



Premessa

WINE è una tecnologia, interamente sviluppata da C-Labs, per la realizzazione di un sistema di comunicazione radio a corto raggio, per applicazioni ove esista l'esigenza di avere dispositivi a basso costo e bassissimo consumo, alimentati quindi a batterie, in grado di instaurare una connessione radio bidirezionale con una stazione centrale (*multipoint-to-point*) anch'essa a batteria, in cui ogni elemento è in grado non solo di rispondere con una conferma alla ricezione di dati ma di ricevere dati, con alcune limitazioni, in qualsiasi momento.

Applicabilità

Nato per una tipologia di rete *multipoint-to-point*, WINE non preclude la possibilità che le informazioni siano scambiate fra i nodi della rete senza interessare la stazione centrale e si inserisce nel panorama delle reti di sensori e tecnologie *lightweight wireless* per applicazioni con microprocessori piccoli e poco costosi dove spesso sono impiegate batterie di limitata capacità ma dove sono richieste lunghe autonomie, anche di alcuni anni: telemetria e funzioni di controllo e monitoraggio ambientale ed industriale, sistemi di sicurezza, *home-automation* e *building-automation*, ecc.

In particolare, WINE trova applicazione in ambiti ove vi sia un limitato traffico dati tra gli elementi che lo costituiscono, in cui sono sufficienti *data-rate* e coperture limitate (20Kbps, 100 metri) ma che richiedono nel contempo flussi informativi bidirezionali e sicuri, anche in termini di protezione delle informazioni, o quando si renda necessaria la sostituzione di cavi con collegamenti radio.

Caratteristica principale di WINE, è l'ottenimento della bidirezionalità del

collegamento radio unitamente al basso consumo, attraverso la sincronizzazione nel dominio del tempo e delle frequenze dei nodi senza l'utilizzo di un dispositivo "beamer" che fornisca la base tempi. Grazie all'uso di un efficiente e snello protocollo di comunicazione, i nodi periferici sincronizzano le loro basi tempi (*clock*) con la stazione *master* o *base-station*. Questa tecnica permette di ottenere sistemi bidirezionali in cui anche la stazione principale è alimentata a batteria e presenta un'elevata autonomia, non essendo impegnata nella trasmissione periodica di sincronizzazioni di rete. Inoltre, l'accesso al media è ridotto al minimo indispensabile.

Elementi costitutivi e schema a blocchi

Il sistema è costituito da più elementi periferici e da un elemento centrale (*base-station*) cui fa capo la base tempi dell'intera rete. Periferiche e centrale condividono la stessa struttura, indipendentemente dalle loro specifiche funzioni: un microcontrollore gestisce un sottosistema radio e, in generale, si occupa della gestione di tutto l'I/O.

In particolare, l'apparato radio è controllato dalla CPU per mezzo di criteri (segnali logici e analogici), che consentono di imporre alla radio gli stati di *power-down* (minimo consumo), Ricezione e Trasmissione, nonché di effettuare letture del livello del segnale ricevuto o RSSI (*Received Strength Signal Information*).

Le transizioni di stato sono determinate sia dallo scadere di temporizzazioni (*P_Timeout*, *S_Timeout*) sia a causa di eventi interni o esterni (richieste di trasmissione o *TxReq*).

La contemporanea permanenza in *Passive-state* degli elementi definisce una finestra temporale all'interno della quale sono in condizione di colloquiare tra loro (*operating window*). WINE utilizza cicli di *Sleeping-Passive-Sleeping* intervallati 1 secondo in cui la durata dello stato *Passive* è pari a 2-3 ms: il *duty-cycle* di attivazione della radio è quindi pari circa allo 0.2%.

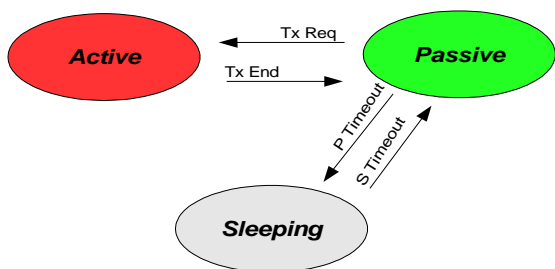


Figura 1 - Diagramma di Stato

Per ottenere bidirezionalità del colloquio e bassi consumi gli elementi della rete alternano stati di ricezione a stati di inattività (basso consumo) in modo sincrono fra loro, attivando contemporaneamente il ricevitore radio sulla stessa frequenza.

