



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

# UIBM

<b>DOMANDA NUMERO</b>	<b>102000900878793</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>03/10/2000</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>03/04/2002</b>

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	06	F		

Titolo

**SISTEMA DI TRASMISSIONE OTTICO.**

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sistema di trasmissione ottico"

di: MARCONI COMMUNICATIONS S.p.A., nazionalità italiana, Via A. Negrone 1/A - 16153 Genova

Inventori designati: Alfredo PALAGI, Pierpaolo GHIGGINO

Depositata il: 3 OTT. 2000

TO 2000A 000917

\* \* \*

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un sistema di trasmissione ottico, e più in particolare un sistema in cui un segnale ottico modulato è trasmesso su una fibra ottica. Quando un segnale ottico modulato è modulato in ampiezza ad una frequenza assai elevata per formare una successione di impulsi che rappresentano un'informazione, per la trasmissione a lunga distanza su una fibra ottica, gli impulsi del segnale luminoso vengono distorti ed attenuati dal processo di trasmissione ed il grado di attenuazione e distorsione che permette il recupero dell'informazione all'estremità remota della fibra ottica determina la distanza massima a cui l'informazione può essere inviata senza amplificazione. Amplificatori ottici possono essere predisposti ad intervalli lungo la fibra, ma ciò determina una de-

JACOBACCI & PERANI S.p.A.

gradazione nel rapporto segnale ottico/rumore (OSNR) a causa del rumore di emissione spontanea asincrona (ASE) introdotto dagli stessi amplificatori ottici.

Se il tasso di errore di bit (BER) è eccessivo per una particolare lunghezza di collegamento, il problema può essere affrontato semplicemente riducendo la lunghezza delle tratte tra le rigenerazioni di segnale in cui il segnale ottico è convertito in segnale elettrico e riformato. Ciò provoca un aumento dei costi poiché sono richieste più stazioni di rigenerazione, e ciò può aumentare di gran lunga i costi e la complessità in un sistema che trasmette segnali in multiplo a divisione di lunghezza d'onda densa (DWDM) in cui una singola fibra ottica trasporta una grande quantità di canali luminosi separati, ciascuno avente una diversa lunghezza d'onda (colore). In alternativa, si potrebbe disporre all'estremità remota della fibra ottica un ricevitore ottico avente una soglia di decisione regolabile, ma ciò richiede modifiche al ricevitore che ancora aumenterebbero di gran lunga il costo e la complessità.

Scopo della presente invenzione è di fornire un sistema di trasmissione ottico migliorato.

Secondo un primo aspetto della presente invenzione, un sistema di trasmissione ottico include mezzi per la generazione e la trasmissione lungo una fibra ottica di impulsi ottici aventi livelli di uno e zero logico, in cui il diagramma ad occhio ("eye diagram") degli impulsi ottici include una maschera d'occhio (o maschera dell'impulso, "eye mask") la cui ampiezza media è più vicina al livello di zero logico che al livello di uno logico; e mezzi per ricevere gli impulsi ottici all'estremità remota della fibra ottica, e per utilizzare la caratteristica di ampiezza della maschera d'occhio per facilitare la rivelazione dei livelli di uno logico e zero logico in presenza di rumore introdotto durante la trasmissione di detti impulsi.

In conformità con un secondo aspetto della presente invenzione, un sistema di trasmissione ottico include mezzi per la generazione e la trasmissione di impulsi ottici lungo una fibra ottica alla velocità di 3 Gb/s o minore ed aventi livelli di uno logico e zero logico, in cui il diagramma ad occhio degli impulsi ottici include una maschera d'occhio di forma rettangolare, che presenta un limite superiore di circa 0,65 volte il livello di uno logico, ed un limite inferiore di circa 0,15

volte il livello di zero logico.

In pratica, la velocità di trasmissione di bit nominale standard è 2,5 Gb/s, corrispondente ad una velocità di trasmissione reale di 2,48832 Gb/s, ma può essere desiderabile incorporare, ad esempio, una correzione degli errori in avanti, e ciò richiede l'inserimento di bit addizionali nel flusso di bit che aumenta la velocità di trasmissione degli impulsi ottici oltre il valore nominale di 2,5 Gb/s. La cifra di 3 Gb/s è scelta per consentire un aumento nella velocità di trasmissione di bit oltre il valore nominale standard.

Di preferenza, la maschera d'occhio è un rettangolo avente una posizione temporale centrata sulla posizione dell'ampiezza di picco di un impulso ottico. Preferibilmente la lunghezza (durata) della maschera d'occhio è 0,2 volte l'intervallo di bit del diagramma ad occhio.

