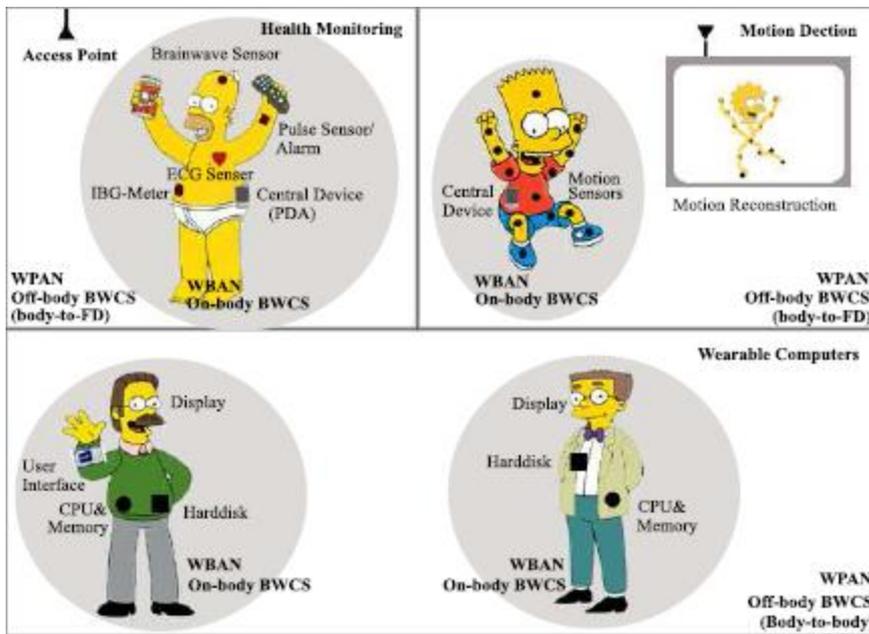


# ***Wireless Body Area Network*** ***WBAN***

# WBAN

Sono un particolare tipo di rete di sensori, progettato per connettere vari sensori e dispositivi posti sia dentro che fuori il corpo umano, che possono avere vari obiettivi:

- ❑ Monitorare parametri vitali (battito cardiaco, respirazione, pressione sanguigna, livelli di glucosio)
- ❑ Rivelare i movimenti del corpo umano
- ❑ Connettere tra loro vari dispositivi elettronici che portiamo con noi (per esempio, IPOD con cuffiette senza usare i fili) e magari connetterli a dispositivi che sono “portati/indossati” da altri



Si parla di comunicazioni:

On-body: comunicazioni tra sensori posti sulla stessa persona

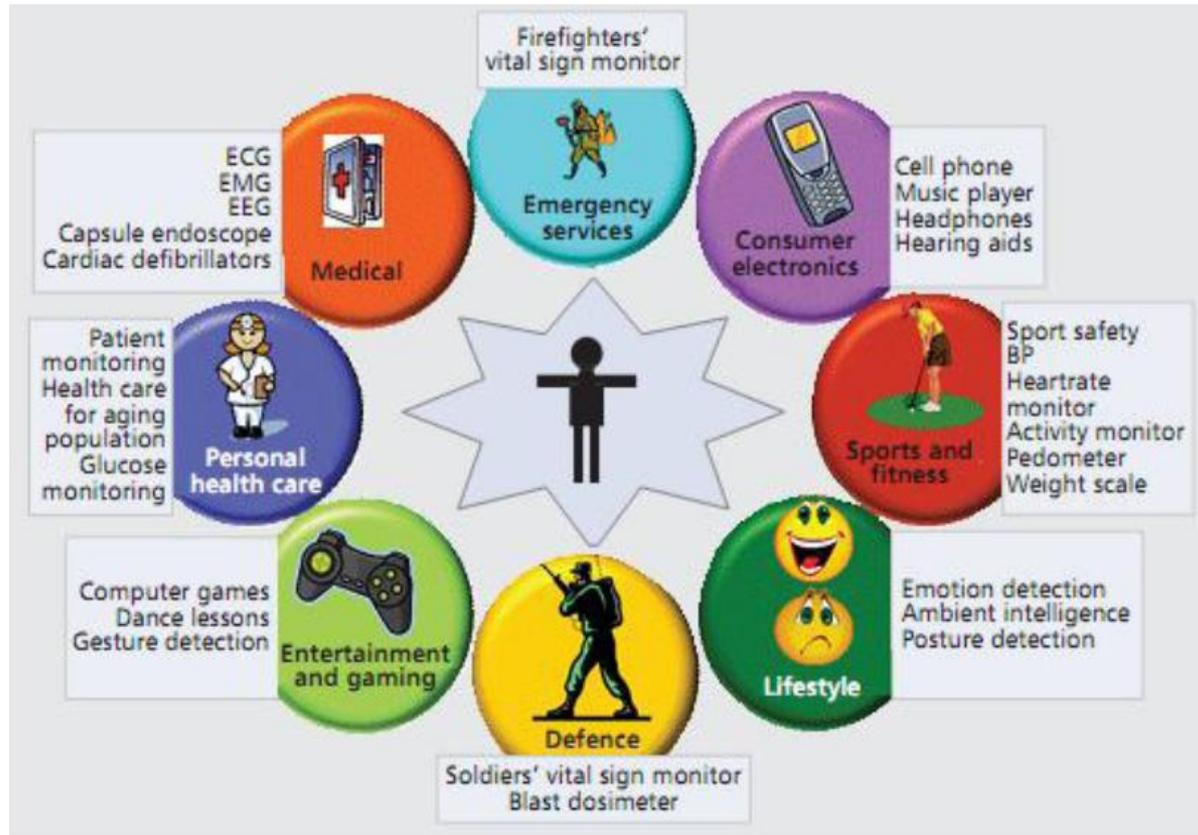
In-body: comunicazioni tra dispositivi impiantati e la rete di sensori

Off-body:

- ❑ comunicazioni tra dispositivi on-body su persone diverse
- ❑ Comunicazioni tra dispositivi on-body e dispositivi off-body
- ❑ Comunicazioni tra dispositivi off-body, ma comunque vicino all'utente.

