POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Ricevitori ottici burst-mode per reti ottiche a pacchetto di futura generazione

Original
Ricevitori ottici burst-mode per reti ottiche a pacchetto di futura generazione / A., B., Ferrero, V., Gaudino, R., A., L.P.. - (2005), pp. 1-4. (FOTONICA 2005 Trani, Italy June 2005).

Availability:
This version is available at: 11583/1412089 since: 2016-11-04T14:40:25Z

Publisher:

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

04 November 2026

RICEVITORI OTTICI BURST-MODE PER RETI OTTICHE A PACCHETTO DI FUTURA GENERAZIONE

Alessandro Bianciotto, Valter Ferrero, Roberto Gaudino, Antonio La Porta
OptCom Group, PhotonLab
Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino – Italy
Tel. +39 011 2276301 - Fax. +39 011 2276299
[nome].[cognome]@polito.it

This paper presents a feasibility study and optimization of AC-coupled optoelectronic burst-mode receivers for next generation optical packet-switched networks. Optimal AC coupling point is derived in conjunction to 8B/10B encoding.

1. Introduzione

Attualmente i più diffusi standard commerciali per la trasmissione ottica, quali SONET/SDH, Gigabit Ethernet, Fiber Channel, etc., sono basati sulla trasmissione di bit in modalità continua. Questo consente di utilizzare circuiti di ricezione basati su costanti di tempo molto lunghe (tipicamente ms) in termini di transitori iniziali di aggancio e recupero del clock per il campionamento. Queste tempistiche sono tuttavia del tutto incompatibili con gran parte delle architetture basate sulla commutazione di pacchetto a livello ottico [1], dove la breve durata dei pacchetti stessi (dell'ordine dei μs o inferiori) richiede tempistiche molto più veloci. In questi contesti è necessario passare a ricevitori adatti alla trasmissione a pacchetto, normalmente denominati come ricevitori *"burst-mode"*. L'argomento, trattato in maniera sporadica da vari gruppi di ricerca già da molti anni, è tuttavia oggi di particolare interesse nell'ambito delle PON (Passive Optical Network), dove il canale di ritorno, organizzato in accesso multiplo a divisione di tempo (TDMA) richiede necessariamente un ricevitore *burst-mode*. I più recenti standard avanzati sulle PON (quali le EPONs – Ethernet Passive Optical Networks [2]) prevedono *bit-rate* elevati, anche superiori ad 1Gbit/s, e stimolano dunque la ricerca di efficienti ricevitori optoelettronici *burst-mode* ad elevata velocità e basso costo. Gran parte delle soluzioni presenti in letteratura prevedono circuiti abbastanza complicati, quali ricevitori accoppiati in DC con controllo adattativo della soglia per la decisione sul bit [3], o soluzioni ancora più complesse (e conseguentemente costose) basate su approcci misti ottici ed elettrici, come la ricezione differenziale dei pacchetti ottici [4].
In questo lavoro si affronta invece la progettazione e l'ottimizzazione di un ricevitore *burst-mode* accoppiato in AC basato sull'utilizzo della codifica 8B/10B: l'implementazione del ricevitore risulta in tal modo notevolmente semplificata. Il lavoro si inserisce nell'ambito del progetto WONDER [5], in corso di realizzazione presso il PhotonLab [6] del Politecnico di Torino, dove un ricevitore *burst-mode* di questo tipo è in fase avanzata di realizzazione sperimentale.
In particolare verrà presentato uno studio relativo all'ottimizzazione del taglio AC in presenza della codifica 8B/10B [7], introdotta per Fiber Channel, e oggi ampiamente usata in Gigabit Ethernet.

2. Ricevitori ottici burst-mode

La tipica architettura dei ricevitori optoelettronici accoppiati in AC è riportata in Figura 1: essa è costituita dalla cascata di un fotodiodo (PD – PhotoDiode), un amplificatore di transimpendenza (TIA – TransImpedance Amplifier), un Limiting Amplifier (LA) e da un circuito logico di decisione sul bit (LC – Logic Circuit) che si interfaccia poi con i successivi circuiti logici. I vari stadi sono tipicamente disaccoppiati in continua (o AC-*coupled*) mediante condensatori, caratteristica che semplifica enormemente il progetto a livello elettronico delle

polarizzazioni dei componenti attivi coinvolti. L'accoppiamento in AC introduce un filtraggio passa alto, la cui frequenza di taglio (LF Cut-off – Low Frequency Cut-off), in caso di trasmissione continua, è normalmente compresa nell'intervallo $f_{+3dB}\cong$[20-50] kHz. Questa è la classica soluzione per tutti i sistemi di trasmissione continua, ma non è proponibile per le trasmissioni a pacchetto, in quanto il filtraggio introdurrebbe transitori di carica-scarica del condensatore di disaccoppiamento con tempi molto più lunghi della durata del pacchetto, rendendo conseguentemente impossibile la sua ricezione.

