

Una banda 'ultra larga'

Ogni rivoluzione è caratterizzata dalla nascita e contrapposizione di soluzioni diverse. Nel mondo wireless una tecnologia emergente è l'UWB-Ultra Wide Band

MARIANO SEVERI (*)

Nel settore delle comunicazioni l'ultimo decennio è stato senza dubbio caratterizzato dalla 'rivoluzione wireless', risposta alla crescente necessità di una connettività globale. Ormai non sembra poi tanto lontana la prospettiva di potersi muovere liberamente nel proprio ambiente di lavoro, accedendo dovunque alle risorse della rete aziendale, senza la necessità di una connessione cablata per inviare fax, stampare documenti e condividere applicazioni. Allo stesso modo, si potranno trasmettere contenuti multimediali di alta qualità a diverse postazioni mobili e ascoltare la propria musica preferita da ogni stanza dell'abitazione.

Come ogni altra rivoluzione, anche quella wireless è stata caratterizzata dalla nascita, a volte caotica, e dalla contrapposizione di soluzioni di diversa natura. Tra queste, una delle tecnologie che negli ultimi anni ha destato maggiore interesse è stata l'UWB (Ultra Wide Band), letteralmente 'banda ultra larga'.

Trasmissione a banda ultra larga

In ambito comunicazioni, un sistema si definisce a banda larga ('wideband') se la larghezza di banda del messaggio è significativamente maggiore della larghezza di banda di coerenza del canale, la quale rappresenta una misura statistica dell'intervallo di frequenze, entro il quale il canale stesso si può considerare piatto ('flat'). All'interno della banda di coerenza del canale, quindi, due frequenze distinte sono idealmente soggette allo stesso 'sbiadimento' ('amplitude fading'), ovvero alla stessa deviazione

dall'attenuazione attesa. Secondo la definizione fornita dalla Commissione federale americana sulle comunicazioni (Federal Communications Commission) si può considerare a banda ultra larga (UWB) un segnale con banda superiore a 500 MHz o al 20 per cento della sua frequenza centrale. Rientrano quindi in questa definizione diverse tecnologie.

I sistemi UWB più semplici si basano su tecniche spread-spectrum (letteralmente 'espansione dello spettro'). Il messaggio viene modulato così da avere una larghezza di banda maggiore di quella dell'informazione ad esso associata. I vantaggi principali di queste tecniche includono una limitazione della densità di flusso spettrale del segnale, un migliore rapporto segnale/rumore, una maggiore tolleranza a interferenze e jamming, la possibilità di condividere il canale tra diversi utenti e per alcune applicazioni, il supporto per comunicazioni sicure.

Le prime soluzioni UWB spread-spectrum adottavano particolari schemi di time-hopping. In questo caso, i simboli da trasmettere sono rappresentati mediante sequenze di impulsi piuttosto stretti, dell'ordine di 3 ns, la cui posizione all'interno di predefinite e più ampie finestre temporali varia in maniera pseudo-casuale. Il segnale viene correlato quindi al nodo ricevitore con una forma d'onda di riferimento per ricostruire il simbolo trasmesso. In alternativa, sono state proposte in letteratura soluzioni denominate TR-UWB (Transmitted-Reference UWB), basate sulla trasmissione di due impulsi per bit. Di questi, il primo, trasmesso senza alcuna modulazione, definisce il riferimento rispetto al quale correlare il secondo, per dedurre l'informazione associata. Tale soluzione offre

una più elevata immunità al rumore, semplifica le procedure di stima del canale, ma riduce della metà la frequenza di trasmissione dati disponibile per l'utente. Versioni più sofisticate dell'UWB spread-spectrum usano invece modulazione a sequenziamento diretto DSS (Direct-Sequence Spreading). In questo caso, i bit di informazione sono trasformati mediante una sequenza di codici di pseudo-rumore, denominati chirp, aventi durata significativamente inferiore al tempo di bit, così da espandere lo spettro del messaggio. I simboli risultanti sono usati, infine, per modulare in fase, ad esempio, una portante sinusoidale. Lo svantaggio delle soluzioni spread-spectrum è l'occupazione dell'intera banda del canale. Per questo, sono state sviluppate, in alternativa, soluzioni UWB mediante adozione di bande multiple e trasmissione multi-portante nello spettro. I vantaggi principali di queste soluzioni sono la minore complessità di progetto, la riduzione della potenza dissipata in una banda più stretta, la semplificazione delle procedure di equalizzazione di canale, l'attenuazione dell'interferenza inter-simbolo grazie alla definizione di opportuni intervalli di guardia.

