



Fig. 2 - BER (Bit Error Correction): mediante l'esecuzione di un'operazione logica di Xor su ciascun byte di dati e la trasmissione della relativa somma di controllo come ultimo byte di ciascun pacchetto, i sistemi WirelessUSB possono ricevere dati senza errori, anche a frequenze caratterizzate da elevati livelli di interferenza

rosi dispositivi destinati ad applicazioni industriali e commerciali.

Soluzioni a 433 MHz

Esistono alcune bande di frequenza che molti governi assegnano per l'utilizzo in applicazioni ISM e consumer: tra queste le più diffuse sono quelle attorno a 27 e 433 MHz. Sebbene possano essere sfruttate vantaggiosamente per alcune applicazioni, tali frequenze presentano alcuni svantaggi. Diverse porzioni dello spettro RF comprese tra 433 e 435 MHz sono disponibili per l'uso senza licenza in differenti Paesi. In alcune nazioni il limite alla potenza trasmessa è 1 mW, mentre in altri tale limite è innalzato a 10 mW. Le differenze tra Paese e Paese sussistono anche in termini di massimo duty cycle del trasmettitore (alcuni impongono limitazioni a questo parametro, altri no) e di utilizzo di tali frequenze per la trasmissione di dati audio (proibito in alcuni Paesi europei).

Nonostante tali differenze, i produttori di dispositivi elettronici consumer hanno trovato il modo di impiegare que-

sto spettro per offrire alcuni servizi ai propri clienti. Ad esempio la banda a 433 MHz viene utilizzata per apricancelli per garage e sistemi di apertura senza chiavi, solo per citare due tra le innumerevoli applicazioni.

Alcune caratteristiche di questa banda la rendono particolarmente indicata per applicazioni a basso throughput, in particolare modo per quei prodotti esplicitamente destinati a un singolo mercato. Tra le principali si possono annoverare le seguenti:

- basso costo - sebbene i trasmettitori e i ricevitori devono essere progettati a partire da singoli componenti, il costo complessivo è limitato. Parecchi produttori rendono disponibili sottosistemi IF di ricezione, mentre i trasmettitori possono essere realizzati mediante transistor discreti e componenti passivi;
- range adeguato - è possibile effettuare in maniera affidabile una trasmissione dati a una distanza uguale o superiore a 10 m: una trasmissione su distanze più lunghe comporta una riduzione del throughput o dell'ampiezza di banda.

Al crescere della complessità dei dispositivi elettronici - e quindi delle aspettative degli utilizzatori - la banda a 433 ha iniziato a evidenziare alcune lacune tra cui:

- limitatezza dell'ampiezza di banda a disposizione per un singolo canale: in molti casi per realizzare soluzioni di

costo contenuto non è possibile superare la velocità di trasferimento di 10 kbps;

- la ridotta ampiezza dello spettro disponibile pone severe limitazioni al numero di canali disponibili, anche se ciascuno di essi utilizza una porzione dello spettro molto inferiore al massimo consentito. Ciò comporta una riduzione del numero di dispositivi che possono operare contemporaneamente all'interno di una stessa area. Dal punto di vista dei produttori sussistono ulteriori svantaggi:

- carenza di standard riconosciuti a livello mondiale, il che comporta la necessità di produrre differenti versioni dello stesso prodotto a seconda del mercato di destinazione. Queste versioni possono utilizzare differenti frequenze, oppure essere caratterizzata da una diversa potenza di uscita in RF;
- esistono pochi standard a "livello di sistema" per i dispositivi operanti in questa banda, per cui gli sviluppatori sono costretti a realizzare "ad hoc" il design della radio. Essi devono dunque selezionare uno schema di modulazione, il protocollo e così via e sviluppare il progetto del ricevitore e del trasmettitore della radio a partire da componenti standard: in pratica, viene precluso l'utilizzo di un integrato radio e di un protocollo standard. Tutto questo comporta un allungamento dei tempi di progetto e un aumento dei costi - e dei rischi - dell'intero processo di sviluppo.
- in generale il prodotto deve essere collaudato e/o certificato da differenti enti normatori per l'utilizzo nei principali mercati mondiali: ciò ha un impatto negativo sui costi e sui tempi.

