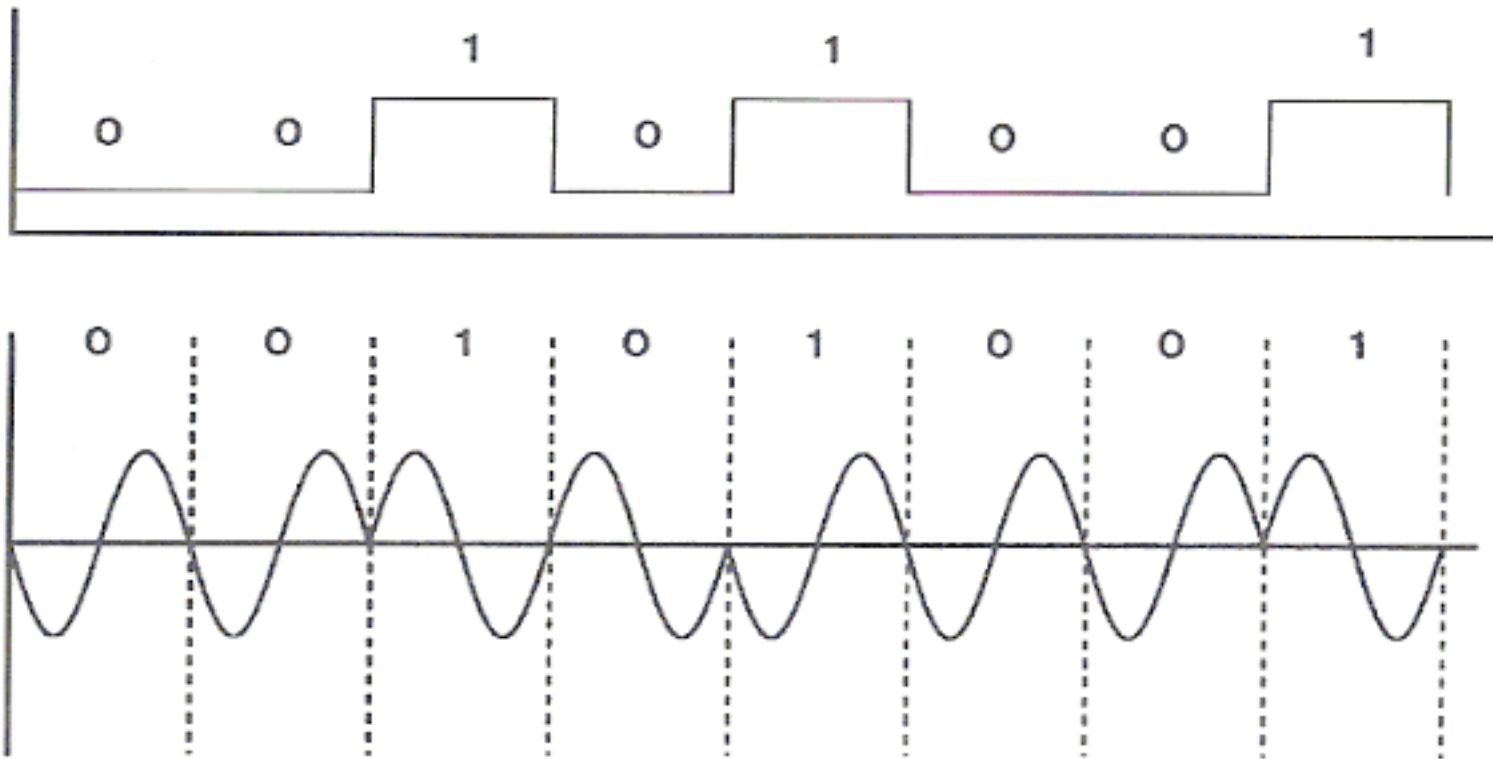
La codifica del segnale logico con modulazione d'ampiezza



La codifica del segnale logico con modulazione di frequenza



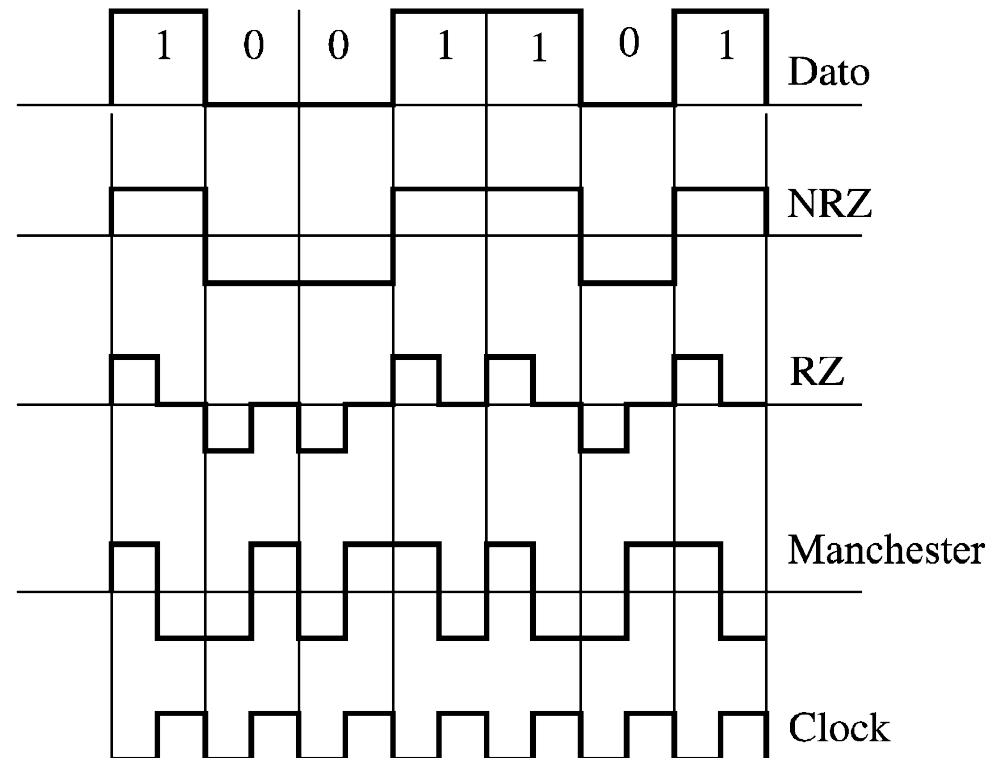
La codifica del segnale logico con modulazione di fase



La codifica del segnale logico è più insensibile ai disturbi

I dati binari scambiati tra due calcolatori possono essere trasmessi direttamente sul canale (comunicazione in **banda base**)

- Codifica **Non Return to Zero**: non impone la transizione a un livello di riferimento (zero)
- Codifica **Return to Zero**: impone la transizione a zero
- Codifica **Manchester**: codifica i valori con i segni delle transizioni (in pratica si trasmette il clock o il clock invertito)



In particolare la codifica Manchester

- La codifica Manchester fornisce un modo semplice per codificare sequenze binarie arbitrarie senza mai aver lunghi periodi di tempo privi di transizioni di clock
- Questo permette di prevenire la perdita della sincronizzazione del clock, oppure errori di bit causati da derive in bassa frequenza su collegamenti analogici poco equalizzati.
- Se trasmesso come segnale AC assicura che la componente DC del segnale codificato sia zero, prevenendo derive del livello di base del segnale ripetuto, e rendendolo facile da rigenerare.
- Uno degli utilizzi più noti della codifica Manchester è nelle reti locali Ethernet

Standard elettrici e meccanici

Alcuni standard:

- EIA [RS-232C](#)
 - uno degli standard più vecchi, ma tuttora in uso
 - distanza massima: 15 m, velocità massima: 20 kbit/s
 - usa 3 fili: GND (ritorno comune), TXD (trasmissione), RXD (ricezione)

- EIA [RS-422](#)
 - velocità massima: 115 kbit/s per distanze fino a 1200 m, 10 Mbit/s fino a 12 m
 - usa collegamenti differenziali anziché single-ended
 - più adatto all'uso in ambito industriale
 - si possono collegare fino a 10 ricevitori

- EIA [RS-485](#)
 - molto usato in ambito industriale
 - velocità e distanze come RS-422
 - si possono collegare fino a 32 trasmettitori e 32 ricevitori
 - i trasmettitori possono porsi nello stato di alta impedenza (e scollegarsi)

Direzione di trasmissione

La trasmissione può avvenire con le seguenti modalità di direzione:

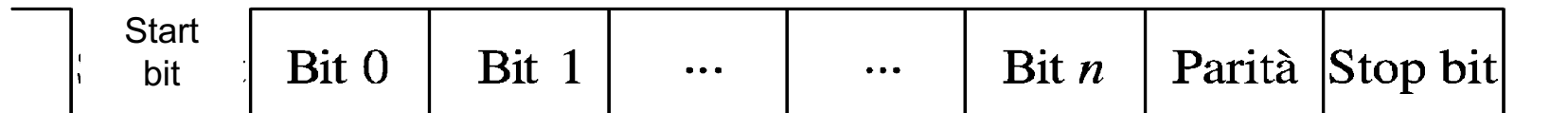
- **Simplex** (il senso della trasmissione è unico)
- **Half duplex** (la trasmissione è possibile, *alternativamente*, nei due sensi)
- **Full duplex** (la trasmissione è possibile, *contemporaneamente*, nei due sensi)

Quasi tutte le apparecchiature attuali sono, a livello fisico, predisposte per la trasmissione full duplex.

Tuttavia i protocolli possono limitare la trasmissione alla modalità half duplex.

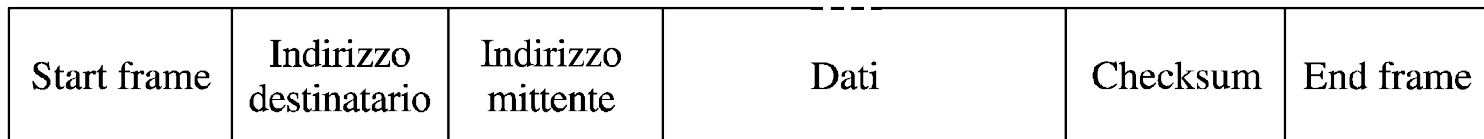
Trasmissione asincrona

- Nella **trasmissione asincrona** il trasmettitore prende l'iniziativa di inviare il dato
- La trasmissione avviene per carattere (da 5 a 8 bit di informazione)
- Il formato della trasmissione è il seguente:



Trasmissione sincrona

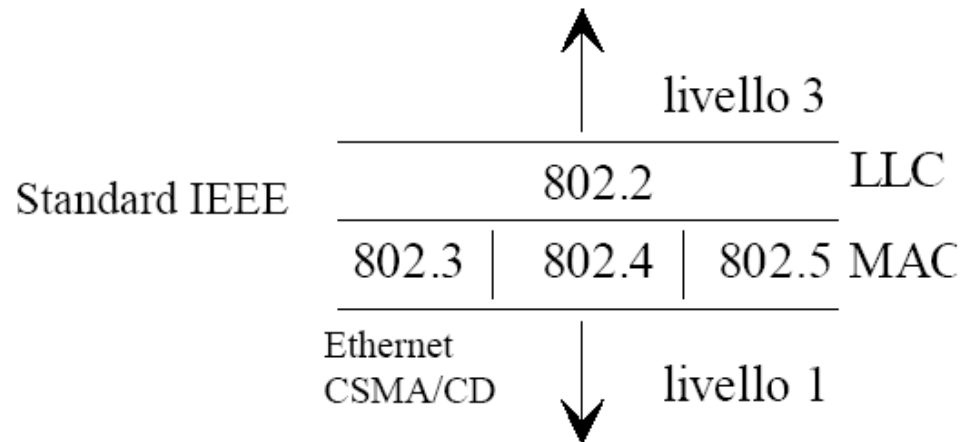
- Nella **trasmissione sincrona** si richiede la sincronizzazione di trasmettitore e ricevitore (mediante clock o segnale Manchester)
- L'informazione è trasmessa come un blocco di dati preceduto e seguito da sequenze di bit di sincronizzazione e controllo.
- L'insieme è denominato frame:



- L'efficienza di trasmissione è più alta della trasmissione asincrona
- La gestione della linea sincrona è però più onerosa
- Circuiti integrati denominati **USART** (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) gestiscono le modalità di trasmissione/ricezione (sia sincrona sia asincrona), scaricando l'elaboratore da queste attività

Livello collegamento (data link)

- Si occupa di realizzare connessioni prive di errori fra coppie di nodi della rete.
- Suddivide i dati che riceve dal livello rete e li organizza in frame, introducendovi informazioni di controllo, come indirizzo del mittente e del destinatario e bit aggiuntivi.
- Trasmette i frame e verifica la corretta ricezione sulla base dei segnali di acknowledge del destinatario, ripetendo se del caso la trasmissione.