Una delle principali tecniche multi-portante usate per applicazioni UWB è l'Ofdm (Orthogonal frequency-division multiplexing). In questo caso, l'informazione viene decomposta e trasmessa su diversi canali, associati alle diverse portanti, mediante modulazioni di tipo tradizionale, come QAM (Quadrature Amplitude Modulation) o PSK (Phase-Shift Keying). La frequenza di simbolo su ognuna è dunque minore della frequenza dell'informazione alla sorgente. Lo standard WiMedia, in particolare, è basato su uno schema UWB di tipo Ofdm multi-banda.

Meno diffusi rispetto a quelli finora citati sono gli schemi di modulazione UWB mediante chirp. Un chirp è un segnale la cui frequenza varia nel tempo. Nelle trasmissioni digitali sono tipicamente usate forme d'onda sinusoidale, la cui frequenza viene incrementata o decrementata in funzione del bit da trasmettere nello specifico periodo. Schemi di questo tipo sono stati spesso usati in passato in applicazioni radar. I vantaggi principali sono una semplificazione della logica di generazione del segnale modulato e una riduzione degli effetti di multi-path.

Più di recente, infine, sono state valutate soluzioni UWB che adottano antenne Mimo (Multiple input- multiple output) per migliorare il rapporto segnale-rumore. Il guadagno teorico, in questo caso, è dato dal prodotto del numero delle antenne di trasmissione e ricezione.

Vantaggi della tecnologia UWB

Il vantaggio principale delle tecnologie UWB è la maggiore capacità di canale a parità di rapporto segnale-rumore rispetto ad altre soluzioni. La figura 1 mostra l'ambito di applicazioni delle tecnologie UWB nel panorama attuale dei sistemi di comunicazione dati. La capacità di un canale è definita come il valore massimo per la frequenza di informazione che è possibile trasmettere sul canale stesso. Come ampiamente dimostrato dal teorema

di Shannon, infatti, la capacità di un canale dipende linearmente dalla sua banda e dal logaritmo del rapporto segnale-rumore. Avendo quindi una banda di canale maggiore, i sistemi UWB rendono disponibile una maggiore capacità di trasmissione dati. La tendenza, del resto, a definire standard di trasmissione a banda sempre più ampia si era già evidenziata nella transizione dai sistemi tradizionali basati su metodi Cdma (Code division multiple access), operanti intorno a 1,25 MHz alle reti Wwan (Wireless wide area network) specificate nella banda tra 5 e 40 MHz.

Volendo vedere la stessa questione da un'altra prospettiva, i sistemi UWB offrono la stessa capacità di trasmissione dati delle soluzioni a banda stretta, ma con un rapporto segnale-rumore e, quindi, una potenza emessa per

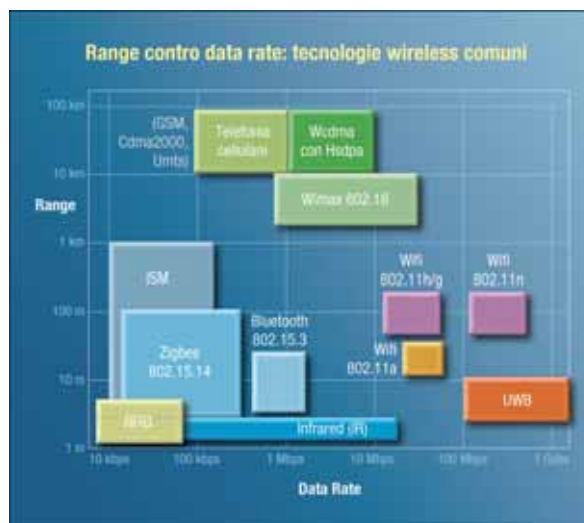


Fig. 1: Ambito di applicazione di UWB

bit significativamente inferiore. Considerando una dissipazione di potenza attiva tipica di 500 mW e una capacità di 100 Mbps, nel caso di UWB si ha una potenza di trasmissione per bit di soli 5 mW/Mbps. Tale parametro vale invece 25 mW/Mbps nel caso di Wifi (avendo considerato una capacità di trasmissione di 20 Mbps per le specifiche basate su Ieee 802.11b/g) e 50 mW/Mbps per Bluetooth. La trasmissione di 1 GB di dati con tecniche UWB Ofdm, nelle condizioni citate, richiederebbe allora circa 90 secondi e 40 J di potenza complessiva; con una connessione Wifi sarebbero necessari oltre 6 minuti e 200 J, mentre nel caso di sistemi Bluetooth si arriva a impiegare oltre 2 ore e 400 J.