# WBAN

## Applicazioni



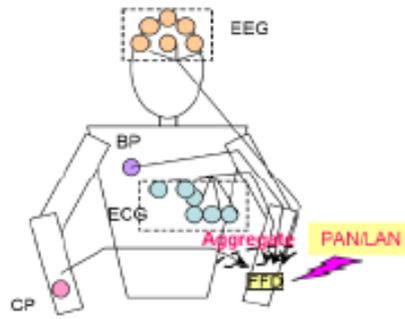
Source: M. Patel and J. Wang, "Applications, Challenges, And Prospective In Emerging Body Area Networking Technologies," *IEEE Wireless Communications*, Feb. 2010

# WBAN

## Applicazioni Mediche

### □ Monitoraggio dei parametri vitali

Serie di sensori esterni per la raccolta e trasmissione di dati vitali (come EEG, ECG, EMG, pressione sanguigna etc.) allo schermo del letto ospedaliero o direttamente ad una sala di controllo.



# WBAN

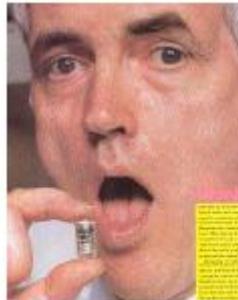
## Applicazioni Mediche

### Riabilitazione fisica

Es. Sensori di movimento che mandano i dati ad un computer che controlla la correttezza o meno del movimento

Es. Sonde wireless – Possibilità di effettuare monitoraggio in tempo diretto tramite pillole contenenti microcamere e dispositivo wireless per l'invio istantaneo dei dati su schermo.

Gastrointestinal Camera [www.givenimaging.com](http://www.givenimaging.com)



# WBAN

## Applicazioni Largo Consumo

### Intrattenimento Audio e Video

❑ Possibilità di collegare in maniera ancora più efficace dispositivi come telefono cellulare, palmare, cuffie senza fili etc.



### Monitoraggio dell'attività fisica:

- ❑ Sensori per il controllo della frequenza del battito cardiaco durante l'allenamento, la distanza percorsa, etc.
- ❑ Collegamento con un dispositivo GPRS per eventuali indicazioni stradali.

### Computer "indossabili"

Le BAN potrebbero permettere l'eliminazione di tutti i cavi di collegamento

# WBAN

## Vantaggi

I vantaggi dell'uso di sistemi wireless per le BAN sono:

- Migliore supporto alla mobilità del paziente
- Ridotto rischio di infezione e danneggiamento
- Soluzione meno invasiva
- Il sistema di cura basato sull'uso delle WBAN risulta meno costoso rispetto ad un sistema che prevede l'uso di sensori cablati

# WBAN

Peculiarità delle WBAN rispetto alle WPAN:

- Operano in prossimità, a contatto, o all'interno del corpo umano
- Raggio d'azione limitato (<0.01 e fino a 2 metri)

La prima differenza con le WPAN è che i dispositivi possono essere fisicamente sulla superficie del corpo umano (indossabili) o dentro il corpo (impiantati)



La sicurezza del corpo dell'uomo/animale è un fattore determinante (per esempio, nella definizione dei livelli massimi di potenza emessa dai dispositivi)

I dispositivi WBAN devono essere progettati tenendo conto dello Specific Absorption Ratio (SAR) per proteggere i tessuti del corpo.

Il raggio d'azione delle WPAN propriamente dette è di oltre 30cm, mentre nelle WBAN il raggio d'azione è tipicamente minore di 30cm.

# WBAN

Peculiarità delle WBAN rispetto alle WPAN:

□ Energy Scavenging (Recupero, conversione e riutilizzo dell'energia). Autoalimentazione

Il secondo elemento distintivo delle WBAN è la possibilità dei sensori di autoalimentarsi con delle tecniche che permettono di ricavare energia da fenomeni naturali (es. gradienti di temperatura tra tessuti)

Si pensi ai sensori impiantati: non possono contenere batterie che contengono sostanze nocive all'uomo! (si pensi cosa succederebbe se si rompessero)



Il problema dell'energy scavenging non è solo legato alla necessità di aumentare il tempo di vita dei sensori, ma proprio legato all'impossibilità di usare tradizionali metodi di immagazzinamento dell'energia in dispositivi che sono dentro o a contatto con il corpo umano.

E deriva anche dalla necessità di mantenere molto piccole le dimensioni (spesso le dimensioni dei dispositivi elettronici sono dettate dalle dimensioni delle batterie)

# WBAN

## Energy Scavenging

Energy scavenging o harvesting (dove con il verbo “to scavenge” viene rievocata letteralmente l'idea della ricerca nei rifiuti) viene generalmente identificato il processo di ricerca, trasformazione e riutilizzo di quell'energia normalmente andata sprecata. Per esempio:

- Sistemi Piezoelettrici:
- Sistemi Termoelettrici: (generalmente basati sull'effetto Seebeck, quando si è in presenza di una differenza di temperatura tra due diversi metalli o semiconduttori, si viene a creare tra essi una differenza di potenziale).



termico

# WBAN

## Peculiarità delle WBAN rispetto alle WPAN:

- ❑ Il canale delle WBAN è differente dal canale per le WPAN poiché la propagazione delle onde è influenzata dalla vicinanza del corpo umano
- ❑ Inoltre, le diverse applicazioni delle WBAN sono caratterizzate da canali di propagazione molto diversi (il canale dei sensori impiantati è molto diverso da quello dei sensori indossabili)
- ❑ Il corpo umano ha una complessa struttura e forma.
- ❑ Quella dei sensori attorno al corpo è una propagazione a onde superficiali (onde che si propagano lungo l'interfaccia tra differenti mezzi)
- ❑ E' stato dimostrato che il corpo umano determina una forte attenuazione del segnale. Inoltre, è stato osservato che l'altezza dell'antenna ha grande influenza sull'attenuazione del canale sulla superficie del corpo.
- ❑ Il corpo è tipicamente nel cosiddetto near-field dell'antenna e quindi l'antenna pattern è fortemente influenzato dalla presenza del corpo
- ❑ Inoltre, il corpo si muove, anche quando l'uomo/animale è fermo in piedi o seduto, il torace per esempio si muove. In alcuni casi (sports) il corpo invece è soggetto a movimenti estremi. Il canale quindi può essere molto tempo variante.
- ❑ Nel caso di sensori impiantati, l'attenuazione dei tessuti del corpo è molto elevata. Inoltre, le discontinuità tra i vari tessuti che il segnale deve attraversare per andare da dentro a fuori il corpo o viceversa, determinano delle riflessioni e quindi il canale è selettivo in frequenza.