- **LLC** Logical Link Control - controllo del collegamento logico
- **MAC** Medium Access Control - controllo di accesso al mezzo fisico

Controllo stocastico di accesso al mezzo fisico

Per il MAC sono stati definiti i seguenti standard alternativi:

- CSMA/CD (IEEE 802.3)
- Token-Bus (IEEE 802.4)
- Token-Ring (IEEE 802.5)

CSMA/CD (Carrier Sensing Multiple Access / Collision Detection)

- Protocollo di tipo *spontaneo*: ogni nodo può decidere di trasmettere in qualsiasi momento. Trasmissioni contemporanee sono gestite da un meccanismo di *collision detection* che prevede una logica di “ritentativi”.
- Non è in grado di garantire un limite superiore certo al ritardo di risposta: non è quindi ritenuto adatto per le applicazioni in cui questo deve essere garantito (es. applicazioni in tempo reale)
- È utilizzato in Ethernet (la cui velocità è molto elevata, per cui il problema è poco critico)

Controllo deterministico di accesso al mezzo fisico

Token-Bus / Token-Ring

- In ogni istante ha diritto a trasmettere solo un nodo, quello che possiede il *token* (gettone), ovvero un codice particolare.
- I nodi si passano in sequenza “circolare”(round-robin) il token
- Il token dà diritto a trasmettere per un tempo massimo stabilito (THT: Token Holding Time), dopo di che va lasciato.
- Possono esserci stazioni attive (*master*) e passive (*slave*): le slave possono trasmettere solo se interrogate da un master.
- Il ritardo di risposta di ogni unità ha un limite superiore (*worst-case*)
- Si ha però un tempo d’attesa inutile

Accesso mediante arbitro

Nelle reti di campo spesso l’allocazione del mezzo fisico è realizzata mediante un arbitro del bus (master): è un dispositivo collegato al bus con la funzione di deciderne l’allocazione tra i diversi nodi della rete.

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- WSN
- RFID e WSN
- Conclusioni

Ethernet

- Sviluppata da Xerox nel 1976, è il protocollo più usato nelle applicazioni per ufficio ed è anche di largo utilizzo per applicazioni industriali.
- Il protocollo Ethernet copre i livelli 1 e 2 della pila OSI
- Il **mezzo fisico** ha subito varie evoluzioni:
 - cavo coassiale spesso (*Thick Ethernet*): 10 Mbit/s fino a 500 m
 - cavo coassiale sottile (*Thin Ethernet*): 10 Mbit/s fino a 200 m
 - doppino ritorto (*Twisted Pair Ethernet*), per reti con concentratore (hub): 10 Mbit/s fino a 100 m o 500 m
 - doppino ritorto (*Fast Ethernet*), per reti con concentratore (hub): 100 Mbit/s fino a 100 m
 - *fibra ottica*: 10 Mbit/s fino a 2 Km
 - *Gigabit Ethernet*: 1Gbit/s
- La segnalazione è in banda base con codifica Manchester
- La topologia dei collegamenti è varia (a bus lineare, a stella con hub, ...)

Ethernet: livello collegamento

- Sottolivello MAC: si utilizza il protocollo CSMA/CD
- Sottolivello LLC: si utilizza il frame Ethernet II (802.2)

Preambolo	Indirizzo destinatario	Indirizzo mittente	Tipo	dati	Frame check CRC
7 byte + SFD SFD = 01010111	6 byte	6 byte	2 byte	46-1500 byte	4 byte

- Preambolo (7 byte): consente la sincronizzazione
- SFD (Start Frame Delimiter): sequenza 10101011, segnala l'inizio della parte utile
- Indirizzo fissato nell'hardware (scheda d'interfaccia) dal costruttore (se si cambia la scheda cambia l'indirizzo)
- Tipo: specifica il protocollo incapsulato nel frame
- Dati: da 46 a 1500 byte
- Frame check CRC: verifica di correttezza della trasmissione

Ethernet: livello collegamento

- L'indirizzo della scheda Ethernet è denominato **MAC address**
- È composto da 48 bit: i primi 24 identificano l'organizzazione che assegna l'indirizzo ("Organization Unique Identifiers" - OUI), gli altri 24 sono assegnati dall'organizzazione con il solo vincolo dell'univocità
- Computer collegati ad Ethernet possono inviarsi dati utili utilizzando protocolli di alto livello (come il protocollo **TCP/IP** utilizzato in Internet).
- L'interfaccia Ethernet ignora i pacchetti con indirizzo diverso dal proprio (non carica la CPU con questo test)

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFId e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Bus di campo (fieldbus)

- Un bus di campo è una **rete digitale** concepita per collegare tra loro, ed eventualmente a elaboratori o ad altra rete aziendale, i **dispositivi di campo** (sensori, attuatori, regolatori), eliminando i collegamenti analogici (linee 4÷20 mA o ± 10 V)
- L'idea di “bus di campo” è che tutti i componenti di un sistema di controllo, dal PC per l'interfaccia operatore al sensore o all'attuatore, sono pensati come dispositivi in rete.
- In questo modo, concettualmente, un solo “cavo” (o bus) percorre tutto l'impianto e connette tutti i dispositivi.
- Si hanno conseguentemente vantaggi in termini di risparmio nei costi di cablaggio e di qualità delle trasmissioni (digitali anziché analogiche)
- In generale i bus di campo consentono la trasmissione ottima di volumi di dati piccoli, con criticità temporale.

Bus di campo e modello OSI

I bus di campo non realizzano tutti i livelli della [pila OSI](#).

- Sono realizzati i livelli 1 (fisico), 2 (collegamento) e 7 (applicazione).
- Non sono realizzati i livelli da 3 a 6 (rete, trasporto, sessione, presentazione).
- Inoltre viene aggiunto un livello 8 (livello utente) che fornisce molte funzioni importanti, quali blocchi funzionali, servizi di descrizione dei dispositivi, gestione della rete.



Bus di campo e standardizzazione

- Da tempo vari produttori e utilizzatori di componenti cercano di definire un **protocollo standard** per le reti di dispositivo (che definisca aspetti hardware, software, tipo e formato di informazioni)
- Uno standard di questo tipo garantirebbe intercambiabilità ed interoperabilità di dispositivi di campo di produttori diversi
- Tuttavia ad oggi non è stato possibile definire tale standard universale
- Un'importante iniziativa di standardizzazione è costituita dal **FOUNDATION Fieldbus**
 - è una rete nata per rimpiazzare le linee analogiche 4÷20 mA
 - nella versione H1 ha una velocità di 31.25 kbit/s
 - è usata principalmente nell'industria di processo
 - sito web: <http://www.fieldbus.org>

Standard riconosciuti

La normativa [IEC 61158](#) (del 1999) riconosce i seguenti standard:

- Type 1: Foundation Fieldbus H1
- Type 2: ControlNet
- Type 3: PROFIBUS
- Type 4: P-Net
- Type 5: FOUNDATION fieldbus HSE (High Speed Ethernet)
- Type 6: SwiftNet (un protocollo sviluppato da Boeing, oggi ritirato)
- Type 7: WorldFIP
- Type 8: Interbus

Il mercato nel [controllo di processo](#) è dominato da:

- [FOUNDATION Fieldbus](#)
- [PROFIBUS PA](#)

Le due tecnologie usano lo stesso layer fisico (collegamenti bifilari, codifica Manchester, modulazione in corrente, velocità 31.25 kbit/s) ma non sono intercambiabili.

Fieldbus per l'automazione di fabbrica

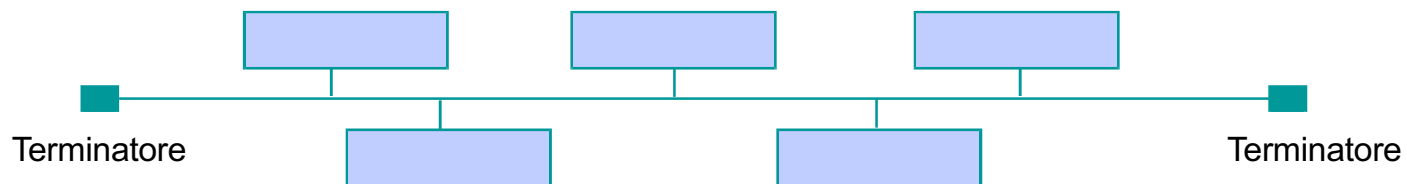
Nell'automazione di fabbrica si usano generalmente bus di campo diversi da quelli usati nel controllo di processo.