In particolare ogni elemento della rete evolve sulla base di 3 stati fondamentali (fig.1): "*Sleeping State*", condizione di minimo consumo (radio spenta e CPU dedicata alle funzioni minimali di gestione I/O); "*Passive State*", radio in ricezione; "*Active State*", condizione di massimo consumo, radio impegnata in trasmissione.

Sincronizzazione nei domini del tempo e delle frequenze

La sincronizzazione temporale dei nodi è ottenuta per mezzo di una post-regolazione software applicata alla sorgente di tempo, costituita, tipicamente, da un *timer* del microprocessore, ed ottenuta elaborando le informazioni presenti nelle trame scambiate tra elementi periferici e unità centrale. La precisione relativa tra i vari nodi di rete raggiunge le 0.1 ppm.

Per aumentare l'immunità ai disturbi radio

casuali o intenzionali WINE utilizza la tecnica di trasmissione a salto di frequenza (*frequency-hopping*).

La "*base-station*" in fase di sincronizzazione dei nodi fornisce una tabella di frequenze utilizzate e ciclicamente i dispositivi cambiano la loro frequenza di ricezione/trasmmissione nell'ambito di tale tabella comune a tutti gli elementi che compongono il sistema. L'utilizzo del "*frequency-hopping*" modifica il diagramma a stato di fig.2 per la centrale: terminato il *Passive State* la centrale prima di tornare in *Sleeping* sorveglia un canale particolare (*recovery-channel*) con un'ulteriore *Passive State*; sul *recovery-channel* può ricevere le richieste di sincronizzazione degli elementi della rete.

Centrale ed elementi periferici costituiscono una rete di tipo *Master-Slave (Point-to-Multipoint)* essenziale per le attività di sincronismo (instaurare e mantenere la sincronia del singolo elemento all'interno della rete.), in cui sono possibili connessioni *Point-to-Point* sia reali (*Real-Link*), che virtuali (*Virtual-Link*), ottenute attraverso il transito dell'informazione sulla Base Station.

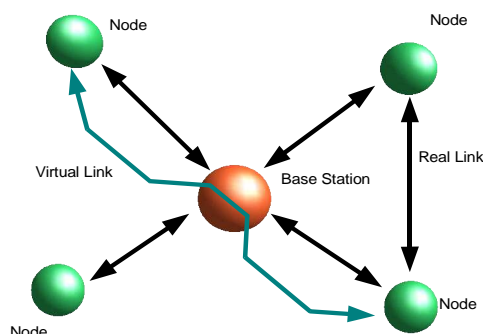


Figura 2 - Tipologia di connessione

In figura 3 è indicata l'operatività nel dominio del tempo e delle frequenze dei vari nodi di una rete WINE, nell'ipotesi di apertura di sole finestre *Passive* (di ricezione).

I dati riportati nella figura si riferiscono ad una reale applicazione di WINE, nell'ambito di un sistema di sicurezza anti-intrusione bidirezionale in cui sono

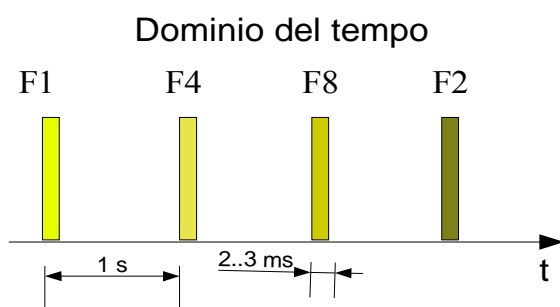


Figura 3

stati utilizzati moduli radio con 8 canali nella banda 868-870 MHz aventi un consumo di 20mA in ricezione ed 80 mA in trasmissione; con elementi periferici a basso consumo (semplici contatti o sensori ad infrarosso passivo) e supervisione dei nodi effettuata ogni 10 minuti (almeno una trasmissione ogni 10 minuti dai nodi alla centrale).