Oltre a consentire maggiore capacità di canale, i sistemi UWB evidenziano una minore frequenza di errore e d'interferenza inter-simbolo. La possibilità di stimare il 'tempo di volo' del segnale tra trasmettitore e ricevitore alla frequenza specifica di lavoro, oltretutto, consente di ridurre significativamente i problemi di multi-path.

Lavorare con bassi rapporti segnale-rumore permette inoltre di confondere il segnale UWB con il rumore di fondo di altre tecnologie, consentendo l'interoperabilità

con queste all'interno di una stessa banda. Le specifiche FCC impongono per le tecnologie UWB un livello di emissività di $-41,3$ dBm/MHz, che è lo stesso di quanto imposto a radiatori tipici, come computer o phon per capelli. Il limite di emissione in banda per UWB è dell'ordine dei nW/MHz; è dell'ordine dei mW/MHz per Bluetooth e aumenta a mW/MHz per le tecnologie Wpan (Wireless personal area network).

L'ampia banda dei segnali UWB corrisponde inoltre a una stretta risoluzione nel dominio del tempo. Questo permette di sviluppare soluzioni di ranging a elevate prestazioni, laddove analoghe applicazioni in banda stretta consento-

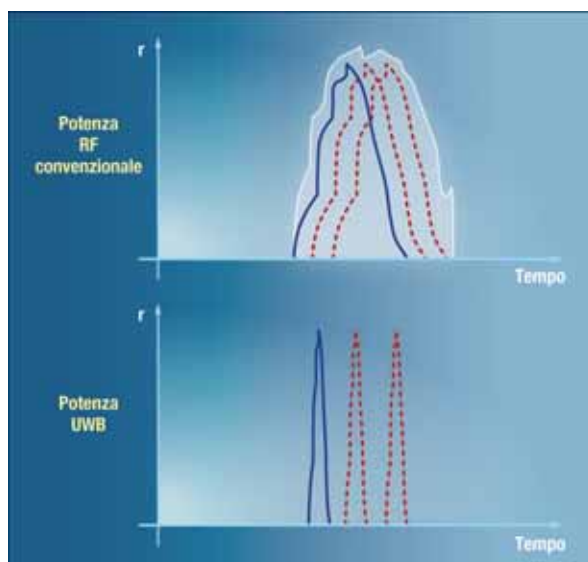


Fig. 2: Forma del segnale al ricevitore (in rosso i termini per multi-path)

no di raggiungere risoluzioni spaziali al più dell'ordine dei metri a causa delle interferenze di multipath. Diversamente la breve durata degli impulsi UWB evita che i segnali provenienti da riflessioni per multi-path si sovrappongono con il segnale diretto (figura 2).

Un percorso non facile

La tecnologia UWB era stata annunciata ai primi di questo secolo come la panacea della comunicazione wireless, adattandosi indistintamente a due diversi scenari: da un lato, le comunicazioni a corto raggio, per le quali non esisteva ancora una soluzione a elevata capacità di trasmissione dati e bassa potenza emessa; dall'altro, le connessioni a basso data rate su lunghe distanze per applicazioni con alimentazione a batteria. Le prospettive sembravano piuttosto interessanti. Tra il 2007 e il 2008 sono anche state dimostrate diverse soluzioni. La tecnologia Cwave di Pulse-Link, ad esempio, era riuscita a raggiungere a livello prototipale una capacità di trasmissione di 675 Mbps, corrispondenti a un bit rate utente di 500 Mbps, con un livello applicativo basato su protocollo TCP. Più o meno contemporaneamente (febbraio 2008), Radiospire aveva presentato le soluzioni AirHook, in grado di arriva-

re addirittura a 1,6 Gbps, anche in presenza di ostruzioni e indipendentemente dall'orientamento delle antenne, supportando in questo modo la trasmissione simultanea in formato non compresso di un canale video con risoluzione 1.080 p e otto canali audio. Le prove di laboratorio avevano dimostrato l'assenza di latenza tale da disturbare la corretta riproduzione del video e un'immunità al rumore compatibile con una buona qualità dell'immagine. La tecnologia si era anche rivelata interoperabile con i sistemi Wifi.