Di particolare rilievo sono i seguenti standard:

- **PROFIBUS DP**
di grande rilevanza industriale e ampiamente supportato
- **CAN**
concepito diversi anni fa, ma tuttora di grande importanza soprattutto nel settore veicolare
- **Ethernet industriale**
in rapida evoluzione e diffusione

PROFIBUS

- PROFIBUS (Process Field Bus) è un bus di campo di larga diffusione
- È disponibile in varie versioni, di cui le più diffuse sono:
 - **PROFIBUS PA** (Process Automation), usato nel controllo di processo
 - **PROFIBUS DP** (Decentralized Peripherals), usato nell'automazione di fabbrica
- Usa una topologia a bus con terminazione ai due lati
- Si possono connettere fino a 32 stazioni su un singolo elemento
- Sito web: <http://www.profibus.com>



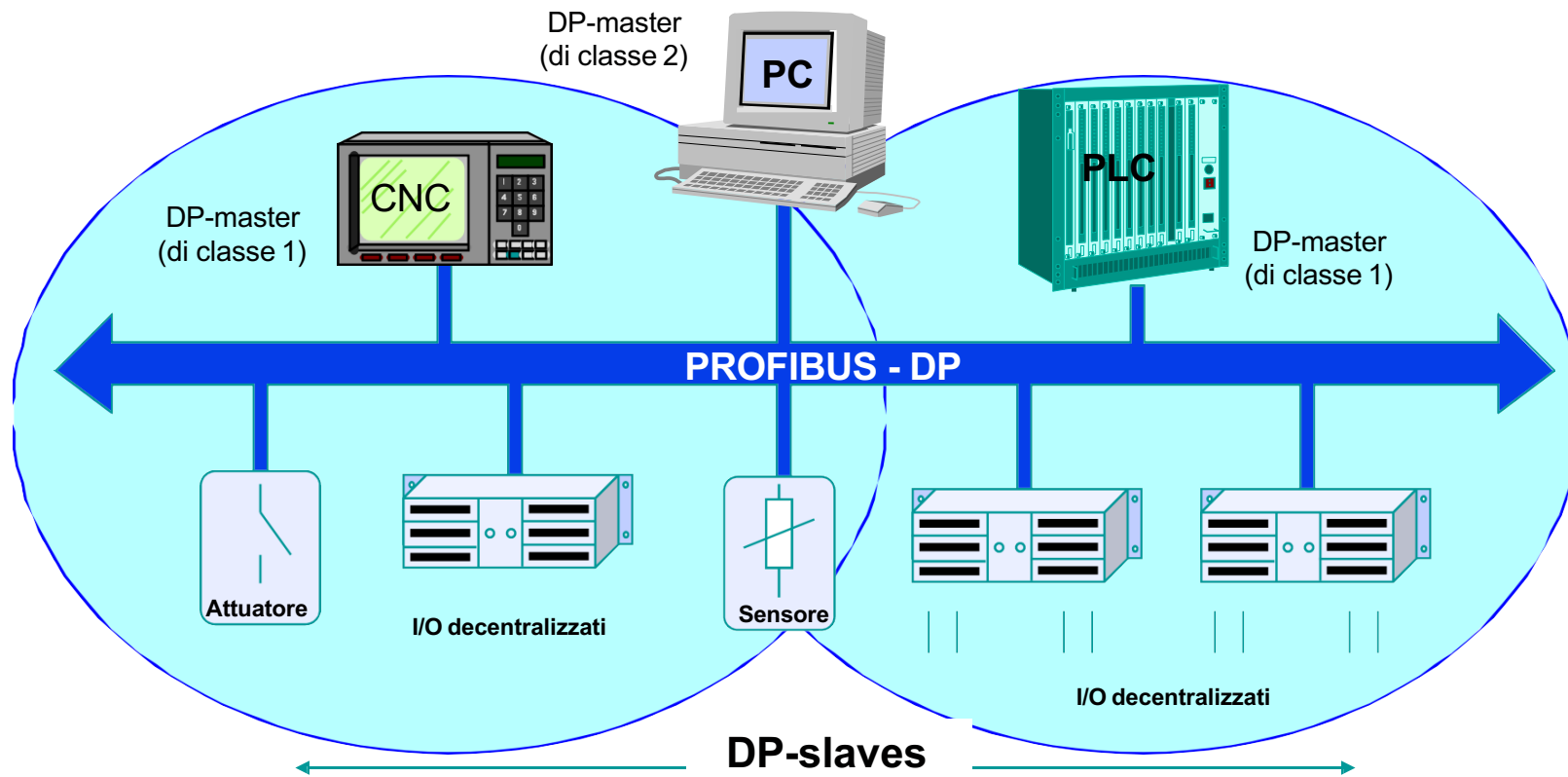
PROFIBUS-DP

- È orientato all'automazione industriale
- Realizza i livelli 1 e 2 (fisico e di collegamento)
- Per il livello fisico (livello 1 della pila OSI) si usano due tipologie:
 - RS 485 (velocità da 9.6 Kbit/s a 12 Mbit/s)
 - fibra ottica
- Sopra questi livelli definisce dei **profili** (livello utente) tipici dell'automazione industriale. I profili sono specifiche definite dai costruttori o dagli utenti finali che riguardano proprietà, caratteristiche e comportamento dei dispositivi connessi.
- Vi è una vasta gamma di prodotti disponibili: PLC, PC, I/O, Azionamenti, Valvole, Encoder,...

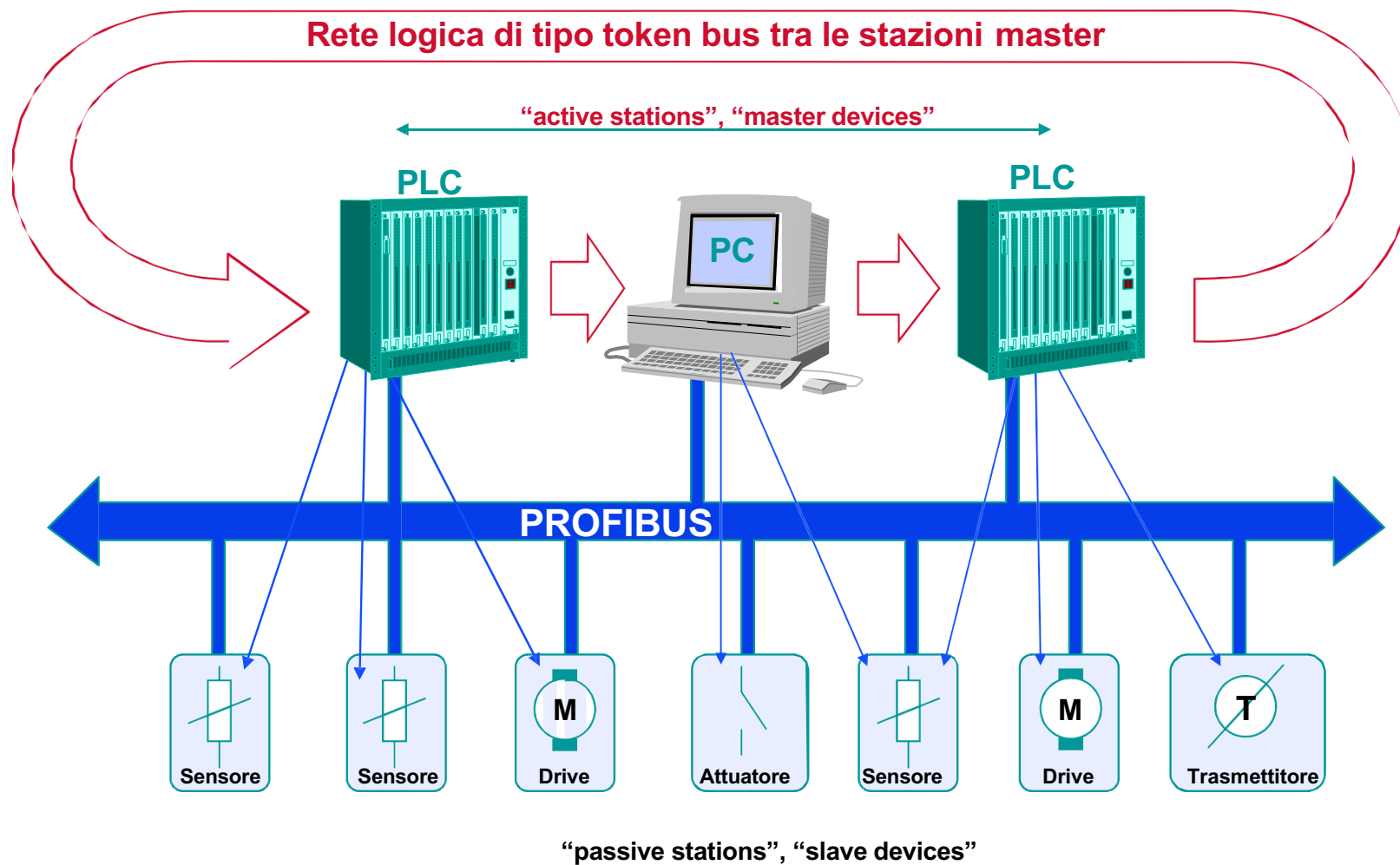
PROFIBUS-DP: sistema multi-master

Si usa un sistema di comunicazione di tipo **master-slave**:

- Master di classe 1: permanentemente connesso
- Master di classe 2: connesso occasionalmente per configurazione



PROFIBUS-DP: passaggio del token



CAN (Controller Area Network)

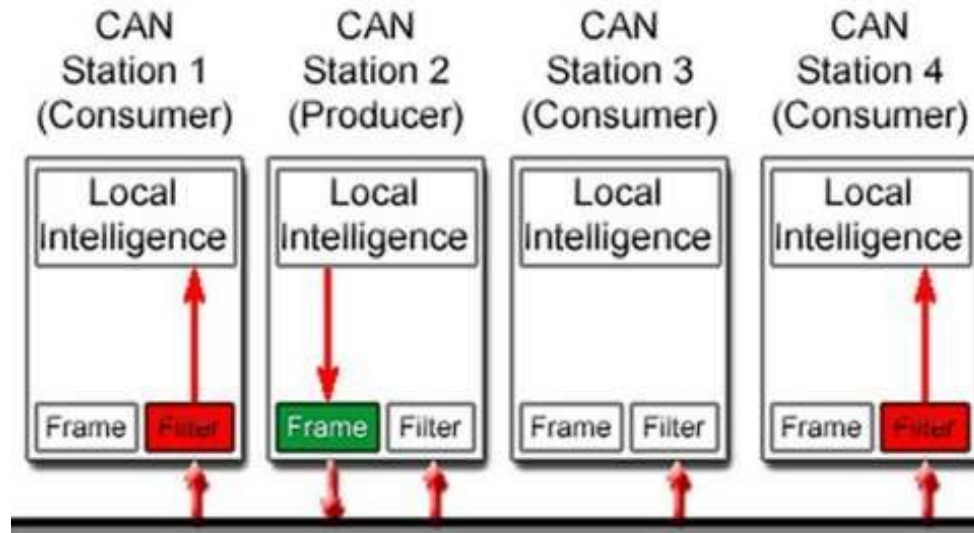
- CAN è un bus di comunicazione seriale, progettato per applicazioni real-time e nato in **ambito veicolistico**, anche se oggi è usato (in versioni evolute nel tempo) in applicazioni diverse.
- Il bus CAN originale è stato introdotto da Bosch nel 1986
- Il bus CAN consente la comunicazione tra controllori, sensori ed attuatori con velocità fino a 1Mbit/sec, e ha diversi punti di forza:
 - bassi costi di progettazione e implementazione
 - operatività in condizioni critiche (veicolari, ad esempio, ma anche industriali, quali ambienti con forti vibrazioni e disturbi di tipo elettromagnetico)
 - facilità di configurazione e modifica (soprattutto le sue evoluzioni)
 - rilevamento automatico degli errori e autodiagnostica
- Nell'automazione industriale si usa prevalentemente in due versioni:
 - **CANOPEN** (<http://www.can-cia.org>)
 - **DeviceNet** (<http://www.odva.org>)

CAN – livello fisico

- Si usa un doppino differenziale i cui due conduttori sono detti CAN L (Can Low) e CAN H (Can High).
- Esistono due possibili tipi di trasmissione:
 - Low Speed: 125 kb/s, max 40 m, da 2 a 20 nodi
 - High Speed: da 125 kb/s a 1 Mb/s, max 40 m, da 2 a 30 nodi.
- Per la correzione degli errori, ogni messaggio viene ritrasmesso fino a che tutti i riceventi (e quindi il bus) non segnalano alcun errore.