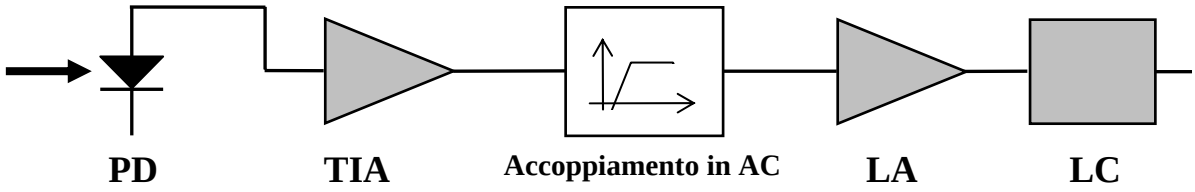


Figura 1 – Architettura di un ricevitore ottico con accoppiamento in AC

In questo articolo si affronta il problema dell'ottimizzazione della frequenza di taglio di un ricevitore *burst-mode* con accoppiamento in AC: tale tipologia di ricevitore presenta una complessità paragonabile a quella degli attuali ricevitori operanti in modalità continua. L'utilizzazione della codifica 8B/10B e l'ottimizzazione della frequenza di taglio LF, consente di realizzare un ricevitore *burst-mode* semplice, dotato di soglia di decisione in ampiezza fissa e centrata intorno alla tensione di zero volt indipendentemente dall'ampiezza del pacchetto ricevuto.
Per comprendere il problema di ottimizzazione in esame, in Figura 2a è rappresentato un esempio di ricezione di traffico a *burst* dopo il filtraggio AC, supponendo di avere pacchetti di lunghezza fissa la cui presenza o assenza all'interno di ciascuno *slot* temporale di durata pari a t_p è una variabile aleatoria dipendente dal traffico sul canale, ed emulando così il dinamismo di traffico di dati in arrivo ad un nodo di una rete a pacchetto. La Figura 2b presenta uno zoom sul transitorio iniziale di un pacchetto di dati, dove τ rappresenta la durata del transitorio, esaurito il quale l'ampiezza normalizzata dei bit raggiunge un valore simmetrico rispetto allo zero. Tale transitorio, che si presenta in maniera del tutto analoga al termine del pacchetto, deve avere una durata significativamente inferiore alla durata t_p del pacchetto, in modo da evitare una eccessiva riduzione del margine di decisione in ampiezza sui primi bit del pacchetto e per minimizzare le interferenze introdotte sugli slot successivi.

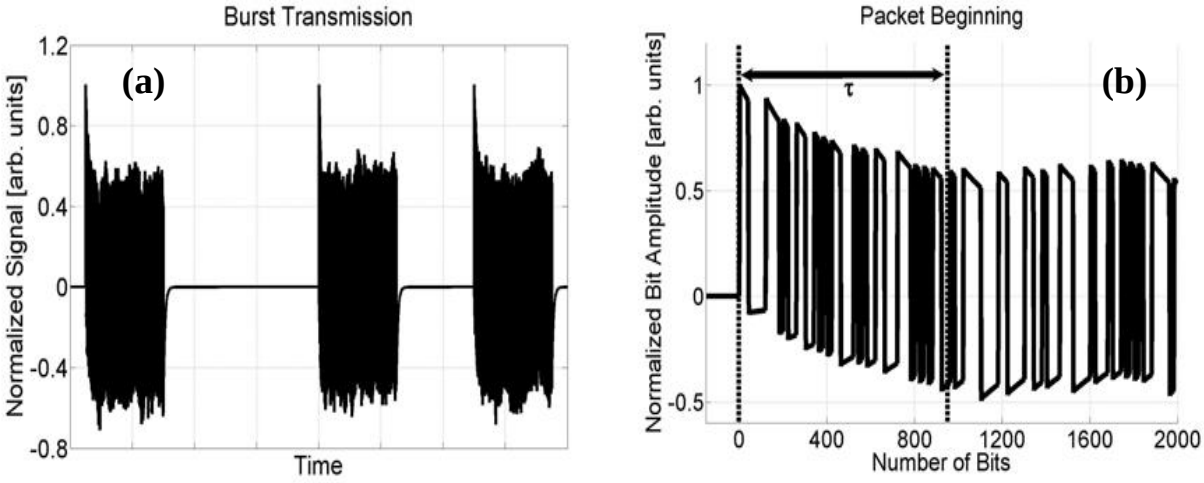


Figura 2 – Esempio di trasmissione ottica a *burst*: a sinistra (a) sono rappresentati tre *slot* temporali costituiti dalla potenza del segnale normalizzato dei bit in funzione del tempo; a destra (b) è rappresentato il transitorio temporale iniziale per i primi 2000 bit entro lo *slot*.