AirHook di Radiospire si basava su uno schema Ofdm con 512 portanti e modulazione 16 QAM nello spettro tra 3,1 e 4,8 GHz, che assicura una capacità del canale di 2,2 Gbps. L'adozione di opportune tecniche di correzione di errore permetteva di garantire una frequenza di trasmissione per l'utente di fino a 1,6 Gbps. Il segnale in banda base era a 850 MHz, con sovra-campionamento in ricezione a 1,92 Gsample/s.

Per diversi motivi, però, i risultati della commercializzazione delle tecnologie UWB non hanno tenuto fede alle aspettative. Gli ostacoli principali si devono riconoscere nella mancanza di una 'killing application' che abbia saputo trascinare il mercato. A ciò si aggiungono alcune difficoltà tecnologiche non banali, che hanno limitato significativamente le prestazioni dei dispositivi commercializzati rispetto alle soluzioni dimostrative. Altro problema: i costi di produzione, che non sono riusciti a calare. Non si può negare che in qualche misura possa aver frenato l'ascesa di queste soluzioni anche la crisi che ha attanagliato l'intero settore delle tecnologie tra il 2008 e il 2009, i cui strascichi (supposto che si possa oggi iniziare a parlare di ripresa) continuano comunque a sentirsi.

Secondo una ricerca di InStat, nel 2007 sono stati distribuiti sul mercato soltanto 100 mila chipset per applicazioni UWB, laddove le proiezioni iniziali indicavano una quota di mercato che, entro il 2012, avrebbe dovuto superare i 190 milioni di componenti. Le prime soluzioni single-chip sono apparse soltanto nel 2008 con costi intorno ai 20 dollari, troppo elevati per poter consentire l'ingresso sul mercato di applicazioni consumer, ad esempio nei computer portatili. A seguito della mancanza di adeguati profitti, nel novembre del 2008 WiQuest, una delle principali startup del settore, nata all'ombra dei giganti dell'elettronica, si è ritirata dal mercato. Con oltre 120 dipendenti e un investimento di 54 milioni di dollari, rappresentava una delle aziende di riferimento nello sviluppo di chipset per applicazioni UWB. Nel febbraio del 2009 sorte analoga è toccata a Tzero Technologies; altre compagnie, tra cui Argini e Staccato, si sono invece fuse per evitare il fallimento. Molti delle grandi major hanno infine disinvestito nel settore.

Per quanto riguarda il prossimo futuro, è evidente che saranno importanti soprattutto le mosse del consorzio WiMedia, al momento l'organo di riferimento per la tecnologia UWB. All'orizzonte iniziano già ad affacciarsi le nuove soluzioni a 60 GHz, che dovrebbero coprire molti dei campi di UWB, ad esempio per quanto concerne le

applicazioni multimediali, con il nuovo standard WirelessHD. Esso, strano a dirsi, include tra i suoi promotori proprio alcune delle principali compagnie che avevano dato vita a WiMedia.

Tentativi di standardizzazione

A dispetto di quanto si possa pensare la tecnologia UWB non è affatto recente, tanto che i primi esperimenti di trasmissioni di questo tipo risalgono addirittura agli anni '70. Tuttavia, è stato solo con l'autorizzazione delle trasmissioni UWB nella banda tra 3,1 e 10 GHz da parte di FCC che il settore ha visto una significativa crescita d'interesse. Diversi sono stati i tentativi di standardizzazione di UWB. La mancata approvazione di uno standard condiviso, però, ha rappresentato uno dei principali freni all'affermarsi della tecnologia.

All'interno del gruppo di lavoro Ieee 802.15, dedicato alle soluzioni per reti Wpan, in particolare, furono istituite le Task Force 802.15.3a e 802.15.4a per la definizioni dei

oggi maggiormente si interessa alla definizione di soluzioni UWB per trasmissioni dati ad alta frequenza. Lo standard proposto da WiMedia è stato sottoposto nel 2005 a Ecma (European computer manufacturers' association), l'organizzazione che dal 1961 si occupa della standardizzazione delle tecnologie nel settore dell'informazione e delle comunicazioni. Le specifiche dei livelli fisico e MAC sono state approvate all'interno dello standard Ecma-368. Il solo livello fisico è stato inoltre descritto nella specifica Ecma-369, dove è pure stata suggerita un'interfaccia con il MAC, al fine di favorire l'interoperabilità fra i produttori. Infine, nel 2009 WiMedia ha annunciato di aver raggiunto un accordo per trasferire le proprie specifiche al SIG (Special Interest Group) Bluetooth, a Wireless USB Promoter Group e USB Implementers Forum. L'obiettivo è la definizione di un comune livello fisico e MAC su cui poggiare diverse tecnologie mediante strati di adattamento del protocollo (figura 3). La specifica WiMedia opera nello spettro tra