Tutto questo significa che la scelta della modulazione o il progetto delle antenne va fatto in modo diverso che per le WPAN

# WBAN

## Peculiarità delle WBAN rispetto alle WPAN:

❑WBAN può richiedere (per servizi critici per la vita umana) che la risposta allo stimolo esterno sia GARANTITA (l'informazione deve arrivare corretta e in un tempo definito). Il MAC basato su un accesso a contesa come quello previsto nell'802.15.4 non permette di soddisfare gli stringenti requisiti di QoS.

❑Robustezza all'interferenza da altri sistemi wireless e coesistenza con altre BAN  
Se la capacità di coesistere con altri sistemi radio è importante anche nelle WPAN, nel caso di alcune applicazioni delle WBAN non si può accettare nessun tipo d'interferenza (il malfunzionamento di alcuni dispositivi impiantati potrebbe per esempio portare al decesso di una persona). Inoltre, più WBAN poste su persone diverse potrebbero entrare "in contatto" quando le due persone si avvicinano. Quindi, è fondamentale che la rete WBAN possa coesistere con altre WBAN.



# WBAN

## CONFRONTO TRA WBAN per applicazioni mediche E GENERICHE WSN

	WBAN mediche	Generiche WSNs
Aspetti in comune	<p>Risorse limitate: batteria, capacità di calcolo, memoria, capacità di coesistere con altri sistemi radio</p> <p>Dimensioni della rete scalabili dinamicamente (nodi che entrano e escono dalla rete), elevata densità nella distribuzione geografica, devono essere plug&amp;play (autoconfiguranti)</p>	
Sensore/attuatore	<p>Dispositivi specializzati per una sola funzione</p> <p>I sensori si muovono velocemente in un'area limitata</p> <p><u>Tempo di vita</u> da pochi giorni a &lt;10 anni</p> <p><b>Sicurezza (basso SAR), e Qualità come primo essenziale requisito</b></p>	<p>Dispositivi multifunzionali</p> <p>Pochi movimenti in un'area grande</p> <p><u>Il tempo di vita della RETE</u> e il tempo di vita del dispositivo vanno da mesi a &lt;10 anni</p> <p><b>La qualità dipende dal costo (spesso è piu' importante che costino poco piuttosto che la qualità)</b></p>
Dependability	<p>Affidabilità (primo requisito), QoS garantita</p> <p><b>Forti requisiti di sicurezza dei dati</b> (eccetto che in casi di emergenza)</p>	<p>QoS attesa (non garantita),</p> <p><b>l'affidabilità si ottiene tramite la ridondanza!</b>,</p> <p>la sicurezza puo' essere importante</p>

# WBAN

## CONFRONTO TRA WBAN per applicazioni mediche E GENERICHE WSN

	WBAN mediche	Generiche WSNs
Networking	<b>Reti a stella di piccole dimensioni</b> <b>Rete che non prevede la ridondanza</b> <b>Distribuzione deterministica dei nodi</b>	Reti di tipo gerarchico (es. parent-children) di grandi dimensioni, Uso delle ridondanza dei nodi (per esempio, anche alcuni meccanismi di routing sono basati sulla ridondanza) Distribuzione dei nodi casuale
Traffico	In gran parte delle applicazioni il traffico è di tipo <b>real-time e periodico</b> , puo' essere a burst (in questo caso ha la priorità perche' in genere si riferisce ad un evento di allarme) <b>Traffico unidirezionale:</b> comunicazione di tanti nodi verso un sink	In gran parte della applicazioni il traffico è di tipo burst, in alcuni casi periodico <b>Traffico puo' essere bi-direzionale</b>
Canale	Può usare la banda ISM ma anche bande specifiche per applicazioni mediche, le comunicazioni possono avvenire sulla superficie del corpo o attraverso il corpo	Usano la banda ISM Gli ostacoli nella comunicazione non sono noti a priori

# WBAN

WBAN (specialmente per applicazioni mediche), hanno come priorità la sicurezza della persona (assorbimento elettromagnetico o materiali compatibili con il corpo), la qualità dei sensori, l'affidabilità nella trasmissione

Le generiche WSN sono COST SENSITIVE: devono costare poco per essere appetibili, anche a danno della qualità, affidabilità ect.

L'affidabilità delle comunicazione è ottenuta tramite l'uso di sensori ridondanti.

Nelle WBAN non posso usare la ridondanza: i sensori non sono distribuiti in modo casuale o poco controllabile come nel caso di monitoraggio di una vasta area geografica con generiche WSN, ma sono posti in posizioni bene precise (se devo fare l'ECG o l'EEG devo mettere i sensori sul torace o sulla testa). Inoltre, lo spazio per metterli è limitato (testa o torace di una persona) e quindi non possono esagerare con l'inserimento di sensori ridondati (semplicemente non c'entrano).

# WBAN

Application	Target data rate	No. of nodes	Topology	Setup time	P2P latency	BER	Duty cycle	Desired battery lifetime
Deep brain stimulation	1 Mb/s	2	P2P	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-3</sup>	< 50%	>3 years
Hearing aid	200 kb/s	3	Star	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 10%	>40 hours
Capsule endoscope	1 Mb/s	2	P2P	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 50%	>24 hours
Drug dosage	< 1 kb/s	2	P2P	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 1%	>24 hours
ECG	72 kb/s (500 Hz sample, 12-bit ADC, 12 channels)	< 6	Star	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 10%	>1 week
EEG	86.4 kb/s (300 Hz sample, 12-bit ADC, 24 channels)	< 6	Star	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 10%	>1 week
EMG	1.536 Mb/s (8 kHz sample, 16-bit ADC, 12 channels)	< 6	Star	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 10%	>1 week
O2/CO2/BP/ temp/respiration/ glucose monitoring, accelerometer	< 10 kb/s	< 12	Star	< 3 s	< 250 ms	< 10 <sup>-10</sup>	< 1%	>1 week
Audio	1 Mb/s	3	Star	< 3 s	< 100 ms	< 10 <sup>-5</sup>	< 50%	>24 hours
Video/med imaging	< 10 Mb/s	2	P2P	< 3 s	< 100 ms	< 10 <sup>-3</sup>	< 50%	>12 hours

# WBAN

## Problemi ancora da risolvere

Non è facile definire tecnologie e frequenze di utilizzo che vadano bene sia per Wearable e Implanted BAN

- BAN “INDOSSABILI”: composte da dispositivi posti al più a contatto con la cute umana.
- BAN “IMPIANTABILI”: composte da dispositivi posti all'interno del corpo umano.