Lo standard Bluetooth

Bluetooth è lo standard per reti Wpan (Wireless Personal Area Network) sviluppato da Bluetooth Sig (Special Interest Group). Bluetooth è un protocollo che adotta la tecnica denominata "frequency hopping" (a salto di frequenza) e opera nella banda ISM a 2,4 GHz. Bluetooth supporta fino a otto dispositi-

vi all'interno di una piconet ed è prevista la possibilità di collegare più piconet all'interno di una scatternet. Parecchi costruttori di Pda e telefoni cellulari hanno adottato lo standard Bluetooth per molteplici ragioni tra cui:

- standardizzazione a livello di sistema: Bluetooth Sig ha definito i profili Bluetooth per ciascun modello d'utilizzo il che garantisce l'interoperabilità tra i dispositivi di costruttori differenti;
- ampiezza di banda – questo standard garantisce una velocità di trasferimento dati massima di 723 kbps, molto superiore rispetto a quella ottenibile nella banda ISM a 433 MHz;
- sicurezza: Bluetooth integra algoritmi di autorizzazione e autenticazione, oltre a un algoritmo di cifratura base;
- range – la distanza di comunicazione massima di Bluetooth è all'incirca pari a 100 m con una potenza di trasmissione di 100 mW, ovvero la massima potenza di trasmissione consentita nella banda ISM a 2,4 GHz.

Sebbene Bluetooth abbia trovato terreno fertile in tutti quei casi in cui è richiesta l'interoperabilità tra dispositivi di produttori diversi, esso è troppo costoso e assorbe potenze elevate per proporsi come alternativa ai tradizionali cavi per parecchi dispositivi elettronici. Di seguito vengono evidenziati alcuni degli svantaggi legati all'impiego di Bluetooth come sostituto dei cavi tradizionali:

- notevole overhead (banda occupata da informazioni diverse dai dati veri e propri) a livello di protocollo – Ciascun dispositivo Bluetooth contiene diversi strati del protocollo: anche un semplice mouse Bluetooth enabled contiene almeno quattro strati del protocollo;
- costi elevati – il costo di una soluzione Bluetooth si può stimare intorno ai cinque dollari, a causa della necessità di ricorrere a un microprocessore di fascia alta e di ottenere le licenze del protocollo;
- dissipazione di potenza – a causa della presenza del microprocessore e del continuo traffico in transito sulla rete, la durata delle batterie dei dispositivi Bluetooth è uguale o inferiore a tre mesi.

Protocollo "lightweight" a 2,4 GHz

Sebbene i dispositivi operanti a 433 MHz e Bluetooth siano in grado di soddisfare le aspettative in numerosi tipi di applicazioni, essi risultano o limitati in termini di prestazioni o eccessivamente complessi e costosi per essere utilizzati in sostituzione dei tradizionali cavi in numerosi componenti elettronici destinati al mercato consumer. Nello sviluppo delle nuove tecnologie per il mondo wireless si è tenuto conto del fatto che un protocollo di networking complesso (come ad esempio Bluetooth) non è

necessario per le applicazioni punto-punto più semplici (mouse, tastiere e, in generale, dispositivi elettronici consumer). Queste tecnologie di nuova concezione, inoltre, possono essere sfruttate anche per i componenti connessi in rete utilizzati in ambito industriale.

Le tecnologie che utilizzano la banda ISM a 2,4 GHz possono vantare numerosi vantaggi rispetto a quelle che impiegano la banda ISM a 433 MHz, tra cui:

- standardizzazione delle regole – molti Paesi hanno adottato regole simili per la banda ISM a 2,4 GHz, grazie al lavoro svolto dai gruppi che hanno sviluppato gli standard 802.11 e Bluetooth, che hanno operato a stretto contatto con gli enti normatori delle varie nazioni per cercare di armonizzare le regole stesse. I dispositivi che adottano le tecnologie a 2,4 GHz possono quindi essere commercializzati in tutto il mondo senza la necessità di apportare modifiche alla frequenza o alla potenza trasmessa;
- standardizzazione a livello di sistema – le tecnologie a 2,4 GHz non connesse in rete (non networked) adottano integrati radio e protocolli standard, il che comporta una sostanziale riduzione dei tempi richiesti per impiegare queste tecnologie nella progettazione dei dispositivi;
- ampiezza di banda – la banda ISM a 2,4 GHz ha un'ampiezza superiore a 83 MHz, molto maggiore rispetto a

quella della banda ISM a 433 MHz. Per tale motivo più dispositivi possono condividere la medesima banda senza interferire gli uni con gli altri;

- range – la banda ISM a 2,4 GHz supporta una potenza massima di 100 mW in trasmissione, sufficiente per garantire una portata fino a 200 – 300 metri.

