

Corso di Sistemi di Misura Distribuiti

QUINTA LEZIONE:

**LE TECNOLOGIE WIRELESS
PER I SISTEMI DI MISURA
DISTRIBUITI: Bluetooth**

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

Generalità delle tecnologie wireless

Uno dei vantaggi più evidenti di un mondo “senza fili” è rappresentato dalla telefonia mobile e in particolare dalle tecnologie Gsm, Umts, Gprs ma a costi non nulli!

Da qualche anno a questa parte si sono fatte largo nel panorama delle comunicazioni le tecnologie di connessione *wireless* personali con caratteristiche e funzionalità diverse da quelle della telefonia mobile

Le reti che hanno questo scopo prendono il nome di WPAN, *Wireless Personal Area Network*: costo esiguo, *data rate* basso, raggio d'azione limitato

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

Generalità delle tecnologie wireless

La prerogativa delle WPAN è quella di diffondersi ovunque vi sia necessità di connessione *wireless*:

reti domestiche per il comando di ogni apparecchiatura

terminali palmari per la lettura della posta elettronica

“radiocomando” di attuatori meccanici, macchine utensili

radioconnessione al computer di sensori per il monitoraggio delle linee di lavorazione industriali ed il controllo della qualità dei prodotti finiti

Altri emergenti campi applicativi delle WPAN sono i sistemi di misura distribuiti!!!!

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

Possibilità nell'ambito delle applicazioni di misura

Le interfacce classiche che compongono le stazioni automatiche di misura impongono, grossi limiti di attiguità alla strumentazione a cui sono connesse

Gli stessi cavi di interfaccia costituiscono un grosso ostacolo, imponendo spesso vincoli alla distribuzione degli spazi negli ambienti industriali e nei laboratori scientifici

Qualsiasi cambiamento si volesse imporre alla configurazione fisica in tali stazioni di misura, ad esempio l'aggiunta o la rimozione di uno strumento, non può essere effettuato senza interruzione di servizio e senza aggiornamento del software

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

Alcune possibili applicazioni di misura

Si potrebbe pensare di fissare sul tetto di un autoveicolo una stazione per il rilevamento dell'inquinamento in modo da analizzare lo stato dell'aria in diversi punti di una città e simultaneamente comunicare i dati ad un centro di elaborazione fisso

Sensori *wireless* montati sui semafori potrebbero informare la centrale operativa dei vigili urbani sulle condizioni di viabilità in una determinata ora della giornata e, se necessario, richiedere il loro intervento

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

Le tecnologie wireless più diffuse

Fra le nuove tecnologie candidate a dare vita alle WPAN ci sono *Bluetooth*, *WiFi*, *Zigbee* e *UWB*

Bluetooth (IEEE 802.15.1) permette di connettere con basso consumo di energia dispositivi diversi nel raggio di 10-100 metri ad una velocità massima di 1 Mbps (nominale)

WiFi invece è indicato come la soluzione ideale per creare una rete di computer locale (LAN) senza l'utilizzo dei cavi. Il più diffuso standard *WiFi*, IEEE 802.11b, permette una velocità di trasmissione che va da 5.5 a 11 Mbps

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

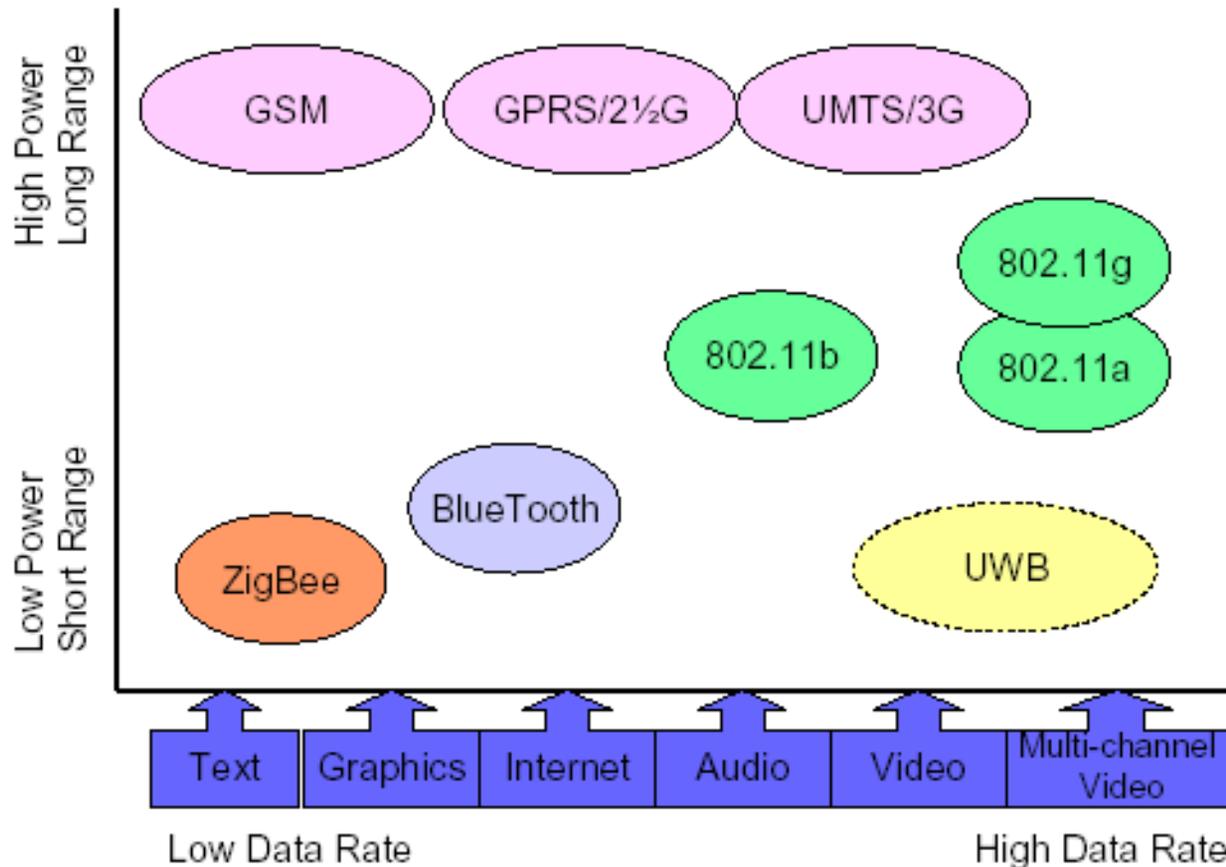
Le tecnologie wireless più diffuse

Zigbee (IEEE 802.15.4), adatta alla radioconnessione di piccoli dispositivi nell'ambito del monitoraggio industriale, consente la realizzazione di reti wireless a basso consumo e velocità di trasmissione che va da 20 a 250 kbps