L'idea è di prevedere diversi livelli PHY e un solo MAC che possa funzionare sui diversi PHY

Questa scelta è legata alle differenti problematiche presenti nel modello di canale per le BAN impiantabili e per le indossabili ed alle già esistenti norme di regolazione in ambito di frequenza per le applicazioni mediche senza fili.

Problemi legati alla sicurezza dei tessuti

Privacy

# WBAN

## BAN impiantabili

- ❑ Nascono per un utilizzo prettamente medico
- ❑ Presentano una serie di fattori caratteristici legati alla posizione interna al corpo dei dispositivi:
  - ❑ Modello di canale di trasmissione: per i dispositivi “impiantati” il modello di canale deve tenere conto degli effetti di organi, muscoli, ossa e pelle (forte path loss)
  - ❑ Miniaturizzazione dei dispositivi – Per poter essere inseriti nelle parti più interne del corpo umano i dispositivi wireless dovranno essere il più possibile miniaturizzati.
  - ❑ Sicurezza – Le emissioni di potenza saranno limitate dalle vigenti norme di controllo.
  - ❑ I dispositivi dovranno essere il più possibile compatti, semplici, robusti e resistenti. Dovranno infatti far fronte ai continui movimenti dell'utente.
  - ❑ Autonomia – Un dispositivo “impiantato”, generalmente inserito per mezzo di un'operazione di tipo chirurgico, deve poter essere alimentato per un periodo di almeno 10-15 anni. Non è possibili infatti pensare di dover intervenire in maniera intrusiva sul paziente per operazioni di ricarica.

# WBAN

## BAN impiantabili

Alcune applicazioni (con requisiti di data rate diversi):

- ❑ Pacemaker per regolare il battito cardiaco e defibrillatori impiantati per trattare episodi di fibrillazione ventricolare (pochi kbps)
- ❑ Protesi che includono retine artificiali per persone cieche o il pacemaker del cervello per il morbo di Parkinson (pochi kbps)
- ❑ Capsule endoscopiche per fare la diagnosi del tratto intestinale (diversi Mbps)
- ❑ Sensori di parametri vitali in vivo per il monitoraggio della salute (pochi kbps)
- ❑ Attuatori in vivo, tipo pompe per l'insulina per diabetici e controllore della vescica (pochi kbps)

In genere, la comunicazione è tra i dispositivi impiantati e un controllore esterno (base station).

I data rate variano da pochi kbps come per il pacemaker a diverse Mbps per le capsule endoscopiche.

# WBAN

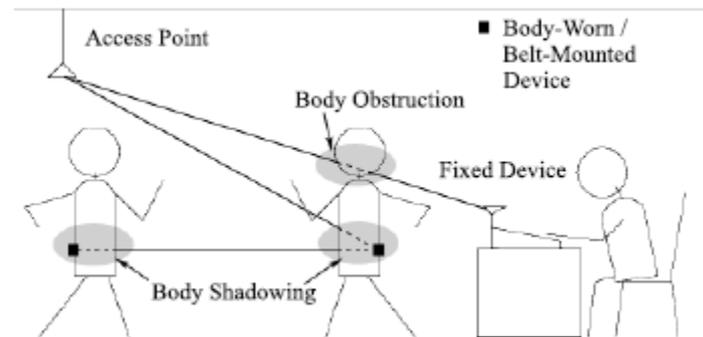
## BAN indossabili

### Requisiti meno stringenti dei BAN impiantabili:

- ❑ Modello del canale di trasmissione – Per i dispositivi “indossabili” il canale di trasmissioni è l'aria. I possibili disturbi sono legati alla stretta vicinanza del corpo umano da cui deriva un modello di canale multi-path.
- ❑ Miniaturizzazione dei dispositivi – Anche per le BAN “indossabili” uno dei requisiti fondamentali è la grandezza. La comodità d'uso diventa un punto fondamentale per la futura messa in commercio delle BAN.
- ❑ **Le antenne “tessili” (così chiamate per la loro flessibilità e per la loro capacità di essere inserite negli indumenti) sono una delle frontiere più promettenti ([http://www.esa.int/esaKIDSit/SEMBTIXRA0G\\_UsefulSpace\\_0.html](http://www.esa.int/esaKIDSit/SEMBTIXRA0G_UsefulSpace_0.html))**
- ❑ Sicurezza – Le emissioni di potenza saranno anche in questo caso limitate. Dispositivi flessibili, comodi e leggeri.
- ❑ Autonomia – I dispositivi “indossabili” presentano restrizioni meno forti rispetto agli “impiantabili”. Potranno essere dotati di batterie di vario tipo e dimensioni a seconda delle esigenze di progetto.

# WBAN

## Problema dell'effetto di ombreggiamento del corpo nelle comunicazioni body-to-body



Il corpo a frequenze dell'ordine dei GHz, assorbe tantissimo e quindi, attenua notevolmente ogni segnale che debba passare attraverso di esso.

Nel caso che il corpo faccia semplicemente da “ostruzione” ad un segnale che proviene da un access point, questo effetto c'è ma è notevolmente ridotto rispetto a quello che si chiama effetto di ombreggiamento del corpo:

- 1) Perché entrambi i corpi coinvolti possono contribuire all'attenuazione
- 2) La vicinanza dell'antenna che trasmette e il corpo fa sì che questa attenuazione riduca di molto anche i contributi di eventuali riflessioni (comunicazioni NLOS)

# WBAN

## Frequenze di utilizzo

Si può usare la banda ISM:

Questa può essere adatta per comunicazioni tra dispositivi indossabili, sia per applicazioni mediche che di uso commerciale e quando le data rate coinvolte non sono piccolissime

Esistono però altre bande riservate per applicazioni mediche:

- MICS (Medical Implanted Communication Service) -402-405 MHz
- WMTS (Wireless Medical Telemetry Service)