CAN – livello collegamento

- La comunicazione è sempre di tipo broadcast.
- I pacchetti non contengono indirizzi ma bensì un identificatore, che definisce anche la priorità del messaggio.
- Ogni nodo “ascolta” tutto il traffico e filtra, elaborandoli, solo i messaggi di suo interesse.

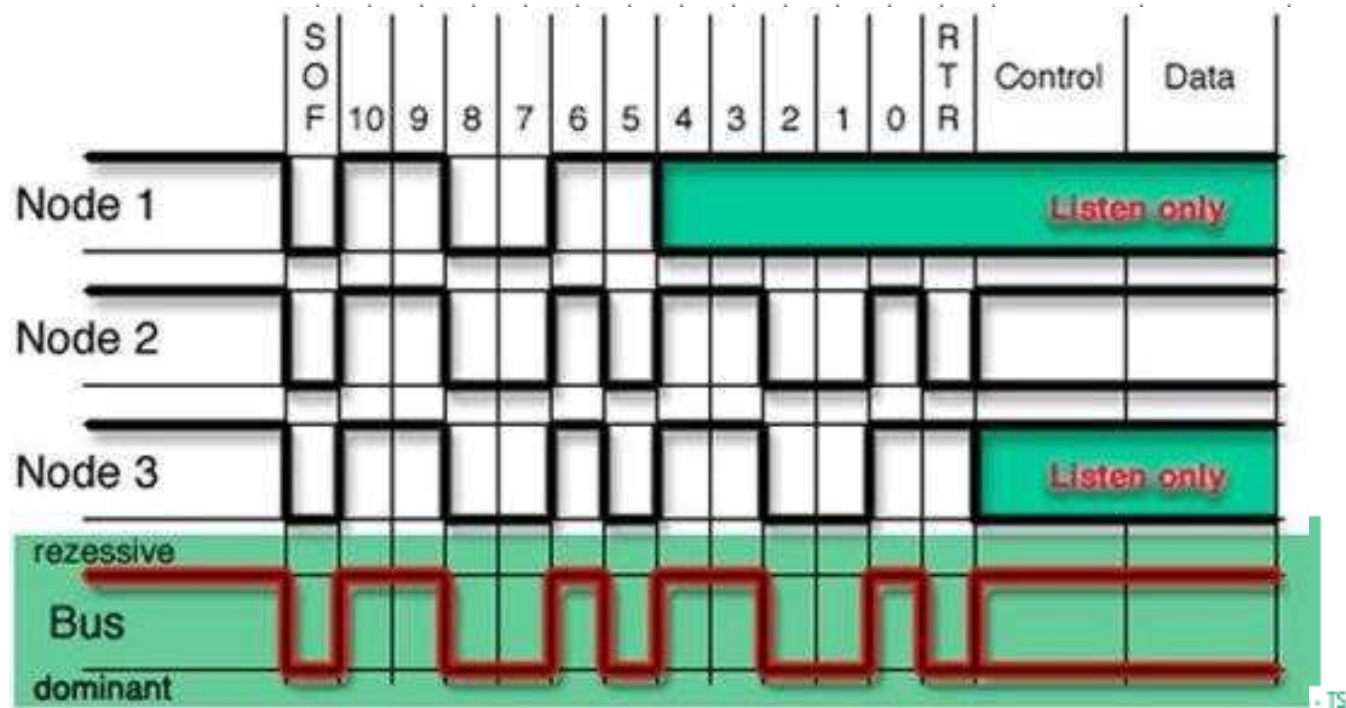


CAN – accesso al bus

- L'approccio usato dal CAN genera dei conflitti per l'accesso al bus. Questi vengono risolti tramite un sistema di arbitraggio detto "bit-wise", che si basa sul fatto che ai due valori possibili dei bit posti sul bus dai dispositivi si dà l'interpretazione di "dominante" e "recessivo".
- Quando un bit recessivo è inviato sul bus e qualche altro nodo vi ha posto il bit dominante, il nodo che ha emesso il bit recessivo deve ritirarsi. I nodi che non vincono l'arbitraggio diventano automaticamente stazioni riceventi e non ritentano trasmissioni fino a che il bus non è di nuovo libero.
- Questo tipo di arbitraggio è detto **CSMA/CA** (Carrier Sens Multiple Access / Collision Avoidance), ed è del tipo di quello usato da Ethernet.

CAN – accesso al bus

Esempio di arbitraggio:



Ethernet industriale

- Un'importante tendenza in atto consiste nell'utilizzo di **Ethernet Industriale**, ovvero del protocollo Ethernet in ambiente industriale (automazione e controllo di processo).
- L'enorme diffusione delle schede Ethernet riduce i costi di realizzazione della rete e favorisce l'interoperabilità
- Esistono vari protocolli in cui si adatta Ethernet all'uso in una rete di campo (che richiede prestazioni di tempo reale):
 - EtherCAT (<http://www.ethercat.org/>)
 - EtherNet/IP (www.odva.org/default.aspx?tabid=67)
 - Powerlink (<http://www.ethernet-powerlink.org/>)
 - PROFINET (<http://www.profibus.com/index.php?id=9>)
 - SERCOS III (<http://www.sercos.com/>)

Integrazione con sistemi informativi

- I sistemi di controllo sono sempre più spesso visti come una parte del **sistema informativo** (hardware/software) della fabbrica o dell'impianto.
- Il sistema di controllo in senso stretto deve sempre più spesso integrarsi con
 - il monitoraggio dell'impianto
 - la gestione della produzione
 - la gestione degli approvvigionamenti
 - la logistica
- Un modello di riferimento per rappresentare tutte le funzioni dell'azienda, dal marketing alla produzione alla distribuzione, in una visione gerarchica è il **CIM** (Computer Integrated Manufacturing)

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- **RFId e WSN**
- LP WAN
- Conclusioni

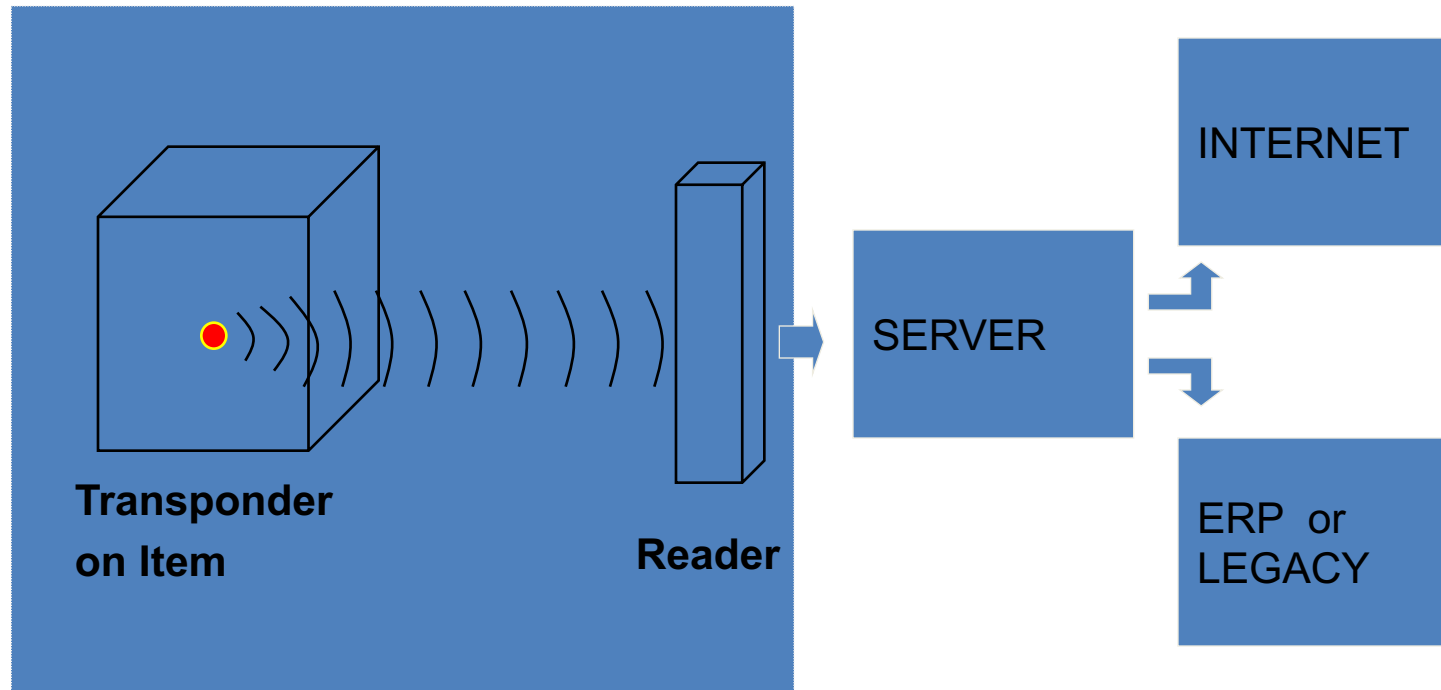
RFId Key words

- **Individual Identification**
- **Automatic Identification**
- **Passive transponder**
- **Physical constraints**
- **Stardardization**

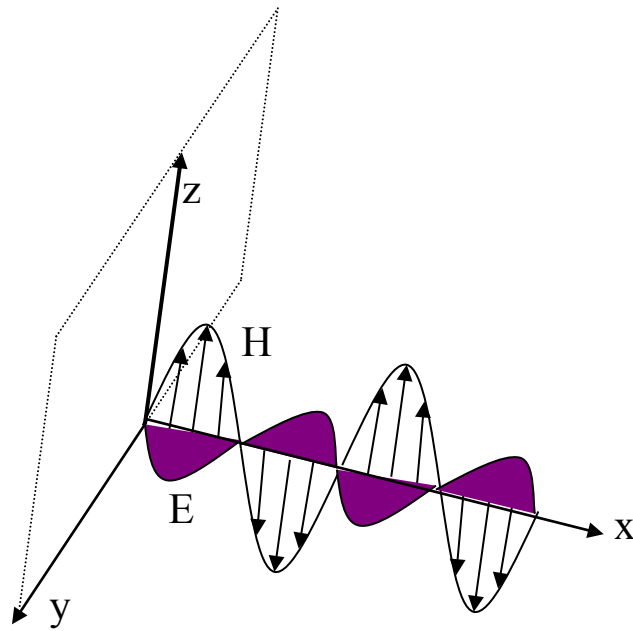
So RFID is not an “electronic bar code” but an intelligent label and

- Identify individual items
- Line of sight not required
- Stable in variety of conditions
- Read through most non-metals
- Transponder Cost 5 cents to 50 euro
- RFID readers: 2 euro a 3.000 euro