Con elementi periferici dotati di batterie al litio da 3V 2,2Ah e la Centrale di una batteria da 7V-13Ah l'utilizzo di WINE ha consentito di ottenere un sistema radio bidirezionale totalmente a batteria la cui durata, con stima conservativa ottenuta dall'interpolazione di dati sperimentali, è ampiamente superiore ai 3 anni.

Struttura del protocollo

Il protocollo di trasmissione è di tipo CSMA/CA, dove il livello del segnale radio (RSSI) è utilizzato per individuare la presenza di una portante (*Carrier Sense*).

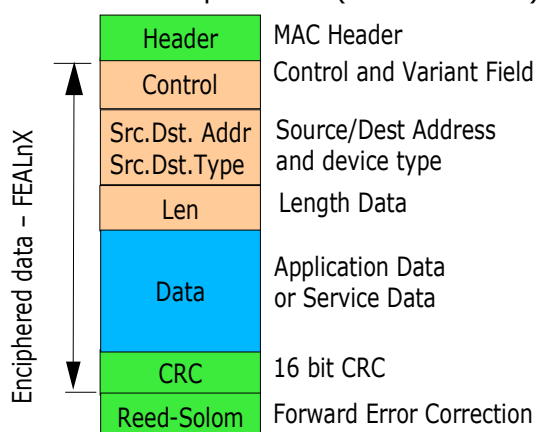


Figura 4

Come riportato in figura 4 le trame, indipendentemente dal tipo e dalla funzione comprendono: codici auto-

correttori e controllo integrità dei dati (crc a 16 bit e Reed-Solomon); sicurezza dei dati, crittografati con algoritmo FEALnX (*block-cipher* a 64 bit) utilizzato in modalità CBC (*Cipher-Block Chaining*); indirizzamento sorgente e destinazione con indicazione di tipologia di periferico.

Ad eccezione dei *broadcast* ogni trama (indirizzata) viene ripetuta in assenza di conferma (*ack*) da parte del destinatario, con procedure di spostamento casuale dell'impegno del media di comunicazione nel caso di ripetizioni del messaggio.

Il protocollo prevede trame di servizio (quali richieste di sincronizzazione, trame di conferma, trasferimento di parametri di rete, ecc.) e trame dati, con le quali vengono trasferite le informazioni di stato, eventi e comandi a livello applicativo. Tra le trame di servizio si evidenziano:

1. REQ_SYNC, richiesta di sincronismo, emessa dal o dagli elementi che si trovano fuori sincronismo;
2. SYNC, risposta alla richiesta, emessa dall'elemento centrale in risposta alla richiesta (1); contiene anche il tempo trascorso dall'ultimo passaggio a *passive state* e l'indice corrente nella tabella delle frequenze;
3. DATA, generica trama dati;
4. ACK, trama di conferma ad una trama (3); contiene anche il tempo trascorso dall'ultimo passaggio a *passive state*.

In fig. 5, è illustrato una sessione di sincronizzazione, seguita dalla trasmissione di una trama dati, tra un elemento periferico e centrale.

Con t è indicato il tempo di attraversamento del media, inteso come *overhead* temporale dovuto alla serializzazione ed ai ritardi di protocollo. Essendo t noto e/o calcolabile, è possibile impostare il valore da caricare nella S-Timeout per mantenere gli elementi sincronizzati. La sincronizzazione avviene su un canale radio particolare (*recovery channel*), che la centrale sorveglia sempre prima di tornare in *sleeping state*. Ogni