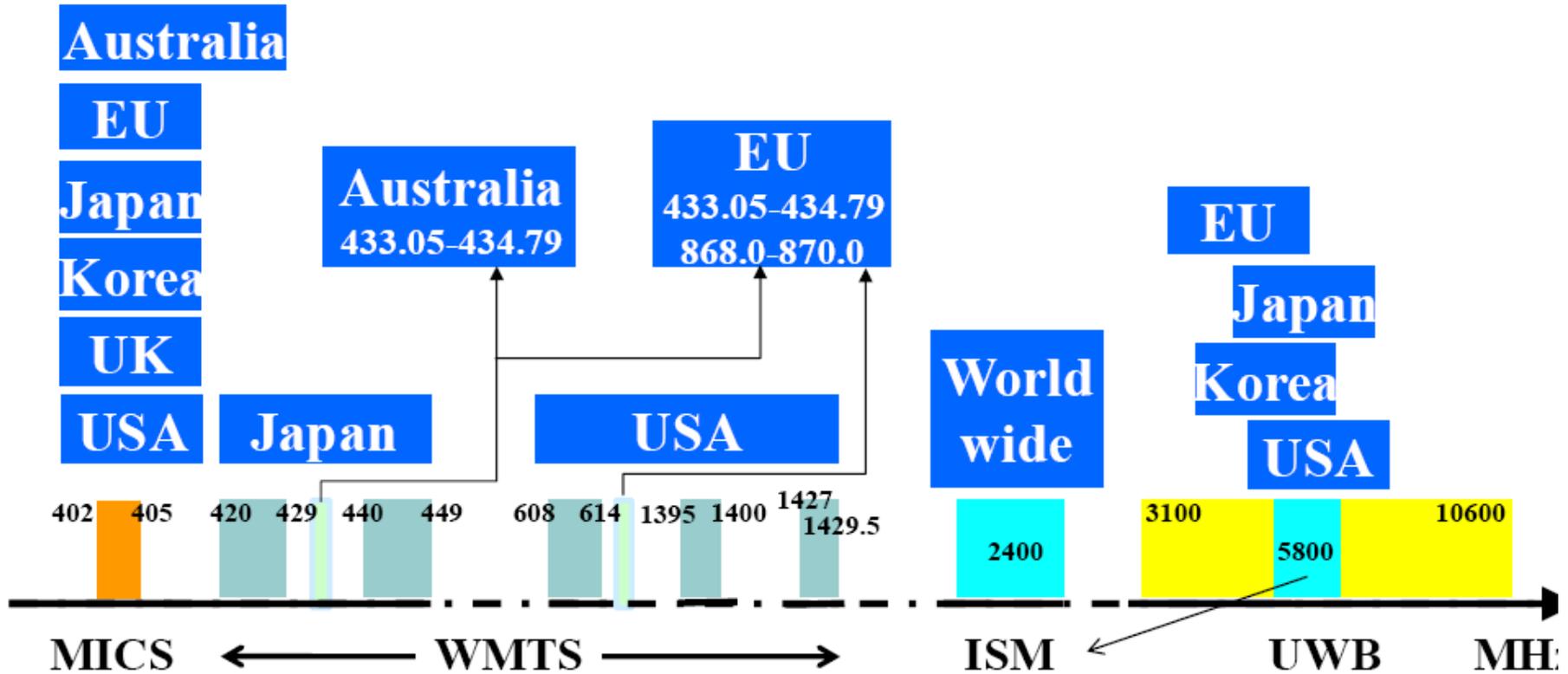
Esiste poi la tecnologia UWB che trasmette su una banda che va da 3.1 GHz a 10.6 GHz a livelli così bassi (densità spettrale di potenza bassa) da essere compatibile con tutti gli altri sistemi di comunicazione. Questa tecnologia, è come già detto, una delle candidate per WBAN.

# WBAN

Frequency (MHz)	Acronym	Suitability to BAN applications	
		Merits	Demerits
401~406	MedRadio	Worldwide availability, good propagation characteristics, quiet channel, medical only	Secondary usage, body-worn applications not allowed in 402~405 MHz core band, large antenna size, limited bandwidth, stringent rules
433.05~434.79	General Telemetry	Good propagation characteristics	EU/AU/NZ/SA only, crowded spectrum, large antenna, limited bandwidth
608~614 1395~1400 1427~1432	WMTS	Good propagation characteristics, medical only	Licensed secondary use limited to healthcare providers inside healthcare facilities in US, limited spectrum, heavily used
868~870	General Telemetry	Good propagation characteristics	EU only, limited spectrum, heavily used
902~928	ISM	Good propagation characteristics	US/Canada only, crowded spectrum
2400~2483.5 (2400~2500)	ISM	Worldwide availability, small antenna, large bandwidth	Crowded spectrum, many standards and technologies
5725~5850	ISM	Worldwide availability, small antenna, large bandwidth	Existing standards and technologies, severe attenuation
4200~4800 7250~8500	UWB	Worldwide availability, short range, low power, huge bandwidth	Coexistence with high data rate multimedia applications, severe attenuation

# WBAN

## Frequenze di utilizzo



# WBAN

## Frequenze di utilizzo

### Medical Implanted Communication Service

- ❑ Servizio a bassissima potenza per la trasmissione di dati nonvocali allo scopo di facilitare diagnosi o trattamenti terapeutici.
- ❑ La banda assegnata a tale servizio è quella dei 402-405 Mhz ed è condivisa con i servizi di telemetria satellitare.
- ❑ Limitazioni e normative da parte dei maggiori enti internazionali:
  - ETSI (European Telecommunications Standards Institute) limita la potenza emessa a 25 mW ERP (Effective Radiated Power).
  - FCC e ITU-R limitano la potenza emessa ad un massimo di 25 mW EIRP ( 2.2 dB meno dell'equivalente in ERP). Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)

# WBAN

## Frequenze di utilizzo

La FCC ( Federal Communications Commission), ente di controllo per le telecomunicazioni negli U.S.A., ha fatto una nuova assegnazione di frequenze adiacenti alla già esistente banda MICS.

□ 2MHz di spettro rispettivamente da 401 a 402 MHz e da 405 a 406 MHz.

Per poter accogliere un numero di dispositivi superiore rispetto ai soli “impiantati” ammessi nel MICS, la FCC permetterà l'utilizzo anche di quelli “indossabili”.