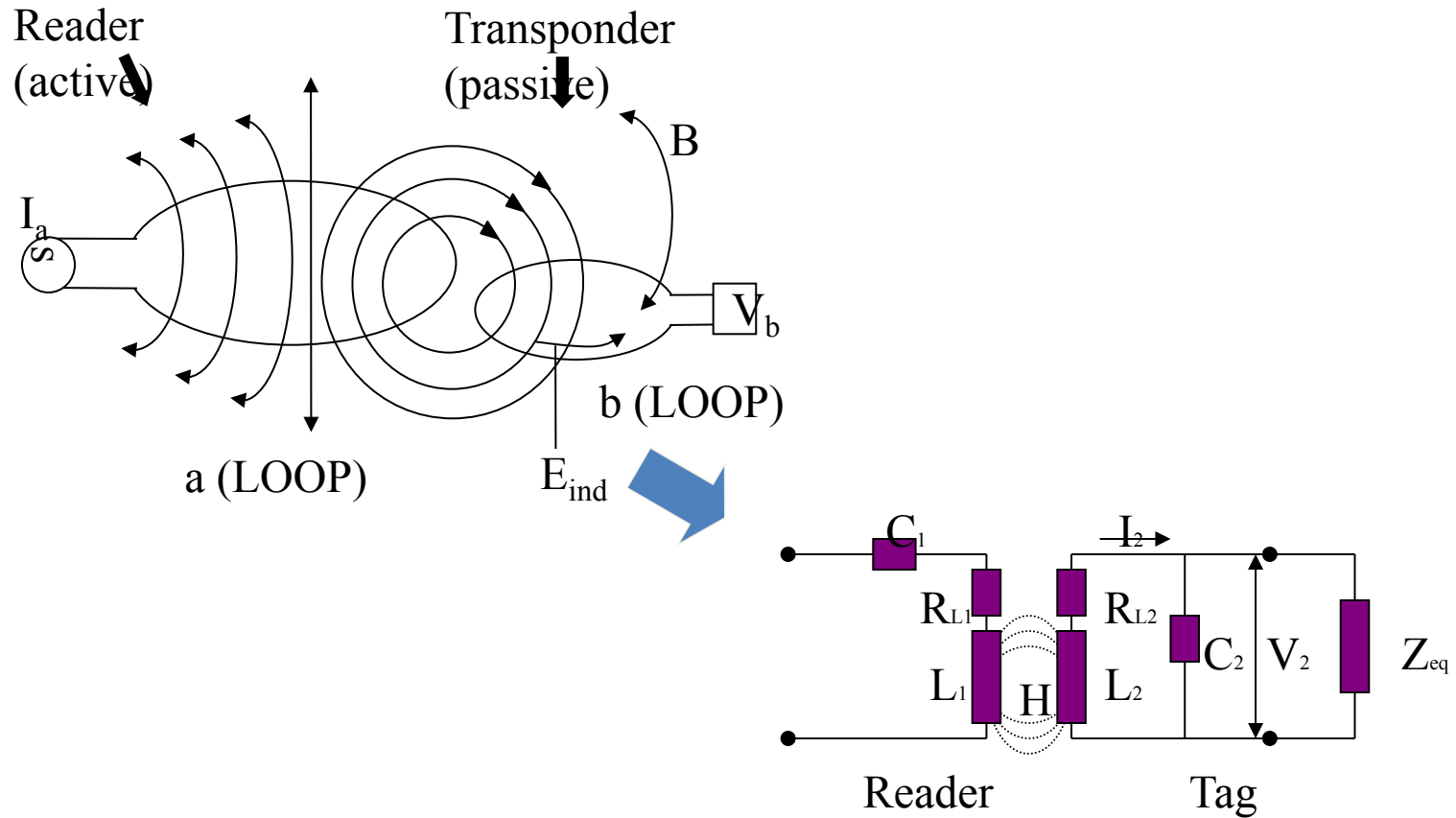
The Structure of RFID System is easy to link to existing Systems



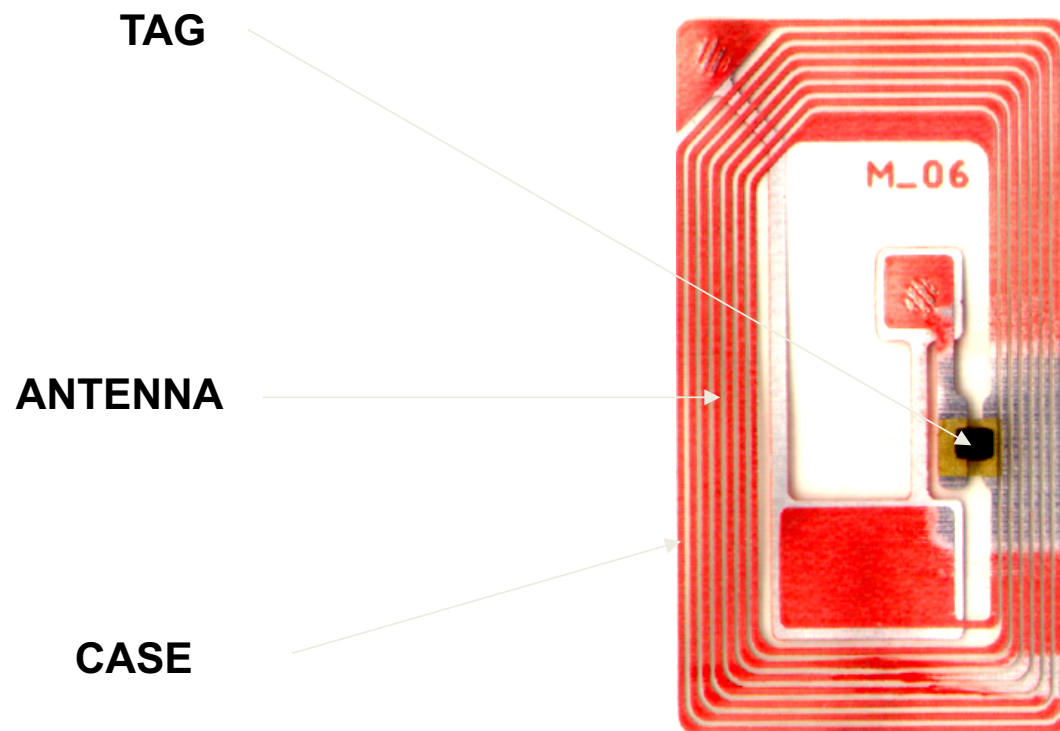
The Electromagnetic fields have two components: E and H



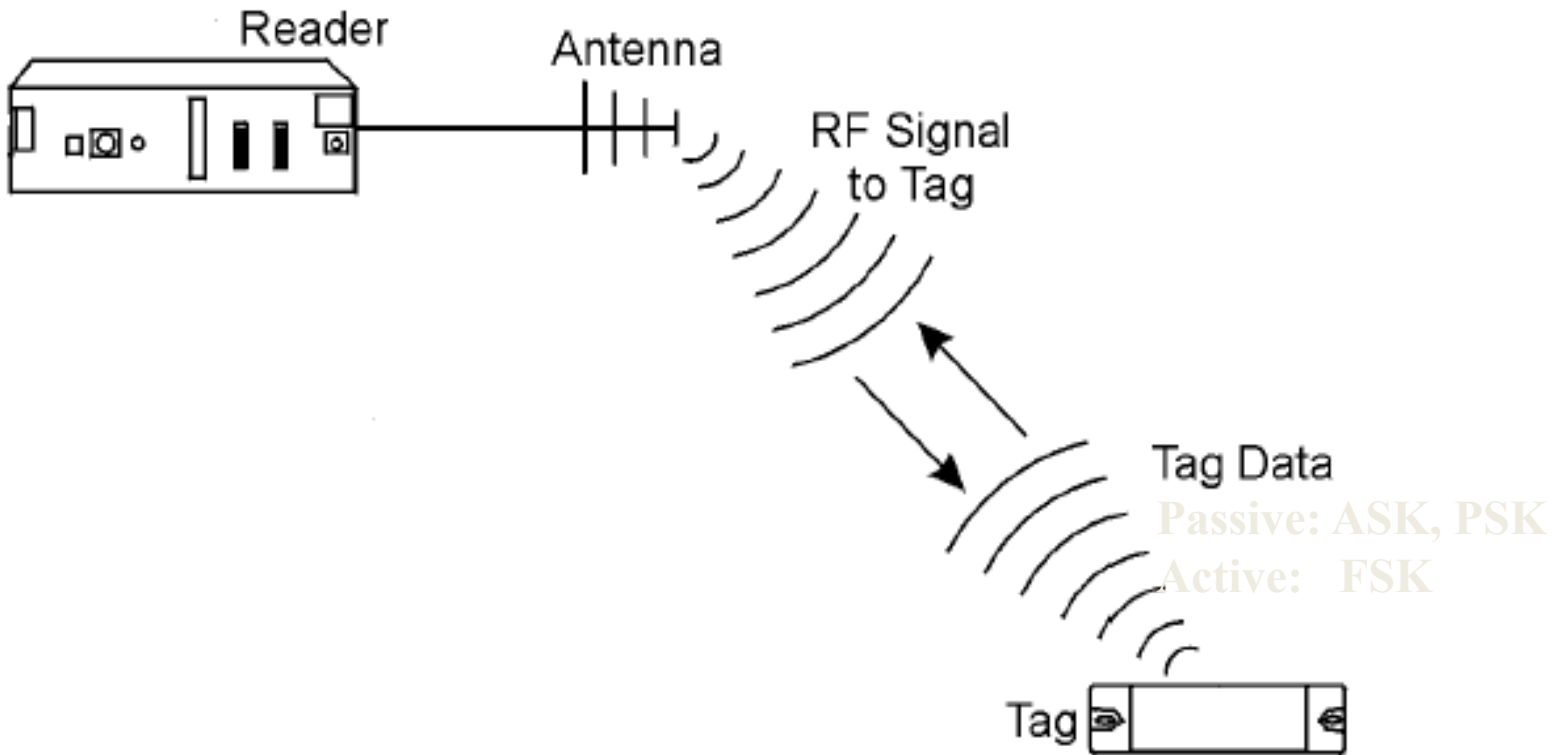
The magnetic alternating field H links reader to transponder as an electric transformer



Magnetic Coupling Passive Transponder with a coil antenna



The electric alternating field E links reader to transponder as a radio system...

