

STUDIO E MODELLAZIONE DI UN SISTEMA DI TRASMISSIONE DATI BASATO SU TECNOLOGIA POWER LINE COMMUNICATIONS A BORDO DI IMBARCAZIONI

S. Barmada, A. Musolino, M. Raugi, R. Rizzo, M. Tucci

Dipartimento Sistemi Elettrici e Automazione
Università di Pisa
Via Diotisalvi 2, 56126 Pisa

Negli ultimi anni si è verificato un interesse sempre crescente per la tecnologia denominata Power Line Communication, che utilizza la rete elettrica per la distribuzione di energia come mezzo per la trasmissione di dati. I motivi per questo rinnovato interesse sono essenzialmente i seguenti: la capillarità della rete di distribuzione dell'energia (che raggiunge ogni singolo utente), il semplice accesso a tale rete (prese presenti in ogni locale) ed il conseguente bassissimo costo, dal momento che la rete è già presente.

La loro utilizzazione è principalmente quella dedicata alla trasmissione di dati (in concorrenza ad esempio con la ADSL) e la creazione di una rete interna (LAN) all'interno di edifici (abitazioni, uffici ecc) senza la necessità di un nuovo cablaggio.

I principali problemi sono dovuti al fatto che le reti di distribuzione non sono progettate per la trasmissione di segnali a frequenze attorno ai MHz, pertanto presentano elevata attenuazione, variazione del canale (dovuta ad esempio alla istantanea connessione e sconnessione di utenze) e non linearità dovuta alla caratteristica intrinseca dei carichi.

Una applicazione innovativa della tecnologia PLC è il loro utilizzo in veicoli di varia natura: il vantaggio evidente che ne consegue è la riduzione del cablaggio e quindi del peso a bordo, con un evidente guadagno anche in termini di spazio disponibile.

L'unità di Ricerca di Pisa ha attivato una collaborazione con la Benetti, uno dei più importanti costruttori di imbarcazioni da diporto di grandi dimensioni, allo scopo di verificare la fattibilità della implementazione di un sistema di trasmissione dati basato sulla tecnologia PLC.

A questo scopo sono state condotte una serie di misure a bordo di uno yacht in costruzione, al fine di poter identificare il canale migliore da utilizzare per la trasmissione.

Data l'elevata complessità della rete di potenza di tale imbarcazione, sono state condotte diverse misure ognuna delle quali caratterizzata dal diverso posizionamento (chiuso o aperto) degli interruttori presenti nei quadri e sottoquadri interessati.

In particolare la Fig. 1 mostra tre diverse risposte in frequenza relative allo stesso canale con diverse configurazioni degli interruttori. Come conclusione generale relativa a questo studio, si è verificato che la banda di frequenza utilizzabile ha come limite di banda i 6 MHz, oltre i quali l'attenuazione del canale diventa maggiore di 50 db, rendendo quindi difficile la ricezione. Fermo restando questo risultato generale, si è evidenziato come il canale è più sensibile alle riflessioni su carichi o circuiti aperti più prossimi al ricevitore piuttosto che al trasmettitore.

Sulla base di queste misure e su misure fatte in sito ed in laboratorio sui cavi presenti a bordo, è stato possibile creare un modello del canale di trasmissione, da utilizzare quindi per simularne le prestazioni. La Fig. 2 mostra la comparazione fra un canale simulato ed il corrispondente canale misurato, evidenziando la corrispondenza fra il modello e le misure effettuate.

Sono state anche effettuate delle prove di trasmissione di una serie di frames OFDM, allo scopo di verificare le considerazioni effettuate analizzando la funzione di trasferimento. La Fig. 3 mostra la probabilità di errore come funzione della frequenza, calcolata su 100 frames inviati, relativa alla ricezione dei simboli. Il risultato ottenuto è un bit error rate pari al 6% con una potenza di -31 dbm/Hz.

E' evidente come gli errori sono localizzati nella banda di frequenza sopra ai 6 MHz, ossia la banda che già era stata scartata a priori semplicemente dalla analisi delle risposte in frequenza del canale.

In sostanza, la presenza di qualsiasi tipo di disturbo (rumore derivante da dispositivi, variazioni dei carichi connessi ecc) rende inutilizzabile la sottobanda superiore. Ovviamente il restringimento della banda utilizzata fino a 6 MHz consente l'ottenimento di bit error rates nettamente migliori a fronte di una diminuzione della velocità di trasmissione.

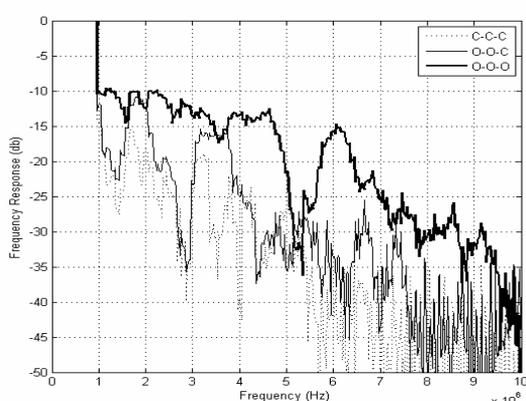


Fig. 1 Risposta in frequenza di diversi canali

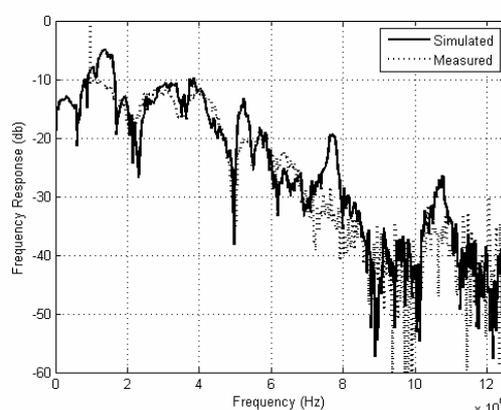


Fig. 2 Differenza fra simulazioni e misure relative ad un particolare canale.

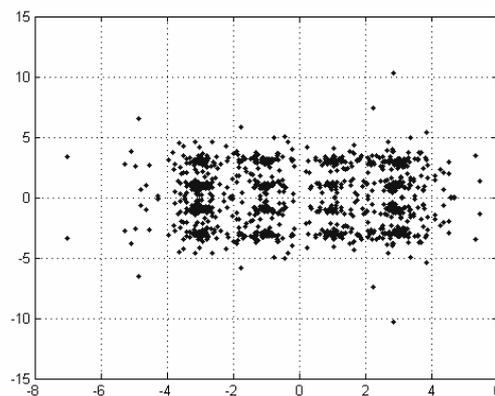
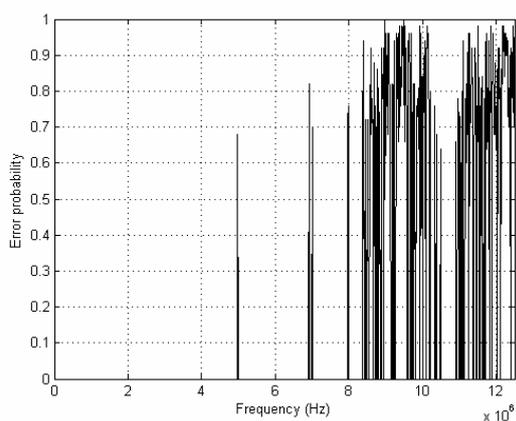


Fig 3. Probabilità di errore nella ricezione dei simboli e costellazione dopo la equalizzazione del segnale ricevuto