I protocolli cosiddetti “lightweight” (ovvero non appesantiti da informazioni diverse dai dati, quindi più semplici) possono vantare numerosi vantaggi rispetto ai protocolli di rete come Bluetooth tra cui:

- costo – le tecnologie non-networked non richiedono uno stack del protocollo particolarmente oneroso, il che permette l'impiego di microprocessori più piccoli e meno costosi;
- consumo di potenza – i protocolli di tipo “light”, oltre a garantire la massima affidabilità in fase di correzione degli errori, permettono di ridurre il tempo di funzionamento della radio, che influenza direttamente i consumi e pertanto contribuiscono all'aumento della durata delle batterie.

In definitiva, le tecnologie wireless a 2,4 GHz non networked abbinano il basso costo tipico delle soluzioni a 433 MHz con i vantaggi propri di Bluetooth, mettendo a disposizione tutte le risorse necessarie per aggiungere funzionalità wireless ai dispositivi elettronici consumer in tempi brevi e a costi ridotti.

Un esempio pratico: **WirelessUSB**

Sviluppata da Cypress Semiconductor, WirelessUSB è un esempio di tecnologia “lightweight” a 2,4 GHz, in cui la banda ISM a 2,4 GHz viene suddivisa in 78 canali a 1 MHz, in modo analogo a quanto previsto dallo standard Bluetooth. A differenza di quest'ultimo, WirelessUSB non adotta la tecnica FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum): questa prevede continui “salti” tra le frequenze portanti, in modo da garantire che alcune porzioni dei dati trasmessi vengano ricevuti in maniera corretta. Anche se alcuni canali risultano completamente bloccati, i dati inviati sugli altri canali possono passare.

WirelessUSB, per contro, utilizza un singolo canale e adotta la modulazione DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) per evitare le interferenze.

Prima di utilizzare un canale, i dispositivi WirelessUSB verificano la situazione del traffico sul canale: inoltre viene anche misurata l'intensità del segnale, al fine di determinare il rumore di fondo. Se un altro dispositivo - sia esso WirelessUSB oppure funzionante nella banda a 2,4 GHz - sta utilizzando il canale, è previsto lo spostamento su un altro canale in modo da assicurare la coesistenza. Grazie ai sistemi DSSS è possibile aumentare il range operativo e ridurre il tasso di errore nella trasmissione dei bit (Bit Error Rate): essi trasmettono ciascun bit dei dati sotto forma di codice PN (Pseudo Noise): ciascun elemento del codice PN è denominato “chip”. In presenza di interferenze (o in prossimità dei limiti del range) il codice PN trasmesso verrà spesso ricevuto con alcuni “chip” del codice PN incompleti. I ricevitori DSSS utilizzano un correlatore di dati per la decodifica del flusso di dati in ingresso. Se il numero di errori relativi ai chip non supera la soglia di errore del correlatore, i dati saranno ricevuti correttamente. Nella figura 1 viene riportato un esempio di un codice PN a 64 chip. Nel caso si verifici il superamento di detta soglia il bit di dati ricevuto non viene manipolato, bensì cancellato. Esiste una probabilità minima che i dati vengano manipolati piuttosto che cancellati. Le operazioni di cancellazione sono più semplici da correggere rispetto agli errori. Eseguendo un'operazione di XOR su ciascun byte dei dati e trasmettendo la somma di controllo (checksum) risultante sotto forma di ultimo byte di ogni pacchetto, è possibile utilizzare la stessa somma di controllo per correggere un errore in ogni posizione del bit all'interno di un pacchetto ricevuto (Fig. 2).