La durata del transitorio introdotto è tanto minore quanto più è elevata la f_{+3dB}, tuttavia non è possibile incrementare a piacimento il valore di tale frequenza di taglio per non incappare nel fenomeno del "*baseline wander*" [8], che causa fluttuazioni del valor medio istantaneo del segnale in corrispondenza di lunghe sequenze di "1" o di "0". Come già accennato, in situazioni quali SONET/SDH e/o in assenza di opportuna codifica, la limitazione del *baseline wander* richiede, per i tipici *bit-rate* ottici, di dimensionare una frequenza di taglio LF dell'ordine delle decine di kHz. Ciò è del tutto incompatibile, tuttavia, con le richieste di transitori veloci all'inizio ed alla fine del pacchetto. Supponendo un pacchetto di durata fissa e pari a t_p=1 μs, una scelta ragionevole per la durata dei transitori potrebbe essere τ=50 ns, pari al 5% della durata del pacchetto. Considerato che $\tau \cong 1/(2\pi \cdot f_{+3dB})$, questo richiede f_{+3dB} dell'ordine dei MHz, valore significativamente differente rispetto alle situazioni convenzionali sopraccitate.
Per mitigare gli effetti del *baseline wander* in presenza di frequenze di taglio così elevate si rende necessario l'utilizzo della codifica 8B/10B grazie alle sue proprietà di limitazione del massimo numero di "1" o di "0" consecutivi, con conseguente bilanciamento della componente continua.

3. Modellizzazione ed ottimizzazione dell'accoppiamento AC

In questa sezione si presentano i risultati del lavoro. Si ipotizzano slot temporali con t_p=1 μs, codifica 8B/10B e taglio AC modellizzato con un filtro passa alto del primo ordine con frequenza di taglio f_{+3dB}. La trasmissione dei dati è stata modellizzata mediante un generatore di traffico pseudocasuale di ordine N=23 (periodicità $2^N-1 \cong 8 \cdot 10^6$ bit).

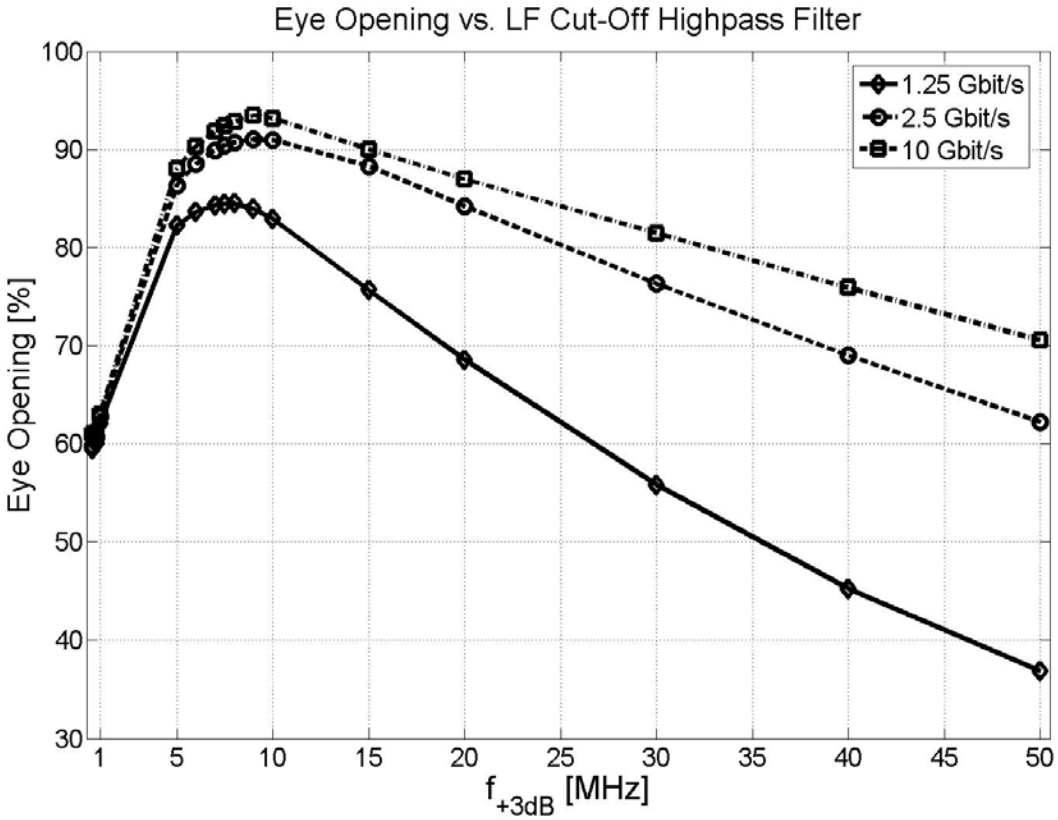


Figura 3 – Percentuale di apertura dell'occhio in funzione della f_{+3dB} (LF Cut-Off) e per diversi *bit-rate* (R_b=1.25 Gbit/s, R_b=2.5 Gbit/s e R_b=10 Gbit/s).