# WBAN

## Standardizzazione

Nel Gennaio 2008 viene creato il BAN Task Group come parte del gruppo delle WPAN per lavorare alla definizione dello standard



Quindi, lo standard fa parte della famiglia di standard IEEE802.15 e in particolare, lo standard che affronta le problematiche tipiche di reti WBAN è IEEE802.15.6

Nel Marzo 2009 è stata emessa una prima versione dello standard.

La versione definitiva dello standard è stata pubblicata a **Febbraio 2012**. Ma al momento, non si sono dispositivi commerciali, si utilizzano tecnologie come ZigBee, Bluetooth, ect..

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

IEEE802.15.6 supporta 3 PHY:

Narrowband PHY (NB)

E' ottimizzato per applicazioni mediche (in particolare, anche sensori impiantati, ma non solo) quindi, bassissimi consumi di potenza, QoS: principalmente legati alla sicurezza, alta complessità.

UWB

Per comunicazioni off-body/on-body

Bassi consumi di potenza, stringenti requisiti di QoS, media complessità

Human Body Communication (HBC) PHY

Per comunicazioni on-body (che utilizzano la propagazione a onde superficiali)

Bassi consumi di potenza, media complessità, stringenti requisiti di QoS

**La differenza principale nei tre casi, è il canale di propagazione**

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### NB PHY

- fornisce data rate variabili: 100-1000kbps (low-medium data rate) – permette di realizzare il trade-off tra range e rate
- Supporta multiple frequenze (frequenze basse per sensori impiantati e bassi data rate, frequenze più alte per sensori che richiedono maggiori data rate ma con meno stringenti requisiti di robustezza all'interferenza)
- Supporta minimo 10 (massimo 79) reti (pazienti) che lavorano simultaneamente, dove ogni rete supporta più sensori
- Permette la **coesistenza di diverse WBAN** e anche con altre tecnologie wireless (usando frequenze diverse o grazie alla robustezza fornita dal livello fisico, vedi dopo)
- Il progetto del PHY permette di lavorare con potenze di picco molto basse (batterie <3mA, 1V) e con bassa complessità. *Mantenere bassi i consumi è fondamentale sia per sensori impiantati che per sensori esterni ma che devono monitorare in modo continuo dei parametri. Nel caso di sensori per monitoraggio ambientale, il servizio può essere più intermittente e si può giocare molto di più con le modalità di sleep/wakeup (quindi, tecniche di risparmio energetico basate sul MAC). Nel caso di applicazioni mediche è più probabile che il monitoraggio sia continuo e quindi si deve minimizzare il più possibile a livello di progetto dei circuiti e della potenza in trasmissione.*

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### NB PHY

- In questa direzione, l'NB PHY prevede:
  - Uso di modulazioni differenziali (D-PSK) ruotate – L'uso della modulazione Differenziale-PSK permette di lavorare SENZA carrier estimation (un blocco in meno nel ricevitore!). Il fatto che sia ruotata permette di lavorare a bassi Peak to average-power-ratio e bassi SNR.
  - La modulazione differenziale trasmette solo le differenze di fase tra due segnali PSK successivi.
  - SRRC è la forma dell'impulso in trasmissione (Square-Root-Raised Cosine Filter).

Band (MHz)	Number of Channels	Modulation	Symbol Rate (ksps)	Code Rate (k/n)	Spreading Factor (S)	Pulse Shape	Information Data Rate (kbps)	Support
402 – 405	10	$\pi/2$ -DBPSK	187.5	51/63	2	SRRC	75.9	Mandatory
		$\pi/4$ -DQPSK			1		151.8	
		$\pi/8$ -D8PSK					303.6	
863 – 870 902 – 928 950 – 956	14	$\pi/2$ -DBPSK	250	51/63	2	SRRC	101.2	Mandatory
	60	$\pi/4$ -DQPSK			1		202.4	
	16						$\pi/8$ -D8PSK	
2360 – 2400 2400 – 2483.5	39	$\pi/2$ -DBPSK	600	51/63	4	SRRC	121.4	Mandatory
	79				2		242.9	
		$\pi/4$ -DQPSK			1		485.7	
							971.4	

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### DPSK

Se il bit da trasmettere è zero, la fase del segnale che si trasmette è di 180 gradi diversa da quel del simbolo precedentemente trasmesso.

Se trasmetto 1, la fase è la stessa del simbolo precedentemente trasmesso.

Esempio:

Sequenza in  
ingresso al  
modulatore

1 0 0 1 0 0 1 1

Fase  
trasmessa

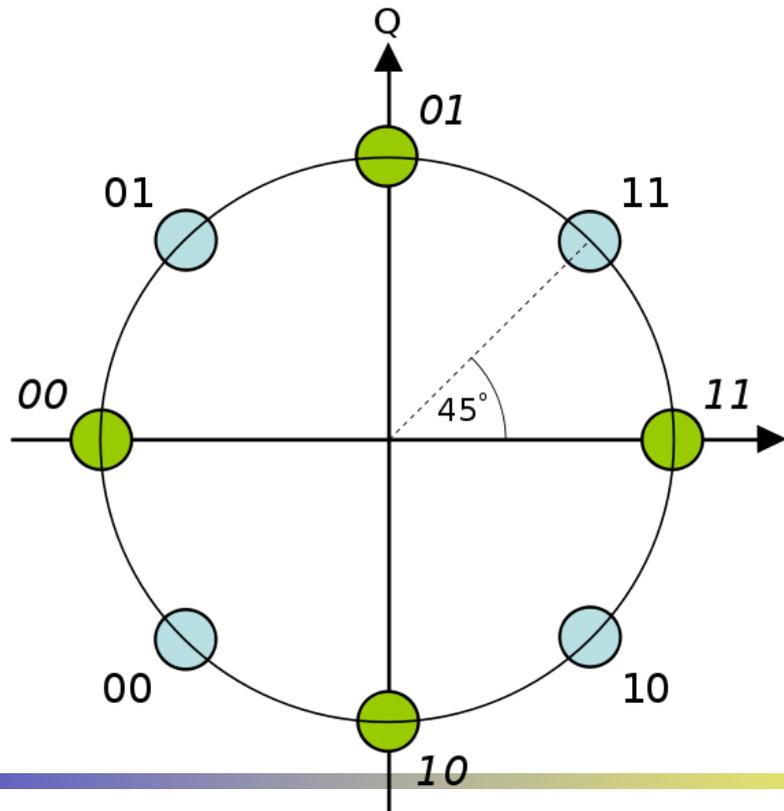
0 0  $\pi$  0 0  $\pi$  0 0 0

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### $\pi/4$ QPSK

Usa due identiche costellazioni, ruotate di  $\pi/4$ . Questo riduce la massima rotazione di fase tra due simboli successivi da  $180^\circ$  a  $135^\circ$ . Per esempio, il simbolo 11 viene preso dalla costellazione blu mentre il successivo simbolo 00 dalla costellazione verde.