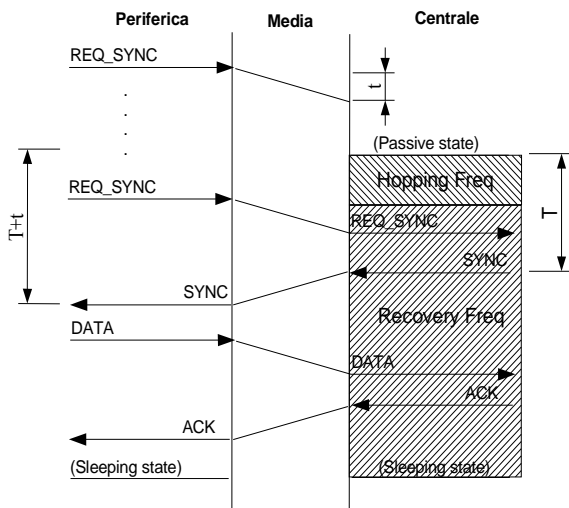


Figura 5 - Sincronizzazione

operating-window della centrale opera su due canali: quello corrente del *frequency hopping* e quello del *recovery channel*. Nel caso di elemento periferico già sincronizzato, l'invio di una generica trama dati si riduce alla sola trasmissione ed alla ricezione della conferma. Oltre alla sincronizzazione, tra i dati di servizio sono presenti le trame dedicate al "*power management*" ed alla configurazione dei dispositivi periferici. In particolare la configurazione, automatica in fase di acquisizione di un nuovo elemento della rete, consente la realizzazione di piccoli dispositivi che non dispongono di elementi locali per l'impostazione della loro

modalità di lavoro (dispositivi "jumperless"). Delegando alla centrale, elemento che tipicamente dispone di più risorse ad esempio display grafico, la funzione di interfaccia alle funzioni di configurazione e/o impostazione degli elementi della rete si possono ottenere semplicità ed immediatezza nell'uso, manutenzione e installazione dei singoli nodi di una rete.

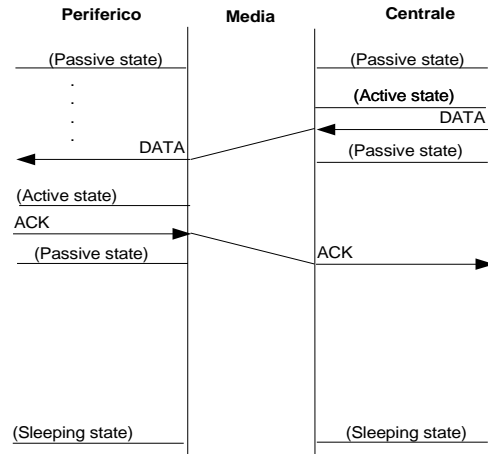


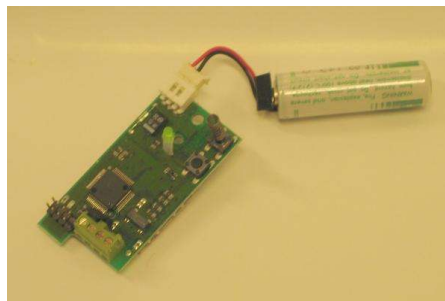
Figura 6 - Comando da Centrale a Periferico

In fig. 6 è illustrato un flusso informativo, ad esempio un comando, che viene trasmesso ad un elemento periferico.

Conclusioni

La struttura di WINE risulta innovativa rispetto ad altri protocolli in quanto elimina la necessità di uno o più elementi destinati alla sincronizzazione di rete. Infatti ogni nodo si fa carico di allineare la propria base tempi rispetto ad un nodo di riferimento (tipicamente l'elemento centrale) in modo da ottenere una finestra operativa nell'ambito della quale possono avvenire le comunicazioni.

La reale bidirezionalità consente di guardare a WINE più come ad un sistema "BUS" che ad un sistema *wireless*, senza penalizzarne l'autonomia. La fotografia accanto si riferisce ad un dispositivo periferico realizzato con la tecnologia WINE.



La seguente tabella può essere utile per caratterizzare WINE rispetto ad altri noti protocolli.

	WINE	ZigBee*	Bluetooth*	WiFi*
Application focus	Monitors & controls	Monitors & controls	Cable replacement	WEB, Video, Mail
System resource	8 KB	4...32 KB	250+ KB	1+ MB
Battery life (days)	1300+	100...1000	1...7	0.1...5
Nodes per network	255/65535	255	7	30
Bandwidth (Kb/s)	20+	20...250	720	11000
Range (meters)	200+	1...75+	1...10+	1...100
Radio Band (Mhz)	434/868/915	868/915/2400	2400	2400

* Fonte: Zigbee Alliance

C-Labs S.r.l. - Hardware & Software Design

Environment Park - Edificio A1 Laboratori - Livello 2

Via Livorno 60 - 10144 - Torino

Tel. +39.011.225.7761 FAX +39.011.225.7769

E-Mail: info@c-labs.it WEB: www.c-labs.it