Gli impulsi ricevuti all'estremità remota della fibra ottica sono preferibilmente convertiti in un segnale elettrico e rivelati da mezzi di decisione di soglia accoppiati in alternata a precedenti mezzi di conversione. Ciò risulta in un livello medio di impulso determinato dal profilo dell'impulso.

L'invenzione è descritta nel seguito a titolo d'esempio con riferimento ai disegni allegati in cui:

la figura 1 mostra un sistema di trasmissione ottico;

la figura 2 mostra in maggior dettaglio una porzione del sistema; e

le figure 3 e 4 sono diagrammi esemplificativi.

Con riferimento alla figura 1, è illustrato un sistema di trasmissione ottico DWDM a  $n$  canali. Il sistema comprende  $n$  canali ottici 1 generati presso singoli trasmettitori ottici 2. Ciascun canale ottico è un segnale luminoso modulato con informazioni di traffico e di overhead, ed in un sistema DWDM è prevista una grande quantità  $n$  di canali ottici, ciascun canale avendo una diversa lunghezza d'onda portante ottica. Lunghezze d'onda adiacenti possono trovarsi a distanza ravvicinata, e possono essere disposte ad intervalli regolari sullo spettro disponibile.

Gli  $n$  canali sono combinati in corrispondenza di un multiplexer 3, dove le singole lunghezze d'onda portanti sono mantenute e trasmesse attraverso un amplificatore-elevatore 4 su una fibra ot-

tica 5 verso un preamplificatore 6 di un ricevitore. La fibra ottica può essere parte di un sistema di trasmissione di elevata lunghezza, ad esempio dell'ordine di 600 km, e per elevare il livello di segnale possono essere predisposti, all'occorrenza, amplificatori ottici in linea opzionali 7, 8.

Il segnale ottico ricevuto è alimentato ad un demultiplexer 9 presso il quale ciascuna singola portante ottica viene separata e trasmessa ad un rispettivo singolo ricevitore 10, dove le informazioni di traffico e overhead possono essere recuperate ed utilizzate secondo necessità.

Ciascuna portante ottica presenta una frequenza assai elevata, e può trasmettere dati nella forma di una stringa di impulsi luminosi ad una velocità di ripetizione assai elevata, ad esempio a 2,48832 Gb/s (ossia alla velocità di trasmissione nominale di 2,5 Gb/s) o a velocità ancora maggiori. La reale velocità di trasmissione di bit degli impulsi luminosi può essere maggiore del valore nominale se nel flusso di bit sono inseriti bit aggiuntivi di correzione d'errore al fine di correggere errori di trasmissione. Una tecnica di correzione degli errori in avanti aumenta la velocità di trasmissione di bit in un rapporto 15/14, ma tecniche

alternative possono provocare un aumento maggiore o minore, il valore di 3 Gb/s essendo un limite superiore atteso. A velocità di trasmissione di bit di quest'ordine la forma di questi impulsi si modifica e si degrada durante la trasmissione lungo la fibra ottica 5. Questa degradazione può essere provocata dalla stessa fibra ottica e dagli amplificatori ottici utilizzati, i quali generano un'emissione spontanea asincrona di rumore che incide in modo sfavorevole sul rapporto segnale/rumore. Ciascuno di questi effetti dà origine ad un segnale con rumore e ad un accresciuto tasso di errore di bit presso il ricevitore.

Al fine di ridurre il tasso di errore di bit è stato proposto di ridurre le lunghezze delle tratte tra amplificazioni, e di ridurre il numero di tratte prima della rigenerazione che comporta una conversione da segnale ottico a segnale elettrico. Questa soluzione presenta lo svantaggio di un aumento nei costi del sistema e sono richieste più stazioni di rigenerazione, e la penalizzazione in termini di costi dovuta alla rigenerazione in applicazioni DWDM con una gran quantità di canali può essere severa.

In alternativa, al fine di ridurre il tasso di

errore di bit, il livello di soglia di decisione presso il ricevitore può essere adattato per produrre un tasso di errore di bit ottimo. Modifiche considerevoli sarebbero necessarie presso i ricevitori ottici per regolare il livello di soglia così da accettare diversi valori della potenza di ingresso.

Al contrario, l'invenzione utilizza una modulazione ottica in trasmissione ed un ricevitore avente una caratteristica di decisione fissa selezionata in considerazione delle caratteristiche degli impulsi trasmessi.