3,1 e 10 GHz, dove le comunicazioni UWB sono state autorizzate da FCC. Divide lo spettro in 14 bande di frequenza di larghezza 518 MHz, raggruppate in sei diversi gruppi. La capacità di trasmissione specificata su corto raggio è compresa tra 53,3 e 480 Mbps. La modulazione è basata su uno schema MB-Ofdm multi-banda con fino a 100 portanti per la trasmissione dei dati in ogni banda e dieci frequenze di guardia. In ogni gruppo è adottata una scheda di frequency-hopping con sequenze di salto distinte note come Time Frequency Code (TFC); le modulazioni sono di tipo Qpsk o DCM (Dual Carrier Modulation) in funzione della frequenza di trasmissione selezionata. Per ridurre la frequenza di errore sono usati codifica convoluzionale,

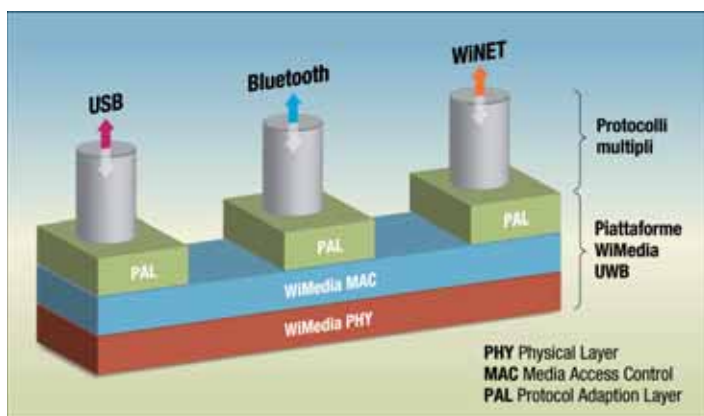


Fig. 3: Supporto multi-protocollo in WiMedia per connettività flessibile a corto raggio ed elevata banda

livelli fisici per sistemi UWB, rispettivamente, in applicazioni a elevata e a bassa frequenza di trasmissione. In questo secondo ambito è stata standardizzata una soluzione basata su tecniche DSS per sistemi di ranging; il primo dispositivo basato sullo standard e certificato in Europa e Giappone è stato presentato da Nanotron nel 2008. Soluzioni analoghe dovrebbero essere rese disponibili entro la fine del 2010 da DecaWave.

Per le applicazioni a elevata frequenza, invece, la Task Force non fu in grado di trovare un accordo tra due opposte correnti di pensiero che si erano create, sulla spinta anche di diversi know-how aziendali. Il gruppo, dunque, fu definitivamente dichiarato decaduto nel 2006. Freescale, spin-off di Motorola, spingeva per una soluzione basata su tecniche Cdma, mentre un raggruppamento di cui facevano parte tra gli altri Intel, Texas Instrument, Nokia, ST Microelectronics, Hewlett-Packard, Philips (ora NXP), Samsung Electronics e Sony puntava a una soluzione di tipo Ofdm. Ne nacquero due diverse iniziative: UWB Forum, che ebbe vita breve, e MB-Ofdm Alliance, confluita in WiMedia Alliance, il consorzio che

punturing e interleaving. Il MAC adotta uno schema di accesso di tipo Tdma, denominato DRP (Distributed Reservation Protocol), o Cdma, denominato PC Prioritized Contention Access. La comunicazione è strutturata in super-frame, che consistono di 256 finestre temporali di durata 256 us. Ogni dispositivo può riservare un insieme di slot per trasmissioni unicast, multi cast o broadcast; in questo modo, possono essere garantiti adeguati livelli di qualità del servizio per applicazioni critiche, come quelle di streaming multimediale. È previsto lo scambio di 'beacon frame' per ogni superframe per il coordinamento della rete; la trasmissione può essere codificata mediante algoritmi AES con chiavi a 128, con un meccanismo di scambio a quattro vie per stabilire la chiave della sessione sulla base di chiavi private condivise. Per le applicazioni a ridotta dissipazione di potenza è prevista una modalità di ibernazione del nodo. ■

(*) fonti: G. Heidari, *WiMedia UWB*, John Wiley&Sons, Ltd 2008; Wong Chong et alii *Wireless Broadband Networks*, John Wiley&Sons, Ltd 2009; www.wimedia.org