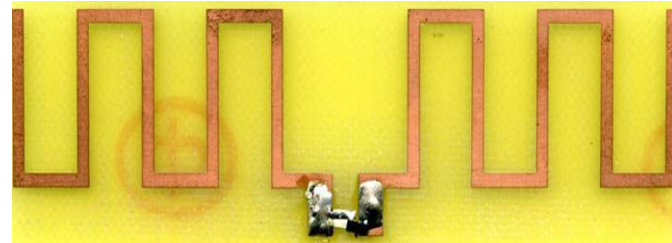
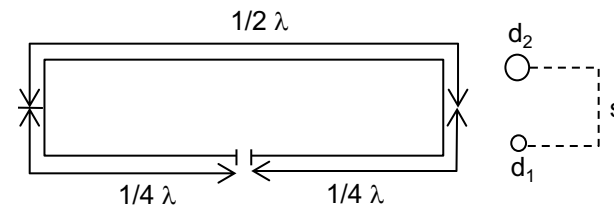


0.5-1.0 m (far field) 4W
Active: 15-20 meters

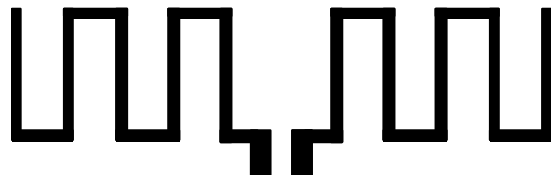
....with different types of antennas

Dipole antenna is the simplest form of radio antenna for transponders

- **Dipole antenna** consists solely of a straight piece of line: e.g. a copper wire
- A simple extended half wave dipole consists of a piece of line of length $0,5\lambda$



Other Dipole antennas for electric coupling



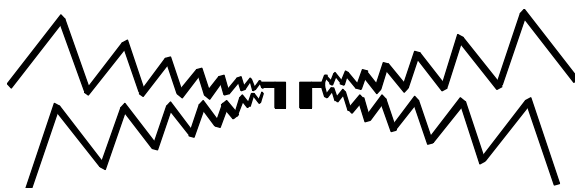
Meander
Dipole:SDip1



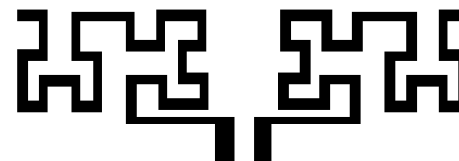
Meander Dipole:SDip5



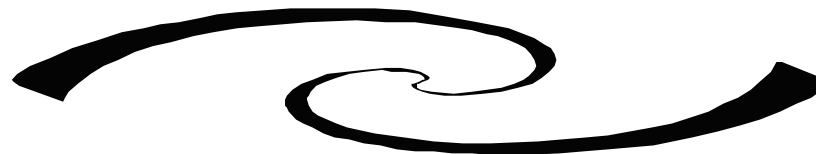
LogPeriodic Dipole:LP1



LogPeriodic Dipole:LP5



HilbertFractal Dipole:HilbD2



Fermat
Dipole:SpirLamb1_9

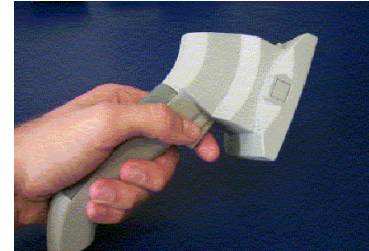
Different type of readers and antennas*



Reader card



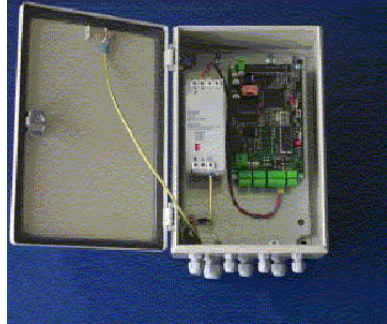
Proximity Reader



Portable Reader



Mid Range Reader



Long Range Reader



Mid and
Antennas



Long
Range



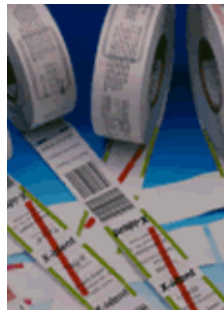
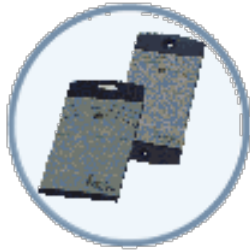
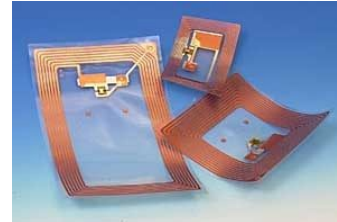
Gates

*Source SOFTWARE

The major Physical Constraints of RFID Systems

- Circuit Resonance
- Power Supply to transponder
- Data Transfer transponder-reader
- Magnetic materials
- Material absorption
- Water, alcohols etc

Transponder can have different shapes



*Source SOFTWARE

Frequency range and coupling are dependents

- **Close coupling systems:** distance reader transponder **up to 1 cm**
 - Electric and magnetic coupling: usually magnetic
 - Frequency between DC and 30 MHz: usually 125 kHz-13,56 MHz
 - ID-1 format contactless smart card (ISO 10536)
- **Remote coupling systems:** distance reader transponder **up to 1m**
 - magnetic (inductive) coupling
 - Frequency 125 kHz-27,125 MHz
 - Proximity coupling (ISO 14443 contactless smart card)
 - Vicinity coupling (ISO 15693 smart label)
- **Long range systems: distance reader transponder above 1m**
 - Electric fields: UHF and microwave
 - Frequency between 400 MHz to 5,8 GHz

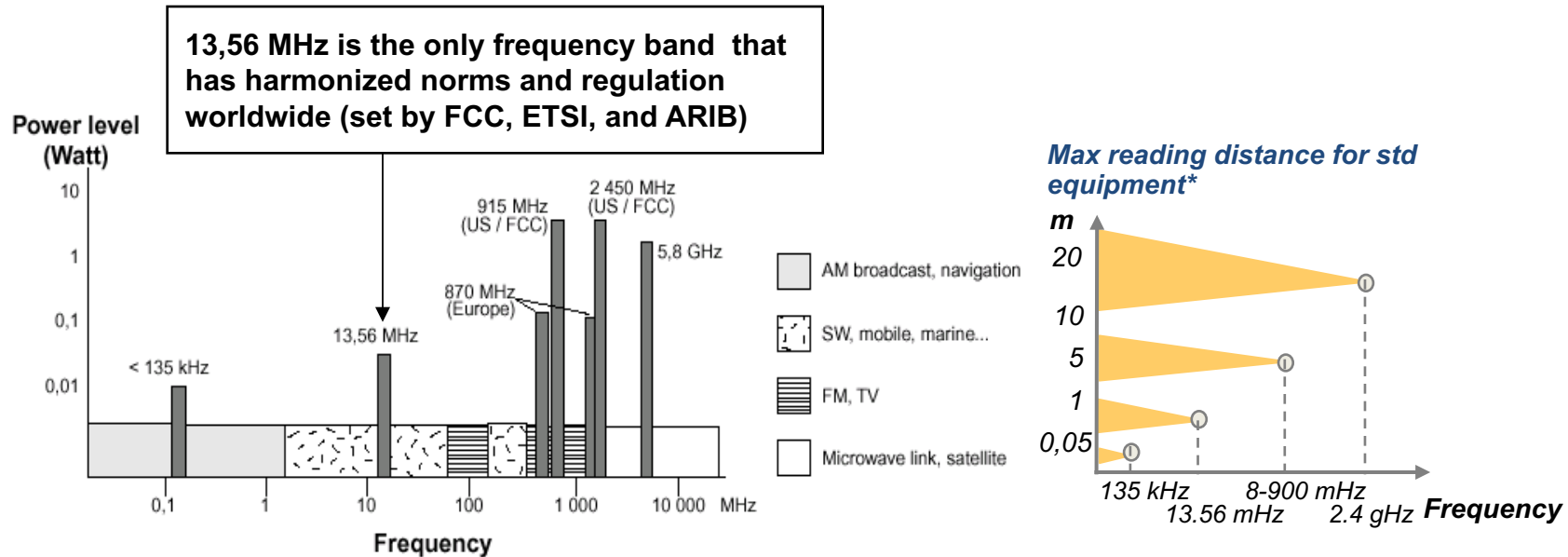
Three Regions of Normalization Worldwide



We have different organizations on standardization of RFID frequency bands

- International Organization
 - **ISO** (International Standard Organization)
- Regional or National Organizations
 - **CEPT**: European Licensing Organization on short range devices
 - **ETSI**: European licensing Organization for inductive radio systems
 - **FCC**: USA Licensing Organization for RFID Systems

So we have several Frequency bands but only one standard worldwide: 13,56 MHz



- The frequencies dedicated to RFID are included in ranges already in use for other applications (e.g. TV, radio,...)
- It is hard to envision possible product alterations or interference with electronic equipments
- As frequency increases, usually:
 - *tag cost, power level, reading distance, reading rate* increase
 - *tag size, penetration through different materials (e.g. water)* decrease

* Max reading distance depends also on other tag characteristics – e.g. dimensions, with/without battery, ... – and environment – e.g. metals, water,...

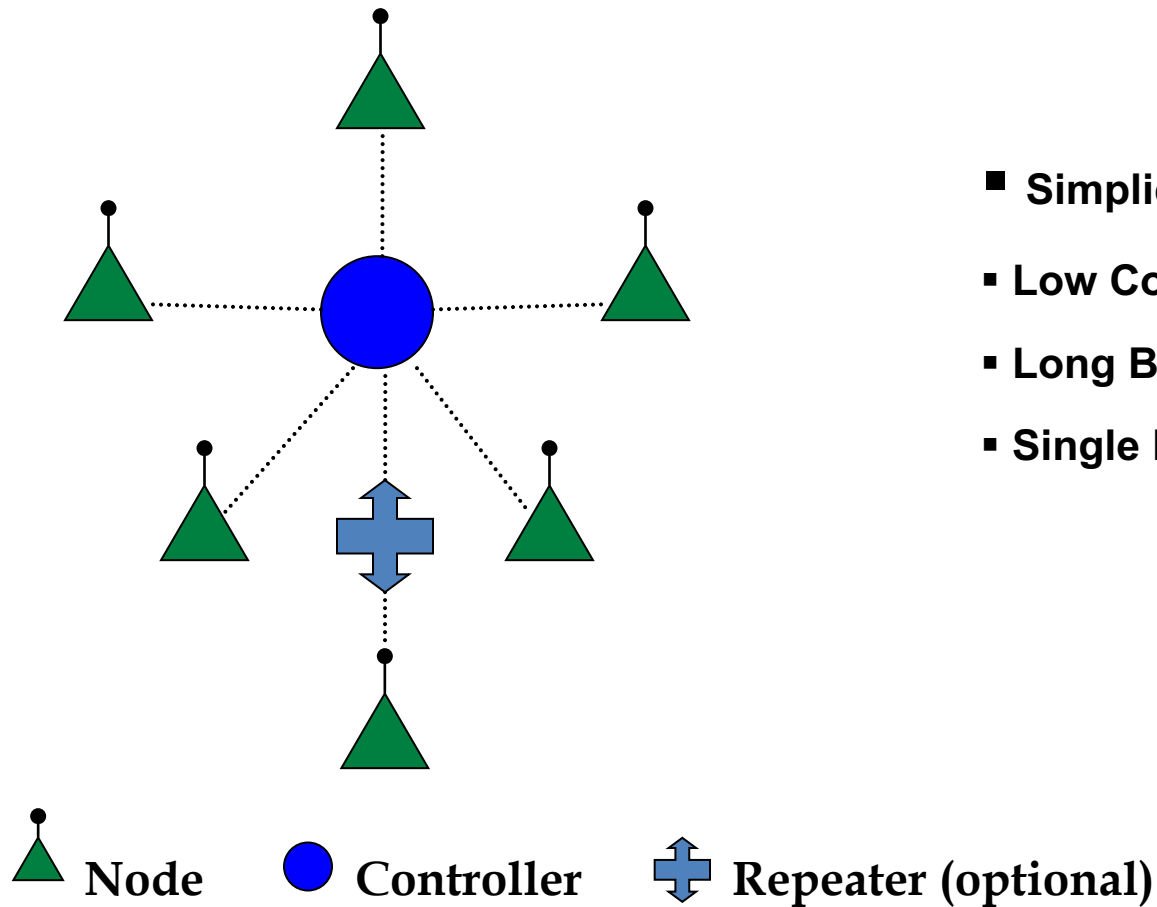
Wireless Sensor Networks: more than RFID

- A **wireless sensor network** (WSN) consists of spatially distributed autonomous sensors to cooperatively monitor physical or environmental conditions, such as temperature, sound, vibration, pressure, motion or pollutants.
- The development of wireless sensor networks was motivated by military applications such as battlefield surveillance.
- They are now used in many industrial and civilian application areas,
 - including industrial process monitoring and control, machine health monitoring, environment and habitat monitoring, healthcare applications, home automation, and traffic control.
- In addition to one or more sensors, each node in a sensor network is typically equipped with a radio transceiver or other wireless communications device, a small microcontroller, and an energy source, usually a battery.