L'Ultra-Wideband (UWB) (IEEE 802.15.3) è un protocollo *wireless* ad alta velocità e bassi consumi ideato oltre quaranta anni fa per scopi militari e riscoperto oggi come adattissimo per le reti personali. La velocità di trasmissione dell'UWB va da 100 a 500 Mbps per distanze che non superano i 10 metri con consumi relativi nell'ordine delle centinaia di milliwatt

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

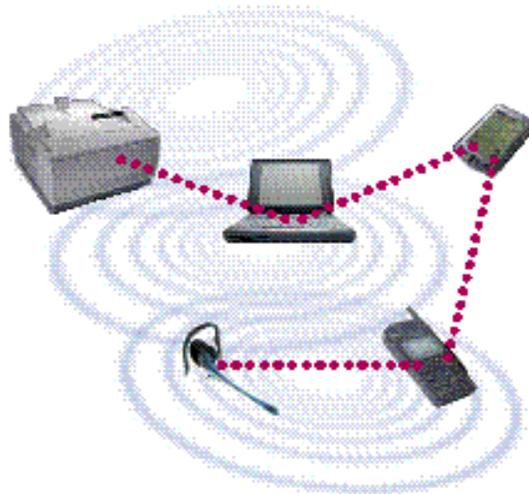
Caratteristiche delle varie tecnologie wireless



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

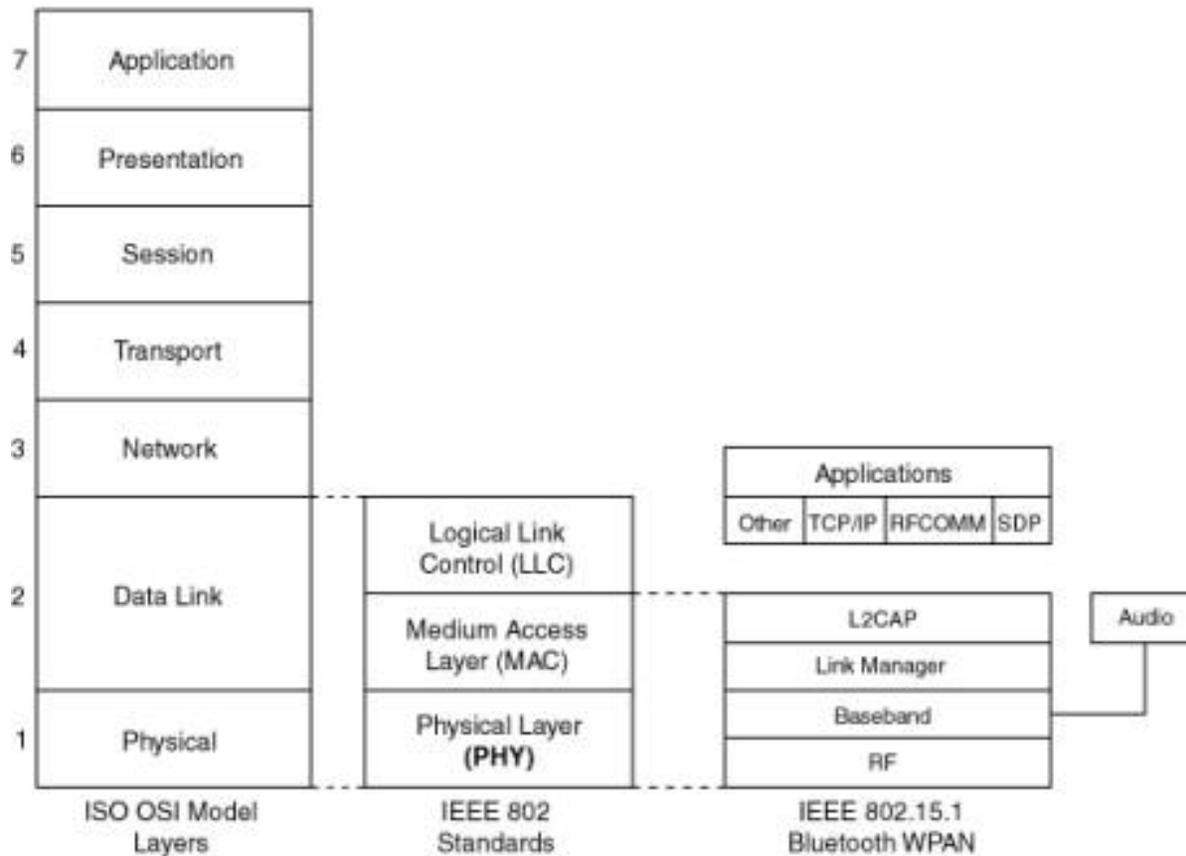
La tecnologia Bluetooth

Lo scopo principale della nascita della tecnologia Bluetooth risiede nella capacità di far dialogare e interagire fra loro dispositivi diversi (telefoni, stampanti, notebook, PDA, computer, impianti HiFi, PC, cellulari, elettrodomestici, device, etc.) senza la necessità di collegamenti via cavo



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

La prima generazione di prodotti era rivolta principalmente al “**traveling business people**”: portatili dotati di trasmettitori Bluetooth avrebbero permesso di eliminare cavi e connettori

I criteri guida per il design dell’interfaccia radio dovevano però già da subito soddisfare certe esigenze applicative:

Il sistema doveva operare globalmente ossia in qualsiasi Paese

Le connessioni dovevano sostenere simultaneamente voce e dati per applicazioni multimediali

Il radio transceiver doveva essere piccolo e con bassi consumi di potenza

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

Una banda di frequenze che soddisfa tali requisiti è a **2.45 GHz** - Industrial-Scientific Medical (ISM) band, il cui range è 2,400 - 2,483.5 MHz in USA, Giappone ed Europa (eccetto Spagna e Francia)

Geography	Regulatory Range	RF Channels
USA, Europe and most other countries ¹⁾	2.400-2.4835 GHz	$f=2402+k$ MHz, $k=0,\dots,78$
Spain ²⁾	2.445-2.475 GHz	$f=2449+k$ MHz, $k=0,\dots,22$
France ³⁾	2.4465-2.4835 GHz	$f=2454+k$ MHz, $k=0,\dots,22$