La figura 2 mostra una porzione del ricevitore con più dettagli. E' mostrato soltanto un singolo ricevitore di canale RX, ma tale disposizione può essere replicata per tutti i canali ottici. Il segnale luminoso in ingresso al ricevitore RX viene rivelato da un rivelatore ottico-elettrico 20, ed il segnale impulsato così risultante viene alimentato, attraverso un amplificatore di transimpedenza 21 a guadagno fisso, verso un circuito di decisione 22 tramite un condensatore 23 che accoppia in alternata il circuito 22 al rivelatore 20 ed all'amplificatore 21.

La forma dell'impulso dei segnali ottici tra-

smessi dal trasmettitore è mostrata nella figura 3, la quale illustra un cosiddetto diagramma ad occhio in cui l'ampiezza dell'impulso è tracciata rispetto al tempo. Una forma di impulso 30 corrispondente ad un uno logico è mostrata sovrapposta ad una forma di impulso 31 corrispondente ad uno zero logico, e si può notare che le forme degli impulsi sono asimmetriche rispetto al punto intermedio 32 dell'ampiezza, cioè è presente una riduzione nel duty cycle degli impulsi. La posizione ammissibile delle forme di impulso è definita dalla maschera d'occhio 33 rettangolare, che è sfalsata rispetto al punto intermedio 32, e questo rettangolo 33 determina il limite della forma degli impulsi che vengono trasmessi, poiché né un impulso corrispondente ad un uno logico né un impulso corrispondente ad uno zero logico possono trovarsi nell'area definita dal rettangolo.

Se il valore di zero logico nominale è 0, ed il valore di uno logico nominale è 1, il livello superiore del rettangolo ha un valore di 0,65 ed il livello inferiore un valore di 0,15. La durata del diagramma ad occhio è  $T$ , che corrisponde alla lunghezza di un singolo impulso. La durata della maschera d'occhio è  $0,2T$ .

Nella figura 2 l'amplificatore 21 è accoppiato in alternata in modo capacitivo al circuito di decisione 22 attraverso il condensatore 23, ed il segnale elettrico che si ottiene dalla conversione da segnale ottico a segnale elettrico è polarizzato all'ingresso del circuito di decisione 22 intorno al livello di soglia - ciò significa che il livello di soglia ed il livello medio del segnale in ingresso sono lo stesso valore.

Il duty cycle  $\gamma$  del segnale ottico è  $\gamma = \frac{t_1}{2T}$ , dove  $t_1$  è l'intervallo di tempo durante il quale il segnale si trova sopra il proprio livello medio e  $T$  è l'intervallo di bit come mostrato nella figura 3.

In un segnale di trasmissione ottico la probabilità di inviare un uno logico è generalmente uguale alla probabilità di inviare uno zero logico poiché il segnale è mescolato ("scrambled") prima della trasmissione al fine di mantenere a 0,5 la probabilità di ciascun simbolo. E' mostrato nella figura 4 un profilo di segnale secondo l'invenzione, in cui, per le condizioni menzionate sopra, il valore medio  $V_M$  del segnale è quello tale per cui le due aree 40, 41 sono uguali.

Per mantenere uguali le due aree quando  $\gamma$  è

minore del 50%,  $\Delta V_1$  deve diventare maggiore di  $\Delta V_0$ . Se il segnale elettrico è polarizzato attraverso il livello di decisione che distingue gli uni logici dagli zeri logici (che è un caso comune nei ricevitori accoppiati in alternata, di cui quello mostrato nella figura 2 è un esempio), gli uni logici sono ulteriormente allontanati dal livello di soglia  $V_M$  alterando la caratteristica del segnale trasmesso, senza dover modificare il ricevitore.

Questo modo di polarizzare il segnale elettrico è autoadattativo e non è influenzato dalla variazione della potenza ottica di ingresso poiché il livello medio del segnale non varia (il segnale è accoppiato in alternata), ed anche se l'ampiezza picco-picco varia, il rapporto  $\Delta V_1/\Delta V_0$  rimane costante poiché è correlato al valore di  $\gamma$  (un parametro del trasmettitore, indipendente dalla potenza ricevuta).