Quindi i sistemi WirelessUSB possono ricevere dati senza errori su frequenze soggette a interferenza che provocano tassi di errore dei chip in misura superiore al 10%. WirelessUSB risulta dunque particolarmente “resistente” alle interferenze e permette di effettuare

comunicazioni in ambienti chiusi a distanze anche superiori di 50 metri.

A causa del diffuso utilizzo della banda ISM a 2,4 GHz, vi possono essere delle situazioni in cui il livello di interferenze è così elevato che, stante le potenzialità del sistema di correzione dell'errore, un numero troppo grande di pacchetti non risulti correggibile. In questi casi il protocollo WirelessUSB consente al trasmettitore e al ricevitore di evitare le interferenze passando automaticamente a un canale libero.

Il sistema di codifica PN semplifica la condivisione tra più utenti. In questo caso, più sistemi WirelessUSB possono utilizzare il medesimo canale, a patto che adottino differenti codici PN e i sistemi adiacenti siano a una distanza almeno tre volte superiore dal ricevitore rispetto ai dispositivi presenti nel sistema locale. Grazie alla suddivisione della banda ISM a 2,4 GHz in 78 canali distinti e alla possibilità di riutilizzo del canale da parte dei sistemi posti nelle vicinanze, parecchi sistemi wireless possono essere collocati nella medesima area, consentendo l'impiego di questa tecnologia in ambienti quali uffici e aule scolastiche.

All'interno del kit di sviluppo fornito da Cypress Semiconductor (WirelessUSB Developer Kit) è integrato un layout a due strati che comprende le tracce per l'antenna relativa alla porzione radio: ciò evita all'utente di doversi impegnare nella realizzazione di progetti d'antenna e nella stesura di complessi layout RF. Quando si utilizzano le tracce già predisposte, non è richiesta nessuna competenza nel design di un'antenna per applicazioni a 2,4 GHz. I soli componenti esterni necessari per l'integrato WirelessUSB sono condensatori di disaccoppiamento, una rete per l'adattamento dell'antenna passiva a quattro elementi e un quarzo a 13 MHz. Questo approccio permette di integrare l'intera sezione RF compresa l'antenna e l'IC in uno spazio pari a un pollice quadrato (si faccia riferimento alla figura). Il prezzo, in volumi, è inferiore a 2 dollari.

Attualmente sono disponibili due tipi di radio WirelessUSB: WirelessUSB LS e WirelessUSB LR. La prima è ideale per

applicazioni in dispositivi wireless a bassa dissipazione che operano in un range ristretto (fino a 10 metri senza un amplificatore di potenza esterno) come dispositivi consumer e soluzioni HID (Human Interface Device). WirelessUSB LR, invece, è più adatta per l'impiego in componenti wireless a bassa dissipazione che devono comunicare a distanze superiori: il range coperto è di 50 metri (senza amplificatore di potenza esterno) e può arrivare a 500 metri con l'ausilio di un amplificatore (è anche possibile comunicare a distanze superiori con l'ausilio di antenne direzionali).

Protocollo 2-1

Il protocollo wirelessUSB 2-1 è stato ottimizzato per l'uso con dispositivi HID a bassa dissipazione e prodotti non connessi in rete. Per creare una connessione è sufficiente un numero estremamente ridotto - da 1 a 4 - di pacchetti. Una volta stabilita una connessione, non vi sono pacchetti "beacon" o comunque traffico di dati non richiesto.

Ciascun pacchetto di dati relativo all'applicazione contiene un'intestazione di 1 byte e una somma di controllo da 1 byte per la correzione dell'errore. Il protocollo è affidabile e particolarmente semplice: basti pensare che una tastiera WirelessUSB può funzionare per un anno con tre semplici batterie AA.

Protocollo N a 1

Questo protocollo è stato sviluppato per dispositivi a ridotta ampiezza di banda che devono comunicare su un medio raggio come sensori HVAC, serrature impiegate negli alberghi, sistemi di sicurezza e così via. Ciascun pacchetto contiene un CRC a 8 bit e una somma di controllo XOR descritta nel corso dell'articolo. A ciascun dispositivo è assegnato un identificativo (ID) a 8 o a 16 bit, così da permettere a migliaia di prodotti caratterizzati da ridotta ampiezza di banda di condividere una singola rete a stella. 

Cyress Semiconductor
readerservice.it n.01