Table 2.1: Operating frequency bands

L'ampiezza di canale (ci sono 79 canali) è di 1MHz; sono previste delle bande di guardia

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Radio Parameter Overview

- **Operating Frequency:** ISM band 2.402 - 2.480 GHz
- **Number of carriers:** 79 carriers at 1 MHz spacing
- **Frequency Hopping:** nominally 1600 hops/s
- **Modulation:** 0.5 BT GFSK modulation
- **Raw Symbol rate:** 1 Mb/s
- **3 Power Classes:** Nominally < 0dBm, 0dBm, +20dBm
- **Reference sensitivity:** -70dBm, but some designs claiming -90dBm



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Un sistema radio che opera nella banda ISM deve tuttavia fronteggiare un numero imprevedibile di sorgenti rumorose quali baby monitor, telecomandi per le porte del garage, telefoni cordless e (la maggiore) forni a microonde

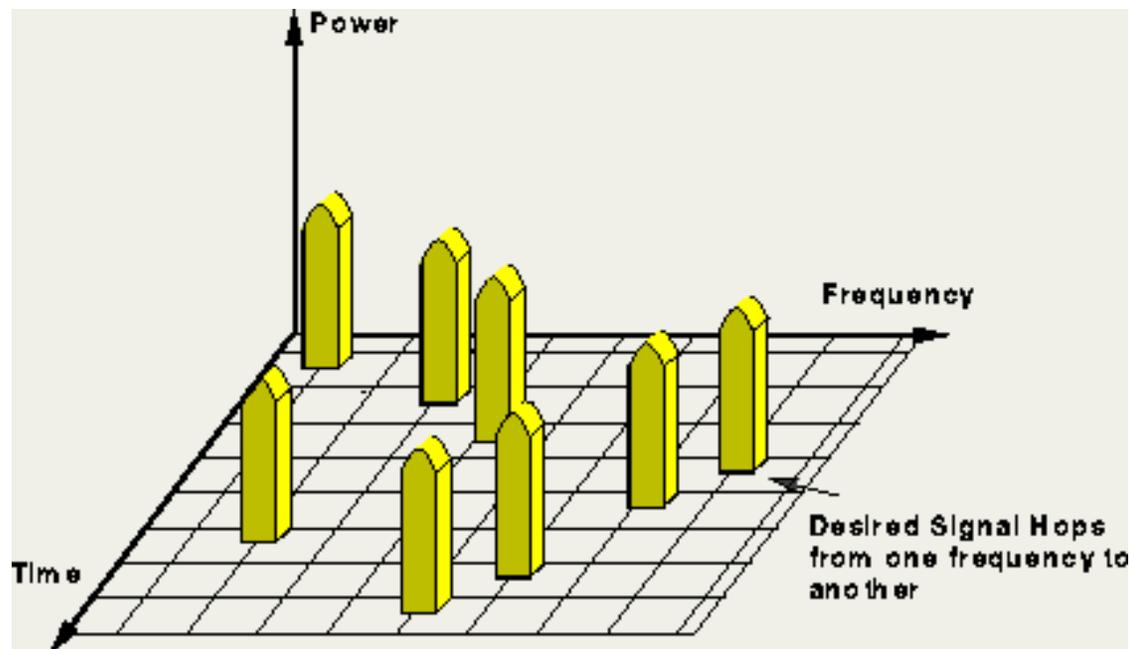
L'interferenza può essere evitata utilizzando uno schema adattativo che ricerchi una parte dello spettro inutilizzata oppure può essere soppressa con una tecnica spread spectrum che protegge anche dal fading

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

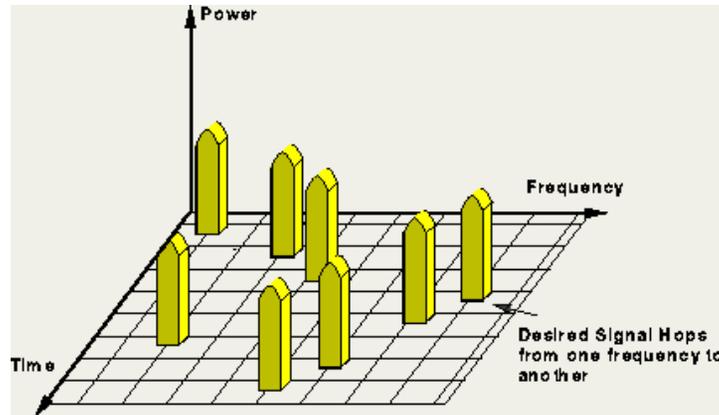
Bluetooth utilizza come tecnica spread spectrum il **frequency hop (FH)** perché offre l'implementazione radio migliore dal punto di vista dei costi e del consumo di potenza

Il sistema FH divide la banda di frequenza in più *hop channels*



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth



Durante una connessione, il radio transceiver salta da un canale ad un altro in modo pseudo-casuale

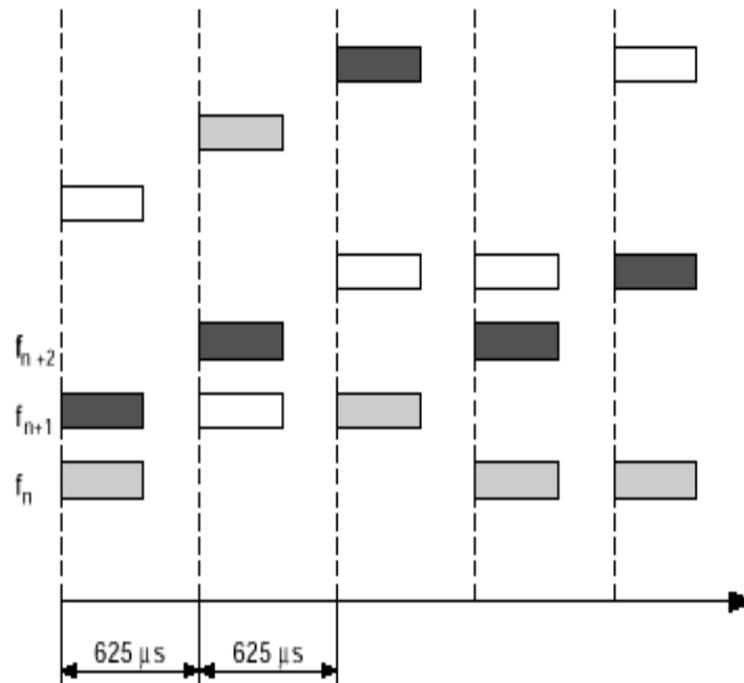
La larghezza di banda istantanea (del singolo hop) è in tal modo piccola, ma l'allargamento dello spettro è ottenuto sull'intera banda di frequenza; si ottengono così dei transceiver narrow band a basso costo e con massima immunità all'interferenza da rumore