WSN features

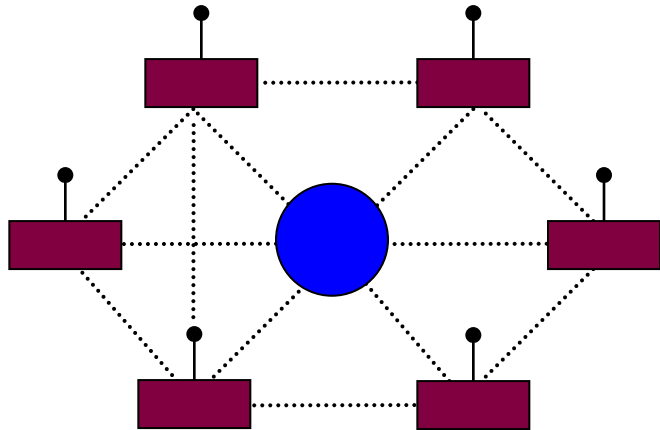
- A sensor node might vary in size from that of a shoebox down to the size of a grain of dust, although functioning "motes" of genuine microscopic dimensions have yet to be created.
- The cost of sensor nodes is similarly variable, ranging from hundreds of dollars to a few pennies, depending on the size of the sensor network and the complexity required of individual sensor nodes.
- Size and cost constraints on sensor nodes result in corresponding constraints on resources such as energy, memory, computational speed and bandwidth.
- A sensor network normally constitutes a wireless ad-hoc network, meaning that each sensor supports a multi-hop routing algorithm (several nodes may forward data packets to the base station)

Star Network Key Attributes



- **Simplicity**
- **Low Cost**
- **Long Battery Life**
- **Single Point of Failure**

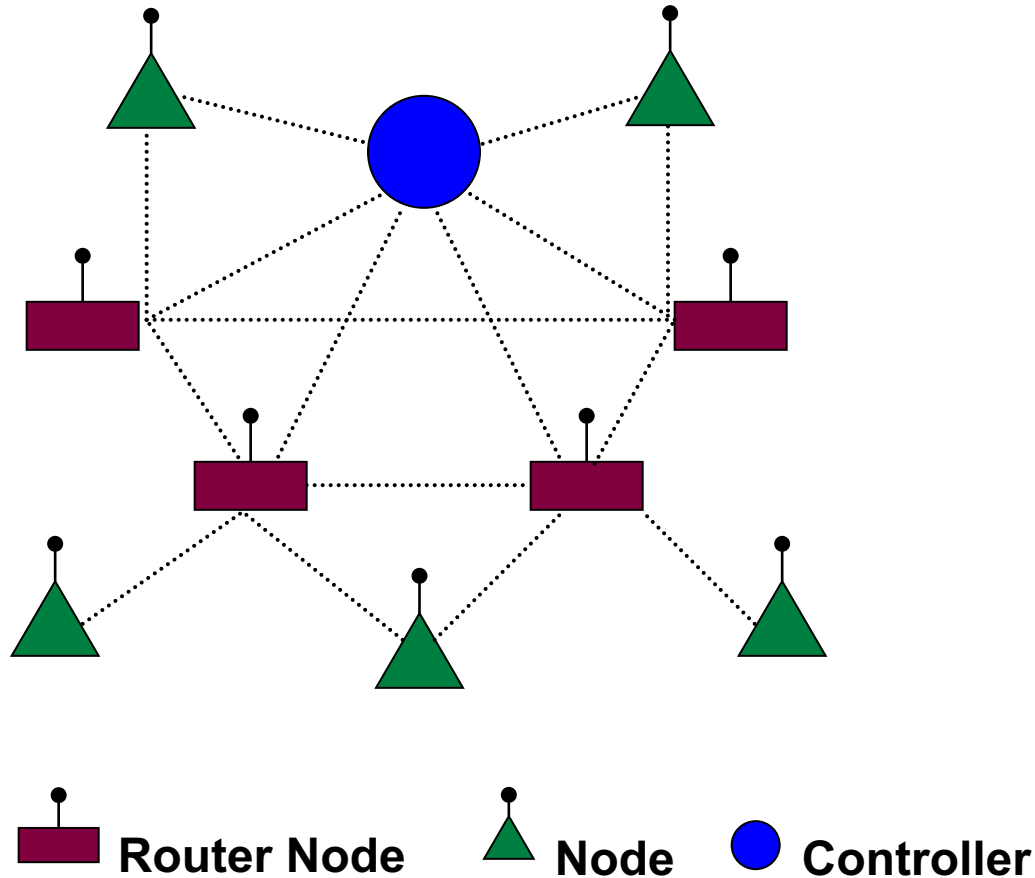
Mesh Network Key Attributes



- **Reliability**
- **Extended Range**
- **No Battery Life**
- **Routing Complexity**



Hybrid Network Key Attributes



- **Flexibility**
- **Reliability/Range of Mesh**
- **Battery Life of Star**
- **Design Complexity**

Zig Bee: an interesting technology for process controlling

- **ZigBee** is a specification for a suite of high level communication protocols using small, low-power digital radios based on the IEEE 802.15.4-2003 standard for wireless personal area networks(WPANs), such as wireless headphones connecting with cell phones via short-range radio.
- The technology defined by the ZigBee specification is intended to be simpler and less expensive than other WPANs, such as Bluetooth. ZigBee is targeted at radio-frequency(RF) applications that require a low data rate, long battery life, and secure networking.
- The ZigBee Alliance is a group of companies that maintain and publish the ZigBee standard

Examples of Wireless Networking Standards

Market Name Standard	GPRS/GSM 1xRTT/CDM A	Wi-Fi™ 802.11b	Bluetooth™ 802.15.1	ZigBee™ 802.15.4
Application Focus	Wide Area Voice & Data	Web, Email, Video	Cable Replacement	Monitoring & Control
System Resources	16MB+	1MB+	250KB+	4KB - 32KB
Battery Life (days)	1-7	.5 - 5	1 - 7	100 - 1,000+
Network Size	1	32	7	255 / 65,000
Bandwidth (KB/s)	64 - 128+	11,000+	720	20 - 250
Transmission Range (meters)	1,000+	1 - 100	1 - 10+	1 - 100+
Success Metrics	Reach, Quality	Speed, Flexibility	Cost, Convenience	Reliability, Power, Cost

6lowpan, may be the future internet of things

- **6lowpan** is an acronym of *IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks*, or (as the "personal" qualification is no longer relevant), *IPv6 over LoW Power wireless Area Networks*.
- 6lowpan is the name of a working group in the internet area of the IETF. The 6lowpan group has defined encapsulation and header compression mechanisms that allow IPv6 packets to be sent to and received from over IEEE 802.15.4 based networks.
- IPv4 and IPv6 are the work horses for data delivery for local-area networks, metropolitan area networks, and wide-area networks such as the Internet. Likewise, IEEE 802.15.4 devices provide sensing communication-ability in the wireless domain.
- The inherent natures of the two networks though, is different. The base specification developed by the 6lowpan IETF group is RFC 4944.

DASH

- **DASH7** is an ultra-low power (coin cell batteries) wireless sensor networking technology originally created for military use and now being repurposed for commercial applications. DASH7's has a range of more than 2 kilometers, 10 year battery life, "mesh" capabilities, and penetrates concrete and water.
- Also known as ISO 18000-7, DASH7 is an open standard operating in the unlicensed 433 MHz spectrum with support for sensors, encryption, and other features.
- 433 MHz is available for use worldwide and can be used to monitor temperature of flu vaccines, monitoring the exact pressure in automobile tires, monitoring electrical usage in a building, or monitoring CO2 emissions from a vehicle.

DASH

- According to Michael Liard, an analyst with ABI Research:
The primary competition for 433 MHz solutions comes from 2.45 GHz Wi-Fi and UWB-based active RFID systems; however, many of these systems are proprietary.
- In comparison, 433 MHz offerings are backed by ISO 18000-7, an open international standard. Active 433 MHz devices also boast better power efficiency, lower power drain, no 802.11n (2.45 GHz) interference, better tag-to-tag communication, military-grade reliability, and lower cost than their primary alternatives.
- In January 2009, the U.S. Department of Defense announced the largest RFID award in history, a \$429 million contract for DASH7 devices, to four vendors: Savi Technology, SPEC, Northrop Grumman, and Unisys.[1] In March 2009, more than 30 organizations announced their participation in the DASH7 Alliance, a non-profit industry consortium to promote interoperability among DASH7-compliant devices

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

LR-WPAN device types

Two different device types can participate in an LR-WPAN network:

- **Full-function devices** (FFD) can operate in three modes serving as a personal area network (PAN) coordinator, a coordinator, or a device.
- **Reduced-function devices** (RFD) are intended for applications that are extremely simple.

An FFD can talk to RFDs or other FFDs, while an RFD can talk only to an FFD.

Network topologies (1)

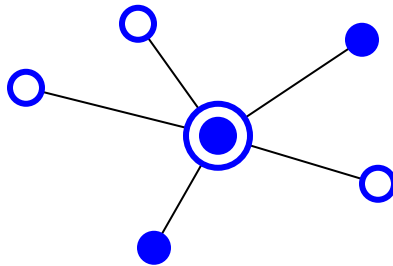
Two or more devices communicating on the same physical channel constitute a WPAN. The WPAN network must include at least one FFD that operates as the PAN coordinator.

The PAN coordinator initiates, terminates, or routes communication around the network. The PAN coordinator is the primary controller of the PAN.

The WPAN may operate in either of two topologies: the star topology or the peer-to-peer topology.

Network topologies (2)

Star topology



In a star network, after an FFD is activated for the first time, it may establish its own network and become the PAN coordinator.

The PAN coordinator can allow other devices to join its network.



PAN coordinator (always FFD)



FFD

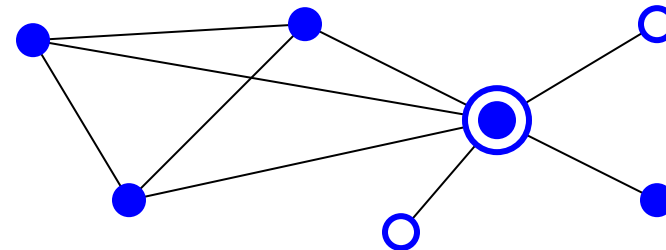


RFD

Network topologies (3)

In a peer-to-peer network, each FFD is capable of communicating with any other FFD within its radio sphere of influence. One FFD will be nominated as the PAN coordinator.

Peer-to-peer topology



A peer-to-peer network can be ad hoc, self-organizing and self-healing, and can combine devices using a mesh networking topology.