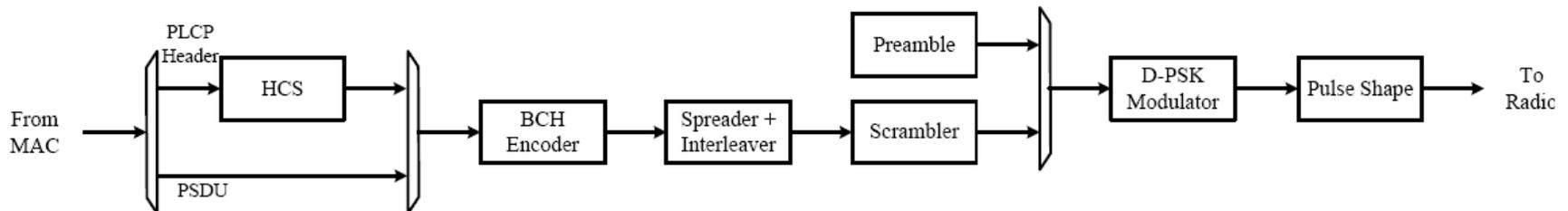


# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### NB PHY

- L'overhead è minimizzato
- Robustezza alle interferenza: ottenuta grazie ad un piccolo livello di spreading, e poi con un codice BCH di bassa complessità. I codici ciclici come i BCH si realizzano facilmente con registri a scorrimento. L'header prevede un BCH(31,16,t=3)
- La PSDU (PHY Service Data Unit) prevede: BCH(63,51,t=2), BCH(63,41,t=3), BCH(63,39,t=4)
- I vari schemi di codifica possono condividere parte dell'HW (non devo implementare diversi codificatori per i tre schemi)
- HSC: Header Check Sequence

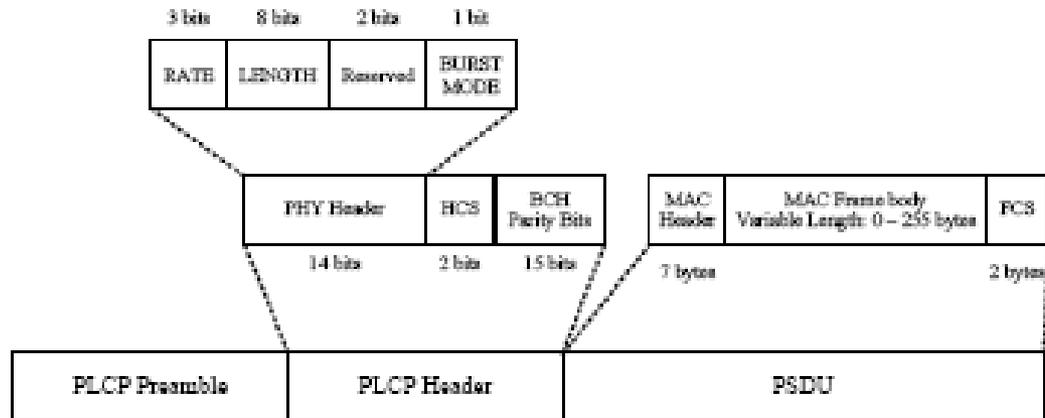


# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### NB PHY

- La PHY Packet Data Unit (PPDU) comprende tre componenti:
- Preambolo della PLCP (Physical Layer Convergence Protocol): usato per la sincronizzazione, il recupero dell'offset di frequenza
  - PLCP header: porta informazioni per decodificare la PSDU
  - PSDU: MAC header + MAC frame body (ossia l'informazione da trasportare) + Frame Check Sequence



# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### UWB PHY

□E' basato sull'IR-UWB (Impulse Radio, UltraWideBand) (opzionale, FM-UWB, Frequency Modulated UWB)

### IR-UWB

–Modulazione: OOK (mandatory) –Pulse Position Modulation (PPM) or Group PPM (non-linear block code), D-BPSK and D-QPSK (optional)

–Scalable data rates: 395 kbps –12.636 Mbps (mandatory mode)

-utilizza canali di larghezza = 499.2 MHz

–11 canali fisici sono definiti: 3 a bassa frequenza (3-5 GHz), 8 a alta frequenza (6-10 GHz)

–Dentro ogni canale fisico, 4 canali logici sono specificati usando preamboli unici e un unico codice di Time-Hopping.

Di fatto, si basa sullo standard IEEE802.15.4a (per WPAN a basso data rate con capacità di ranging e localizzazione), con opportune modifiche

# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### UWB PHY

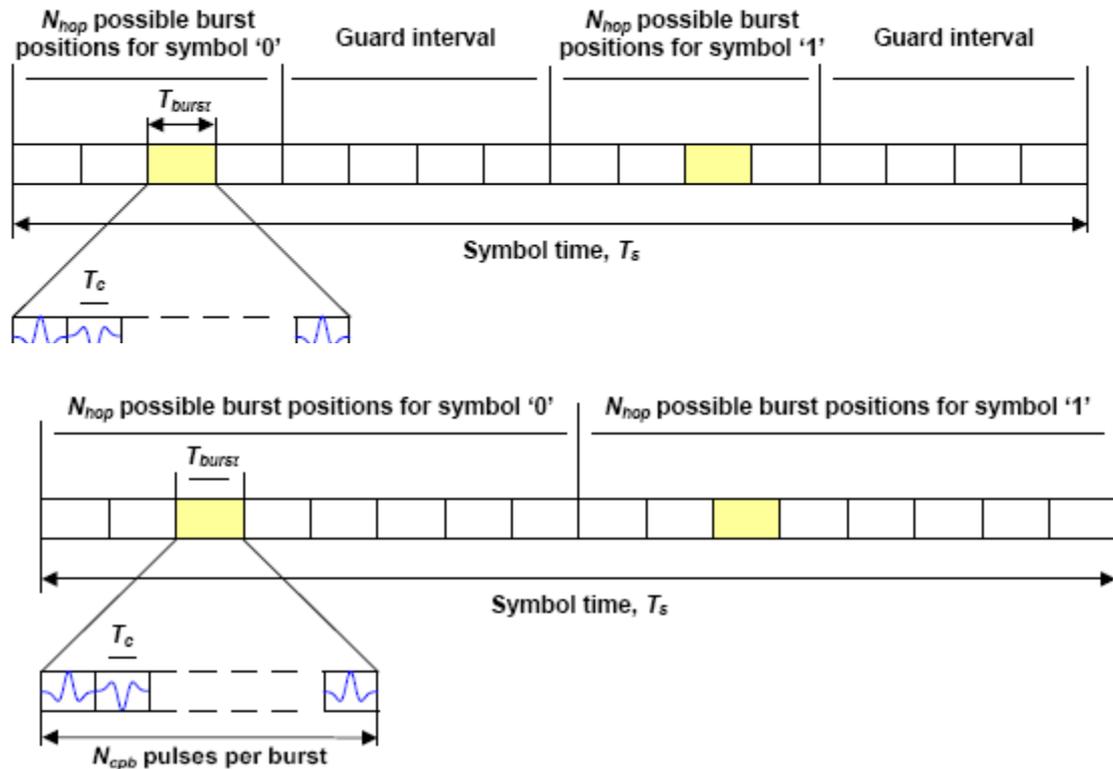
#### IR-UWB

La struttura del simbolo 802.15.4a è fatta per un range molto maggiore delle WBAN (0-30 m):  $\Rightarrow$  50% della durata del simbolo è riservato al Guard Interval (GI) che serve per proteggere dall'ISI.

Tuttavia, questo GI è eccessivo per i tipici valori di delay spread di canali WBAN



struttura ottimizzata per canali BAN: si elimina il GI e si protegge da eventuale ISI attraverso l'uso del TH.

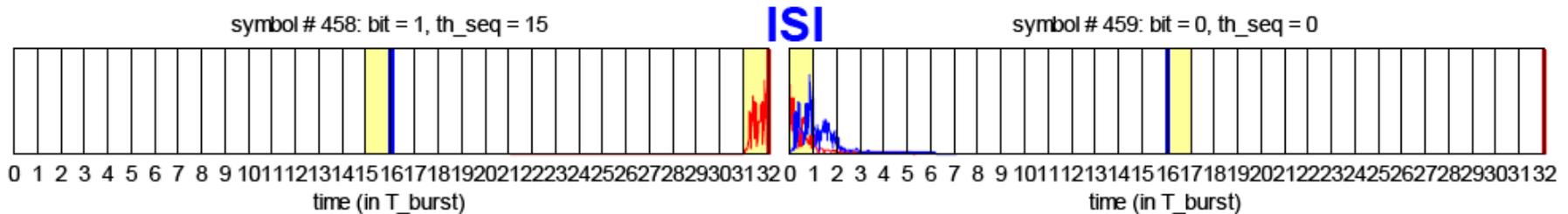


# WBAN

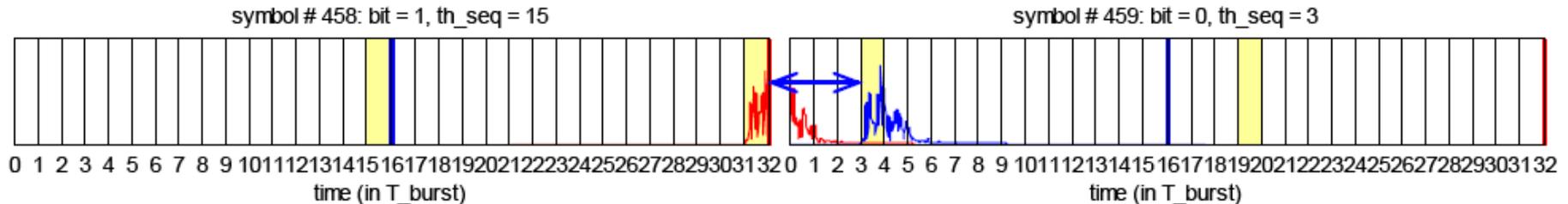
## IEEE802.15.6 - PHY

### UWB PHY

#### IR-UWB



Posso eliminare l'ISI scegliendo una opportuna sequenza di TH (nell'es. la sequenza th\_seq=3) in cui il simbolo 0 del secondo simbolo viene posizionato in un timeslot diverso da quelli affetti da ISI

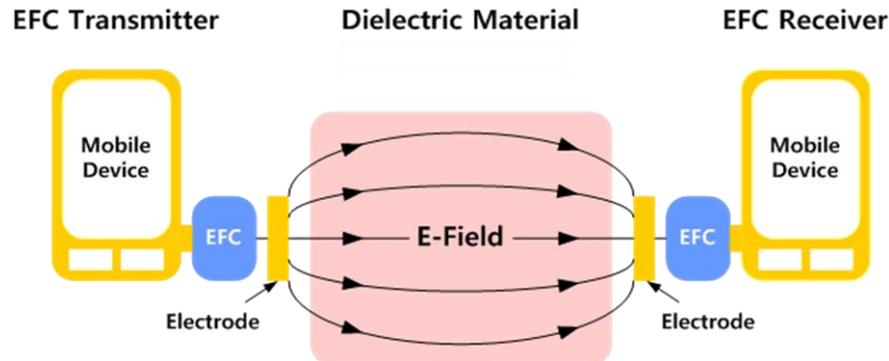


# WBAN

## IEEE802.15.6 - PHY

### Human Body Communication (HBC) PHY

- ❑ I sistemi sono accoppiati al corpo umano via un elettrodo
- ❑ Si sfrutta l'Electric-Field-Communication (EFC)
- ❑ Il segnale “viaggia” sulla superficie della pelle (le misure rivelano che la pathloss è minore di quella che avrei se facessi la comunicazione utilizzando il canale radio senza usare il “corpo” come conduttore)



- ❑ Prevede solo due canali: uno con frequenza 21MHz e uno con frequenza 32MHz
- ❑ Le data rate sono scalabili: 164-1312.5 kbps (a 21MHz), 250-2000kbps (a 32MHz)
- ❑ Modulazione: frequency – selective spreading codes (Walsh Codes + NRZ(Non-Return-to-Zero))