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

I canali Bluetooth utilizzano uno schema FH/TDD (FH/time division duplex)

Il canale è suddiviso in slot temporali consecutivi di durata pari a $625 \mu\text{s}$



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Il canale FH è determinato dalla sequenza FH (ossia l'ordine in cui si accede alle frequenze) e dalla fase nella sequenza

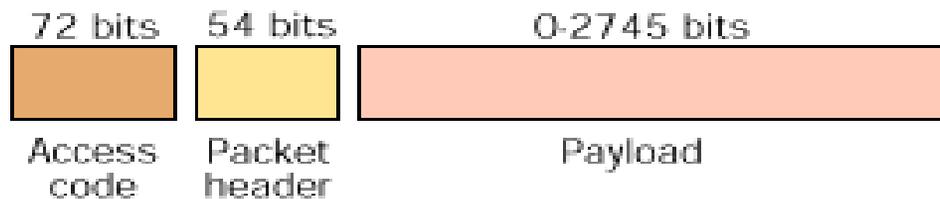
La sequenza è determinata dall'identità del master della piconet e la fase è determinata dal clock di sistema dell'unità master

L'unità slave si allinea al clock del master

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

In ogni slot temporale si può scambiare un singolo pacchetto tra l'unità master e quella slave



Ciascun pacchetto comincia con 72 bit di codice d'accesso, unico per ogni canale e derivato dell'identificativo del master

Segue un header di 54 bit, contenente importanti informazioni di controllo quali: l'indirizzo slave a 3bit, tipo di pacchetto, bit per il controllo di flusso

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

IMMUNITA' AI DISTURBI

La tecnica del frequency hopping è applicata con un tasso di salto (hop) elevato su pacchetti di lunghezza limitata (1600 hop/s per un pacchetto da uno slot). Quindi, se un pacchetto è perduto, solo una piccola porzione di messaggio va persa

I pacchetti possono essere protetti con il forward error control

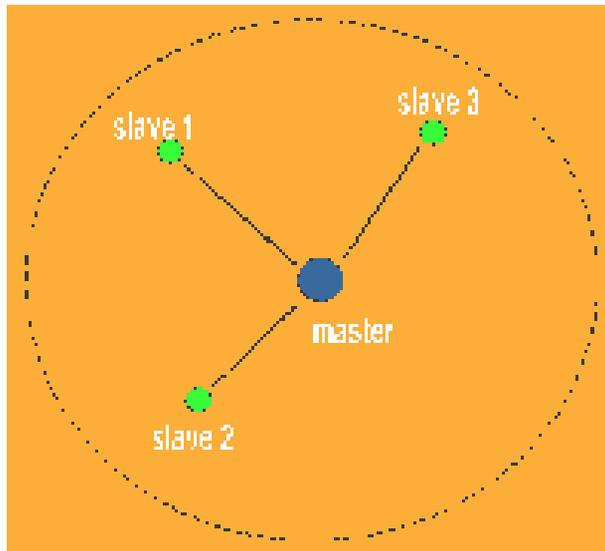
I pacchetti dati sono protetti con uno schema ARQ in cui i pacchetti persi sono automaticamente ritrasmessi. Il ricevente controlla ogni pacchetto per errori: se si riscontrano errori, lo si indica nell'header del pacchetto di risposta.

Solo i pacchetti perduti devono essere ritrasmessi

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Due o più unità che condividono lo stesso canale formano una **piconet**; un'unità agisce come master, controllando il flusso di traffico sulla piconet, le altre come slave



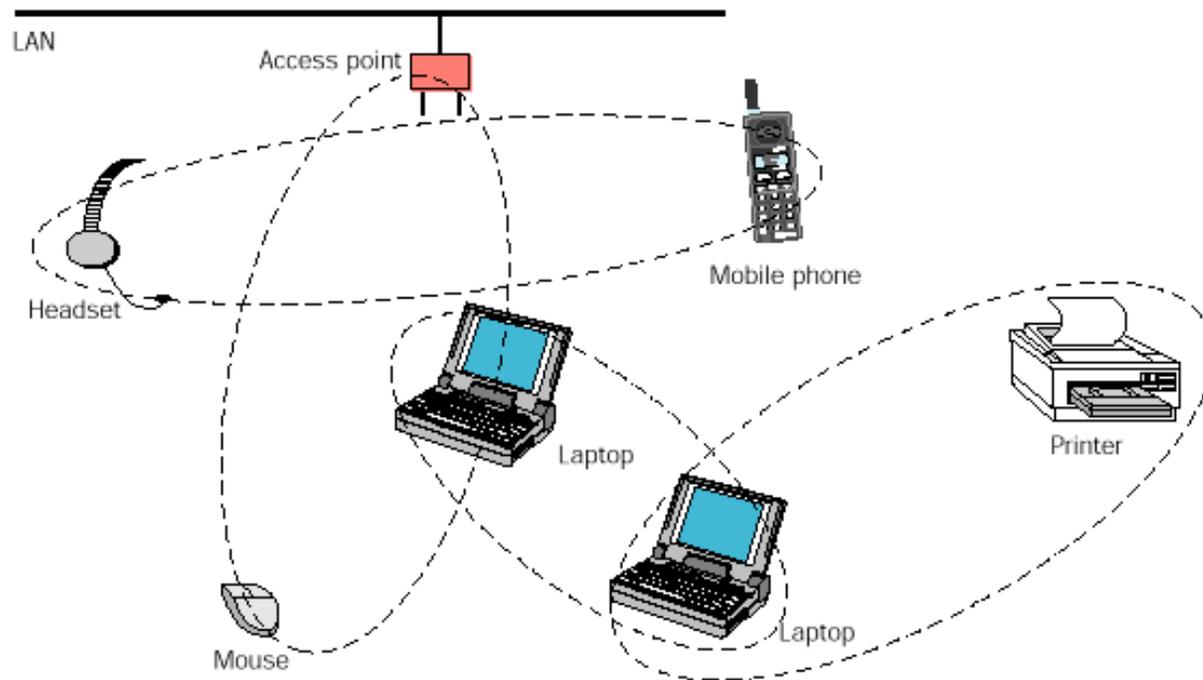
In ogni caso può esistere un solo master e **sette elementi attivi slave** sul canale per volta