L'ottimizzazione è stata incentrata valutando l'apertura dell'occhio dopo un transitorio fissato a τ=50 ns ed in assenza di rumore, in modo da focalizzarsi solo sul problema in esame.

L'apertura dell'occhio è stata ricavata come rapporto percentuale della distanza tra il livello più basso per un "1" logico e il livello più alto per uno "0" logico, presi all'istante ottimo di campionamento, normalizzata rispetto alla corrispondente distanza nel caso ideale. Si è cioè scelto quello che normalmente è definito come "worst case eye opening".

I risultati delle simulazioni sono riportati in Figura 3, dove sono visualizzate le curve di apertura dell'occhio in funzione di f_{+3dB} per i *bit-rate* R_b=1.25 Gbit/s, R_b=2.5 Gbit/s e R_b=10 Gbit/s. In particolare, si nota che esiste un valore di f_{+3dB} ottimizzato (f_{+3dB}^{OPT}) per cui si ha il massimo di apertura dell'occhio. Tale valore è compreso, per *bit-rate* crescenti, tra 7.8 MHz e 9 MHz.
Si fa notare che, a parità di durata di pacchetto t_p e di imposizione sul transitorio τ, le prestazioni del sistema migliorano all'aumentare del *bit-rate*, passando da una apertura massima dell'occhio pari a 84.5% a 1.25 Gbit/s sino al 93.5% a 10 Gbit/s. Il sistema inoltre è scalabile in termini di *bit-rate*. Infatti, la pendenza della curva per $f_{+3dB}>f_{+3dB}^{OPT}$ diminuisce all'aumentare del *bit-rate*, consentendo di ottenere un buon margine di progettazione nella scelta di f_{+3dB} per i *bit-rate* più elevati.
La realizzazione di un ricevitore basato sull'architettura presentata è in fase di avanzata realizzazione in seno al progetto WONDER [5], in corso di realizzazione presso il PhotonLab [6] del Politecnico di Torino.

Ringraziamenti
Gli autori desiderano ringraziare tutti i componenti del PhotonLab per il loro prezioso aiuto, e i gruppi di ricerca delle altre Università coinvolte nel progetto (Politecnico di Milano e Università di Parma).
Questo lavoro è parzialmente supportato dal MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) attraverso il progetto PRIN "WONDER" e dalla Commissione Europea attraverso la rete di eccellenza "FP6 E-Photon/ONe, WP5 and WP10".

Bibliografia

[1] A. Carena, V. De Feo, J. Finochietto, R. Gaudino, F. Neri, C. Piglione, and P. Poggiolini, "RingO: An Experimental WDM Optical Packet Network for Metro Applications", *Selected Areas in Communications*, *IEEE Journal on* , Vol. 22, No. 8, Oct. 2004, pp. 1561-1571.
[2] *Standard Draft IEEE 802.3ah*™, "Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications. Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Networks", Sept. 2004, pp. 421-425
[3] T. den Bakker, K.Y. Tu, and Y. K. Park, "Decision Threshold Based on Dynamic Offset Compensation for Burst Mode Receiver", *ECOC'01*, Amsterdam, The Netherlands, Paper Tu.B.3.4, pp. 222-223.
[4] H. Nishizawa, Y. Yamada, K. Habara, and T. Ohyama, "Design of a 10-Gb/s Burst-Mode Optical Packet Receiver Module and Its Demonstration in a WDM Optical Switching Network", *Lightwave Technology*, *IEEE Journal of* , Vol. 20, No. 7, Jul. 2002, pp. 1078-1083.
[5] A. Bianciotto, and R. Gaudino, "WONDER: Overview of a Packet-Switched MAN Architecture", *IFIP OPNETEC 2004*, Pisa, Italy
[6] *http://www.photonlab.org/*
[7] A. X. Widmer, and P. A. Franaszek, "A DC-balanced, partitioned-block, 8B/10B transmission code", *Research and Development*, *IBM Journal of*, Vol. 27, No. 15, Sep. 1983, pp. 440-451.
[8] S. Han and M. S. Lee, "AC-coupled Burst-Mode Optical Receiver Employing 8B/10B coding", *IEE Electronics Letters*, Vol. 39, No. 21, Oct. 2003, pp. 1527-1528.