ZigBee PHY and MAC parameters

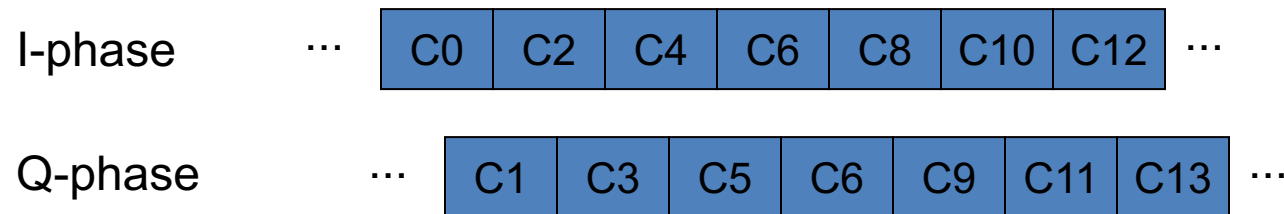
Topology	Ad hoc (central PAN coordinator)
RF band	2.4 GHz ISM frequency band
RF channels	16 channels with 5 MHz spacing
Spreading	DSSS (32 chips / 4 bits)
Chip rate	2 Mchip/s
Modulation	Offset QPSK
Access method	CSMA/CA (or slotted CSMA/CA)

Spreading and modulation

Four consecutive bits are mapped into a data symbol.

Each symbol is mapped into a 32-chip pseudorandom sequence.

The even-indexed and odd-indexed chips of the chip sequence representing each data symbol are modulated onto the carrier using Offset-QPSK in the following way:



Beacon frames

- The LR-WPAN standard allows the **optional** use of a superframe structure.
- The format of the superframe is defined by the coordinator.
- The superframe is bounded by **network beacons**, sent by the coordinator, and is divided into 16 equally sized slots.
- The beacon frame is transmitted in the first slot of each superframe. If a coordinator does not wish to use a superframe structure, it may turn off the beacon transmissions.
- The beacons are used to synchronize the attached devices, to identify the PAN, and to describe the superframe structure.

CSMA/CA operation (1)

- Non beacon-enabled networks use an un slotted CSMA-CA channel access mechanism.
- Each time a device wishes to transmit data frames or MAC commands, it shall wait for a random period.
- If the channel is found to be idle, following the random backoff, the device shall transmit its data.
- If the channel is found to be busy, following the random backoff, the device shall wait for another random period before trying to access the channel again.
- Acknowledgment frames shall be sent without using a CSMA-CA mechanism.

CSMA/CA operation (2)

- Beacon-enabled networks use a slotted CSMA-CA channel access mechanism, where the backoff slots are aligned with the start of the beacon transmission.
- Each time a device wishes to transmit data frames, it shall wait for a random number of backoff slots.
- If the channel is busy, following this random backoff, the device shall wait for another random number of backoff slots before trying to access the channel again.
- If the channel is idle, the device can begin transmitting on the next available backoff slot boundary.

LPWAN Characteristics

License-exempt or
Licensed bands

Constrained and
challenged network (as
defined RFC 7228)

Property industrial
deployments, huge
potential

Battery powered
devices with limited
communications

Deep Coverage

LPWAN Technologies

Asymmetric Lines

Small message size

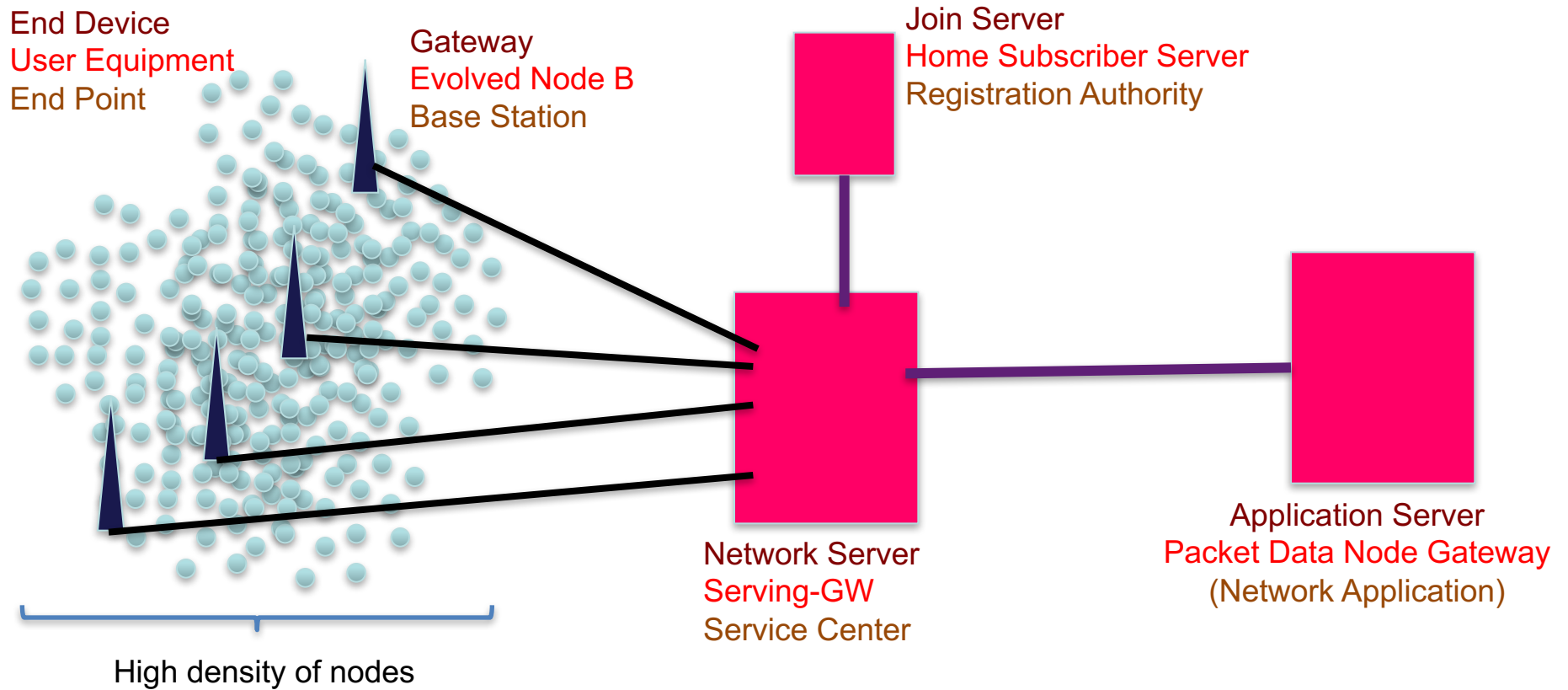
Limit number of
messages per device
and per day

Complex Device
and Network
management

Acknowledgement
management

NO
IP CAPABILITIES

Similar architecture: : Lora wan, NB-IoT, SIGFOX



Radio characteristics

- LoRaWAN – Sigfox : Mostly in unlicensed spectrum
 - 868 MHz (EU), 915 MHz (US), 433 MHz (Asia),
 - 868 MHz (EU), 902 MHz (US)
 - Duty cycle : 1% (up), 10% (down)
- NB-IoT – licenced bands
 - LTE/GSM spectrum
 - No duty cycle

Frame characteristics: Maximum payload

- LoRaWan:
 - Differs with the modulation and management information
 - 59-230 bytes (EU)
 - 19-250 bytes (US)
- NB-IOT:
 - 1600 Bytes
- Sigfox:
 - 12 bytes down stream (* 140/day)
 - 8 bytes upstream (* 4/day)

Frame Characteristics: Security

- LoRAWAN:
 - AES-128 AppKey =>
 - 128 NwkSkey for Frame integrity
 - 128 appSkey for payload encryption
- NB-IOT:
 - TS 33.203 v13.1.0
- SIGFOX:
 - Pre provisioned security key to authentication and integrity
 - Application can encrypt payload

Control plane

- LoRaWAN
 - A node must join the network
 - Network can pilot a node (frequency, Spreading factor)
- NB-IOT:
 - control the radio access bearers and the connection between the UE and the network. It is responsible for authentication, security control, mobility management and bearer management.
- SIGFOX:
 - No

LPWAN Family characteristics

- Thousand of nodes per gateway
- Star Topology
- Very small frame payload (8 – 250bytes)
 - Practical limitation : < 50 Bytes
- Limit number of frames per day (10)
 - Duty cycle limits the transmission is unlicensed bands
- Low bandwidth offering throughput between 50 bit/s to 250kbit/s
- High packet loss (caused by collisions or bad transmission conditions)
- MTU variable (changing with modulation)
- Highly asymmetric (up/down) links or unidirectional links only
- Sleepy nodes (not as DTN)
- No Fragmentation in L2 (not all)

LPWAN at IETF

- IP communication
 - Global connectivity (reachability)
 - Independence from L2
 - Use or adapt actual protocols
 - Use existing addressing spaces and naming schemes
- Strong Security
 - Adapted to the LP-WAN applications as: health, personal usages (water, gas, bus timing, etc.)
- Scalability
- High Reliability
- Interoperability
- Header Compression to reduce overhead

IPv6 => LPWAN

Impossible to send directly IPv6 packet, even with a fragmentation layer:

- The overhead of IPv6 is not compatible with LPWAN
- The variable MTU gives a variable fragmentation solution
- Need to adapt NDP (Neighbor Discovery) to LPWAN

6LoWPAN, 6Lo => LPWAN

- 6LoWPAN reduce header overhead for reliable L2 protocols
- 6LoWPAN traditionally used for constrained node networks
 - The LPWAN technologies are even more constrained than typical 6LoWPAN
- Challenge for 6LoWPAN mechanisms is that LPWAN does not send ACK at L2
- 6Lo adapts 6LoWPAN for other technologies
 - In LP-WAN the network is also constrained
 - In LP-WAN devices are challenged
- Best IPv6/UDP header compression: 6 Bytes (10% of a LoRaWAN frame) and 37 bytes with global @.

Configuration

- Neighbor Discovery
 - Decentralized configuration
 - 6LoWPAN ND uses unicast messages
- Messages size: [**draft-gomez-lpwan-ipv6-analysis-00**]
 - -- Size of RS with SLLAO = 14 bytes
 - -- Size of RA with SLLAO, PIO and 6CO = 62 bytes
 - -- Size of NS with ARO and SLLAO = 46 bytes
 - -- Size of NA + ARO = 40 bytes

RoHC

- Define originally for IP/UDP/RTP streams
 - LPWAN traffic is not a stream => long convergence time
 - Bandwidth is extremely short to support IR packets (larger than a full header)
- Allows unidirectional and bidirectional links
- Extended to any protocol with RoHCv2
- Send full header, followed by field deltas
 - Impossible to send full headers in LPWAN
- Manage by a Master SN
- No Rtable
- Complex: Profiles, Operation Modes, Level of Compression, Compression Parameters, Header Formats, & Patents?

Indice

- Introduzione
- Le dimensioni della connettività
- I principi e le caratteristiche dei sistemi di comunicazione digitale
- La modularizzazione della comunicazione digitale: il modello ISO OSI
- La codifica del segnale logico
- Ethernet
- I bus di campo
- RFID e WSN
- LP WAN
- Conclusioni

Conclusioni

- In questa lezione abbiamo compreso le dimensioni della connettività
- I principi, caratteristiche e standards dei sistemi di comunicazione digitale
- Le differenti architetture di comunicazione wired, wireless, e low power e gli ambiti di applicazione in funzione dei processi