Ogni unità nella piconet utilizza l'identità del master e il clock per agganciarsi al canale di hopping

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Un gruppo di piconet che condividono risorse e unità è detto *scatternet*



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

La stessa area può essere coperta da molteplici piconet e poiché ogni piconet ha un differente master, la sequenza di hop per la portante che la contraddistingue sarà differente da tutte le altre; in aggiunta i pacchetti trasportati sui canali sono preceduti da diversi codici di accesso

Un'unità può agire come slave in più piconet, ma solo in una piconet come master: due piconet con lo stesso master, sarebbero sincronizzate sulla stessa sequenza di hop e dunque indistinguibili

Man mano che si aggiungono piconet però, la probabilità di collisione aumenta; consegue una degradazione delle performance del sistema

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

PERCHE' PICONET E SCATTERNET?

Supponiamo ci siano 100 utenti; se tutti appartengono allo stesso network, allora avranno da condividere uno stesso canale da 1 MHz e avranno un throughput per utente pari a 10 Kbit/s, un throughput aggregato di 1 Mbit/s.

Supponiamo ora che non tutte le unità siano interessate a comunicare tra loro; potremmo suddividere la piconet in più piconet indipendenti. Per esempio, dividiamoli in 5 per gruppo, ossia formiamo 20 piconet. Con soli 5 utenti che condividono il canale di 1 MHz il throughput unitario passa a 200 kbit/s e il throughput aggregato aumenta a 20 Mbit/s

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

STABILIRE UNA CONNESSIONE

Il canale in una piconet è caratterizzato interamente dal master della piconet

Per definizione il master è rappresentato da quella unità che inizia la connessione con uno o più slave

I nomi master e slave si riferiscono unicamente al protocollo adottato: tutte le unità BT sono identiche ed una volta stabilita una piconet il ruolo di master e di slave possono essere scambiati

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

STABILIRE UNA CONNESSIONE

L'unità per il controllo della connessione opera in due stati fondamentali: Standby e Connection

Lo stato di Standby, previsto per default, è caratterizzato da un basso consumo. In tale stato è attivo il solo clock presente a bordo del modulo e non vi è interazione alcuna con i moduli presenti nell'area coperta dalla piconet

Nello stato di connesso il modulo master e gli slave possono scambiare pacchetti

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

Tra lo stato di Standby e quello di Connection vi sono altri sette sotto stati: *page, page scan, inquiry, inquiry scan, master response, slave response, inquiry response*

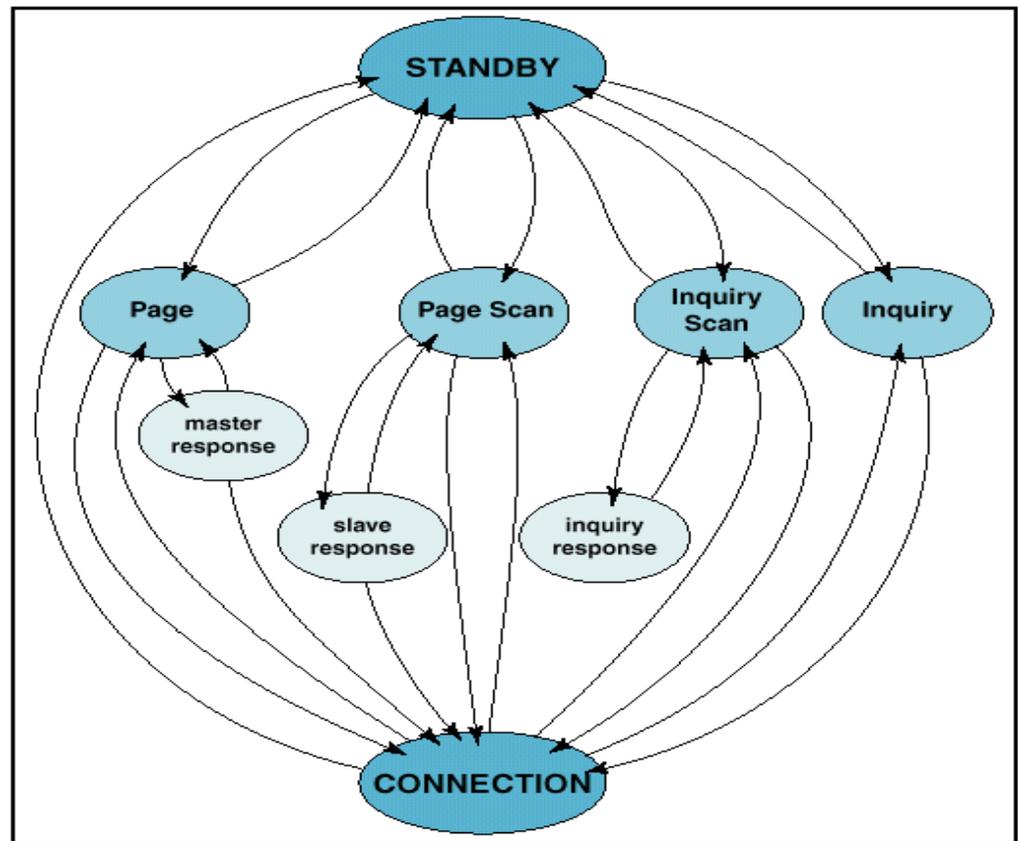


Figure 10.4: State diagram of Bluetooth link controller.

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

STABILIRE UNA CONNESSIONE

La connessione tra due moduli BT avviene nel modo seguente: se non si conosce nulla del modulo remoto a cui connettersi, sono eseguite sia la procedura di *inquiry* che di *page*, mentre se si conosce a priori sia l'indirizzo sia i servizi che il modulo remoto è capace di offrire, allora è eseguita la sola procedura di *inquiry*

La procedura di *inquiry* abilita il modulo che è attualmente master a rilevare i moduli presenti nel range della piconet, identificare il loro esclusivo indirizzo BT e determinare le informazioni di clock di cui essi necessitano per gestire il frequency hopping

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

STABILIRE UNA CONNESSIONE

Completata la procedura di *inquiry* e noto l'univoco indirizzo BT che ogni modulo possiede, si può allora creare una connessione utilizzando la procedura di *paging*

Ogni dispositivo BT connesso ad una piconet può trovarsi in uno dei seguenti quattro stati: *active*, *hold*, *sniff* e *park*. In modalità *active* il modulo BT partecipa attivamente alla connessione, questo vuol dire che il master assegna a tale dispositivo un intervallo temporale composto da uno a cinque intervalli da 625us, in funzione del traffico totale e delle richieste degli altri moduli. Nelle altre modalità il dispositivo slave entra in diversi stati di basso consumo

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

CARATTERISTICHE DEL TRASMETTITORE

Viene specificato il **livello di potenza** al connettore dell'antenna

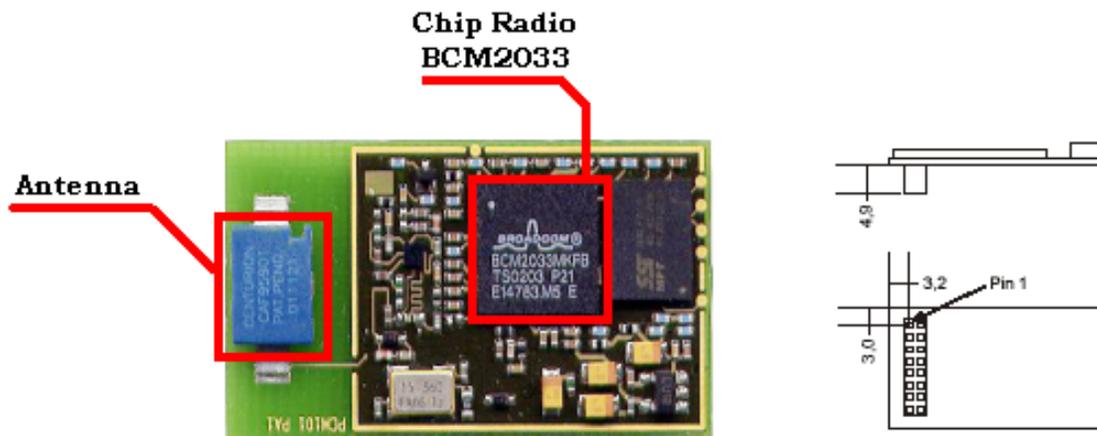
I trasmettitori sono catalogati in tre classi

Power Class	Maximum Output Power (P _{max})	Nominal Output Power	Minimum Output Power ¹⁾	Power Control
1	100 mW (20 dBm)	N/A	1 mW (0 dBm)	P _{min} = -4 dBm to P _{max} Optional: P _{min} ²⁾ to P _{max}
2	2.5 mW (4 dBm)	1 mW (0 dBm)	0.25 mW (-6 dBm)	Optional: P _{min} ²⁾ to P _{max}
3	1 mW (0 dBm)	N/A	N/A	Optional: P _{min} ²⁾ to P _{max}

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE



Il modulo può essere suddiviso in un numero di blocchi funzionali descritti di seguito

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE

L'antenna è piccola a larga banda, omnidirezionale tipo SMD (Surface Mount Device)

Filtro Passa-Basso per il segnale proveniente o diretto verso l'antenna

Un blocco amplificatore per amplificare il segnale (classe 1) in accordo con lo standard Bluetooth

Blocco di trasmissione e ricezione

Chip a radio frequenza BCM2033

Oscillatore a cristallo per generare il segnale di clock

Memoria Flash contenente il firmware

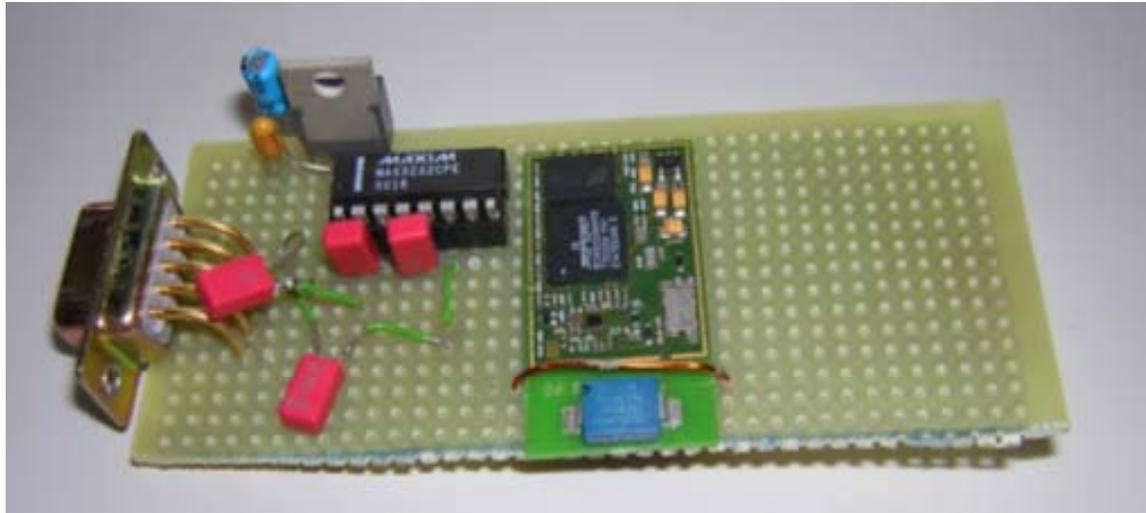
Interfaccia hardware digitale UART o USB

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE

IL MODULO RADIO



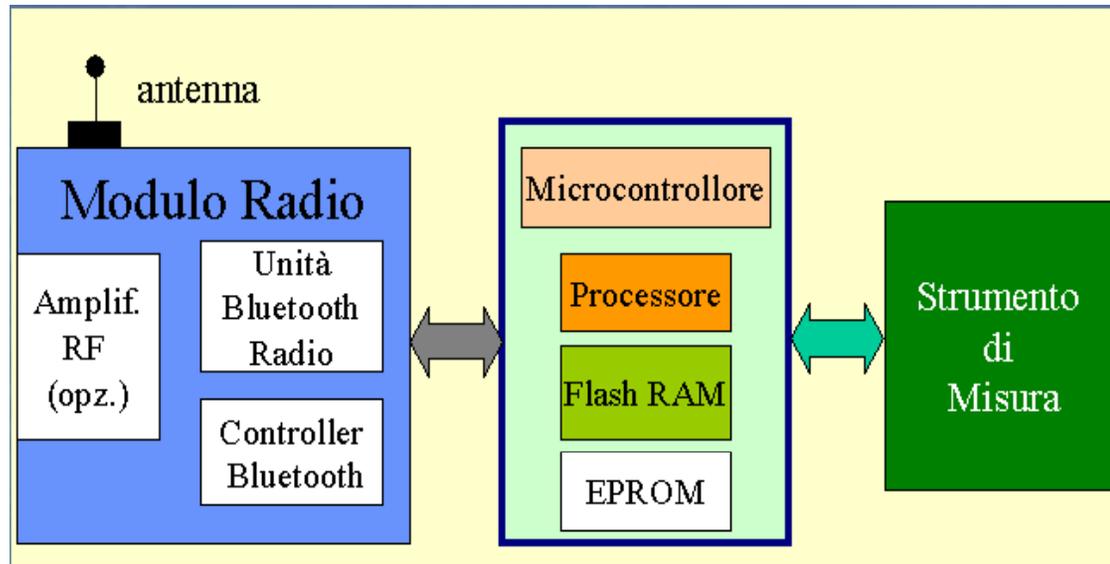
LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE

IEEE-488-Bluetooth (Controller)

RS-232-Bluetooth (Controller)

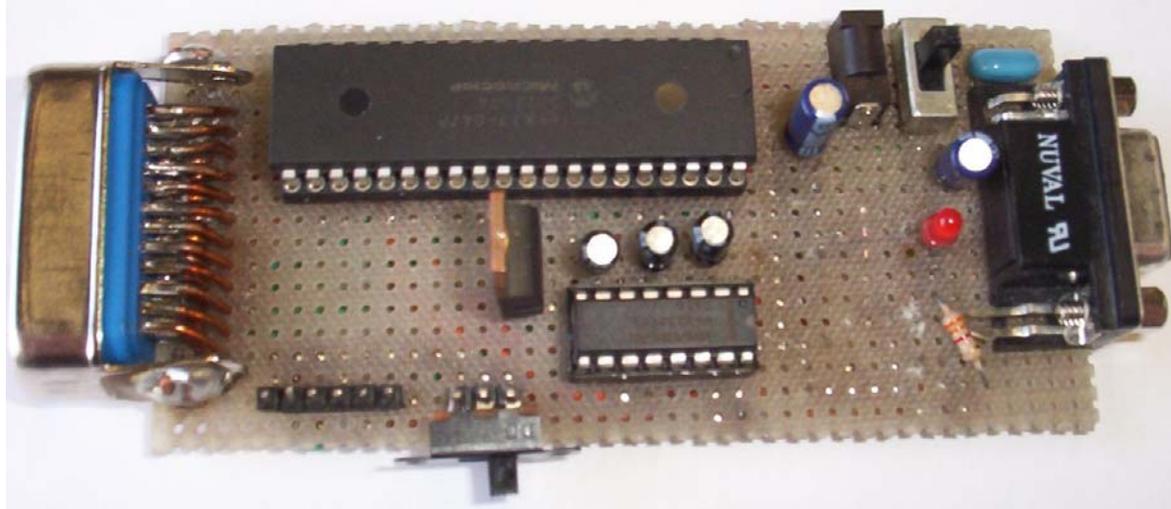


LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE

IEEE-488-Bluetooth (Controller)

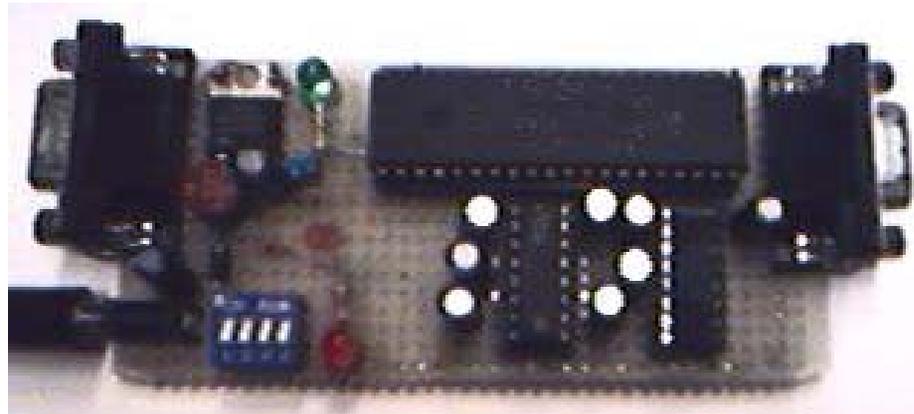


LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia Bluetooth

UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE NELLE MISURE

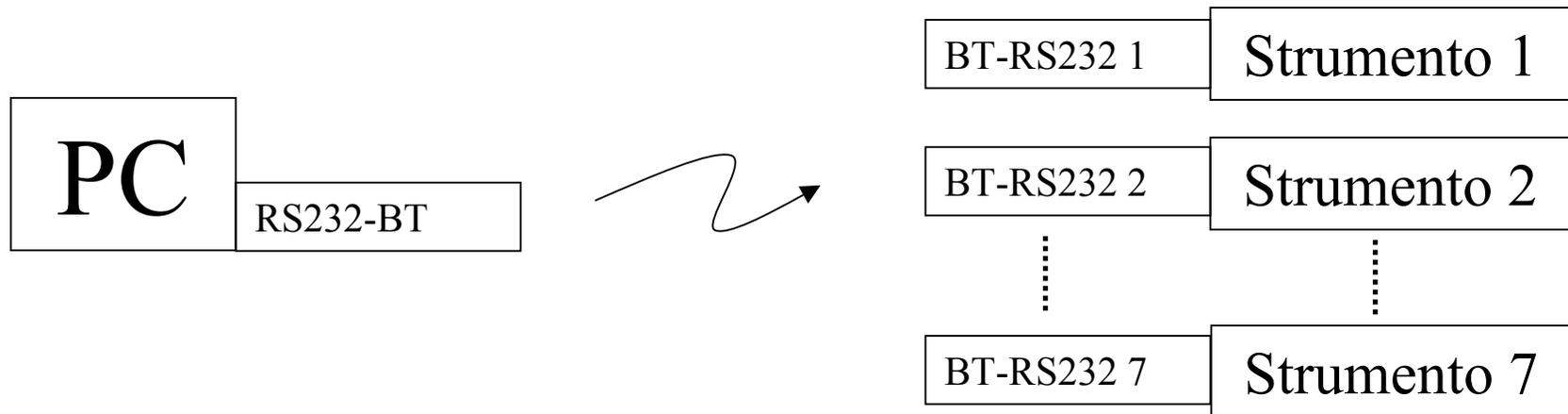
RS-232-Bluetooth (Controller)



LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

I BENEFICI DEL BROADCAST

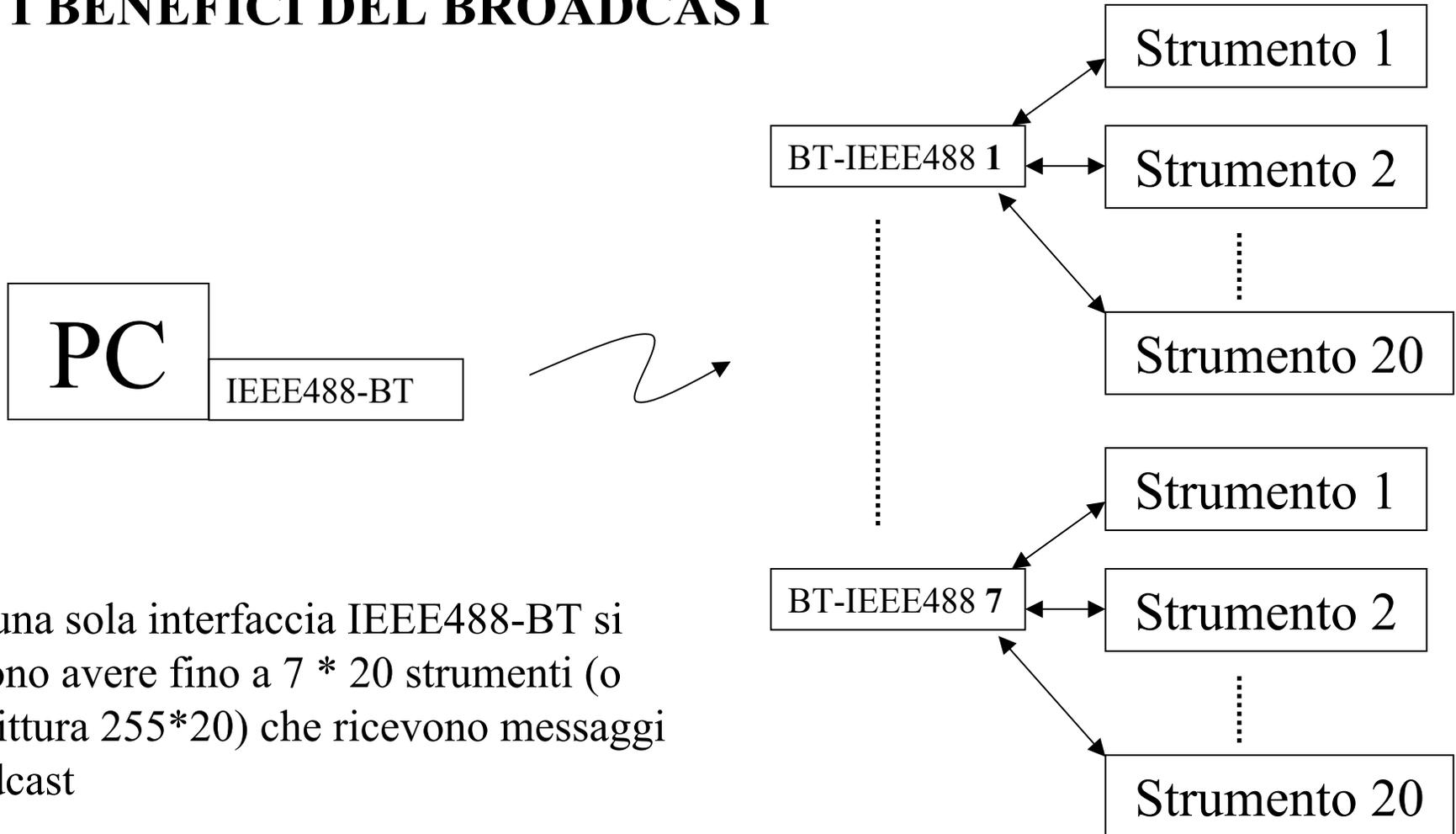


Con una sola interfaccia RS232-BT si possono avere fino a 7 strumenti (o addirittura 255) che ricevono messaggi broadcast

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

I BENEFICI DEL BROADCAST



Con una sola interfaccia IEEE488-BT si possono avere fino a $7 * 20$ strumenti (o addirittura $255 * 20$) che ricevono messaggi broadcast

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

<u>Parametri Considerati</u>	<u>Interfaccia BT- seriale</u>	<u>RS232 interfaccia</u>	<u>Interfaccia BT- IEEE 488</u>	<u>IEEE 488 interfaccia</u>
<u>Tipo di connessione</u>	Wireless	Wired	Wireless	Wired
<u>Numero Massimo di strumenti connessi</u>	1 per ogni interfaccia Al di sopra di 255 interfacce s contemporaneamente tra active e parked	1	20 per ogni interfaccia Al di sopra di 255 interfacce s contemporaneamente tra active e parked	20
<u>Massima distanza dal Controllor/Master</u>	100 m (10mW moduli BT) 10 m (1mW moduli BT)	20m	100 m (10mW moduli BT) 10 m (1mW moduli BT)	2
<u>Massimo transfer rate verso gli strumenti</u>	57600 kbs	115200 kbs	57600kbs	Da 1 Mbs a 100 Mbs
<u>Massimo transfer rate verso i master</u>	1 Mbs	N/A	1 Mbs	N/A
<u>Struttura del bus</u>	STAR	Nessun bus	PARALLELO (broadcast)	PARALLELO
<u>Costo</u>	50 euro	5 euro	50 euro	200 euro

LE TECNOLOGIE WIRELESS PER I SISTEMI DI MISURA DISTRIBUITI

La tecnologia BlueTooth

VANTAGGI

Scomparsa dei cavi: ciò aggiunge notevoli vantaggi di flessibilità nella realizzazione logistica della stazione di misura

Numero massimo di dispositivi collegabili

Raggio di azione molto ampio

Risparmio dei costi di interfaccia: si potrà realizzare una stazione di misura senza dove necessariamente avere sul pc master tante porte seriali quanti sono gli strumenti

Integrazione dei diversi standard: nell'ipotesi di sviluppare in futuro interfacce wireless che si integrino con le altre interfacce wired (usb, etc)

SVANTAGGI

L'unico svantaggio è il rallentamento della velocità di trasferimento