## RIVENDICAZIONI

1. Sistema di trasmissione ottico includente mezzi (2, 3) per la generazione e la trasmissione lungo una fibra ottica (5) di impulsi ottici (30, 31) aventi livelli di uno e zero logico, in cui il diagramma ad occhio degli impulsi ottici (30, 31) include una maschera d'occhio (33) la cui ampiezza media è più vicina al livello di zero logico che al livello di uno logico; e mezzi (9, 10) per ricevere gli impulsi ottici (30, 31) all'estremità remota della fibra ottica (5), e per utilizzare la caratteristica di ampiezza della maschera d'occhio (33) per facilitare la rivelazione dei livelli di uno logico e zero logico in presenza di rumore introdotto durante la trasmissione di detti impulsi (30, 31).

2. Sistema di trasmissione ottico includente mezzi (2, 3) per la generazione e la trasmissione di impulsi ottici (30, 31) lungo una fibra ottica (5) ad una velocità di 3 Gb/s o minore ed aventi livelli di uno logico e zero logico, in cui il diagramma ad occhio degli impulsi ottici (30, 31) include una maschera d'occhio (33) di forma rettangolare, che presenta un limite superiore di circa 0,65 volte il livello di uno logico ed un limite inferiore di

circa 0,15 volte il livello di zero logico.

3. Sistema secondo la rivendicazione 2, in cui, presso un ricevitore ottico (10) all'estremità remota della fibra ottica (5), sono previsti mezzi per utilizzare la caratteristica di ampiezza della maschera d'occhio (33) per facilitare la rivelazione dei livelli di uno logico e zero logico in presenza di rumore introdotto durante la trasmissione di detti impulsi (30, 31).

4. Sistema secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, in cui la maschera d'occhio (33) è un rettangolo avente una posizione temporale centrata sulla posizione dell'ampiezza di picco di un impulso ottico (30).

5. Sistema secondo la rivendicazione 4, in cui la lunghezza (durata) della maschera d'occhio (33) è 0,2 volte l'intervallo di bit (T) del diagramma ad occhio.

6. Sistema secondo la rivendicazione 1 o 3, in cui gli impulsi (30, 31) ricevuti all'estremità remota della fibra ottica (5) sono convertiti in un segnale elettrico e rivelati da mezzi di decisione di soglia (22) i quali sono accoppiati in alternata a precedenti mezzi di conversione (20, 21).

JACOBACCI & PERANI S.p.A.



PER INCARICHI

Ing. Angelo GERBINO  
N. Iscriz. ALBO 488  
In proprio e per gli altri

*Angelo Gerbino*

FIG. 1

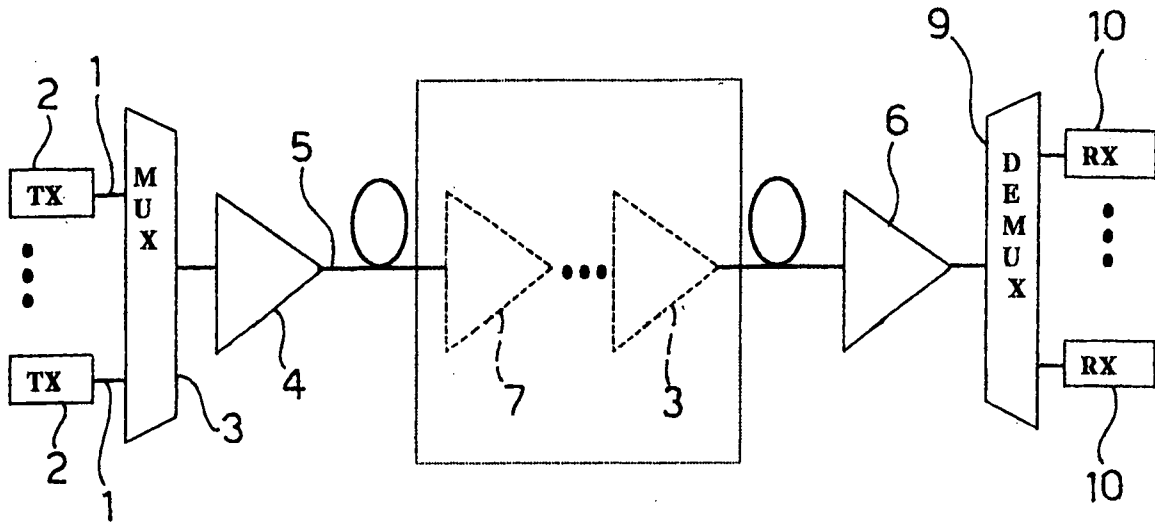


FIG. 2



C.C.I.A.A.  
Torino

*Angelo Gerbino*  
Ing. Angelo GERBINO  
N. Iscriz. ALBO 4RP  
In proprio

FIG. 3

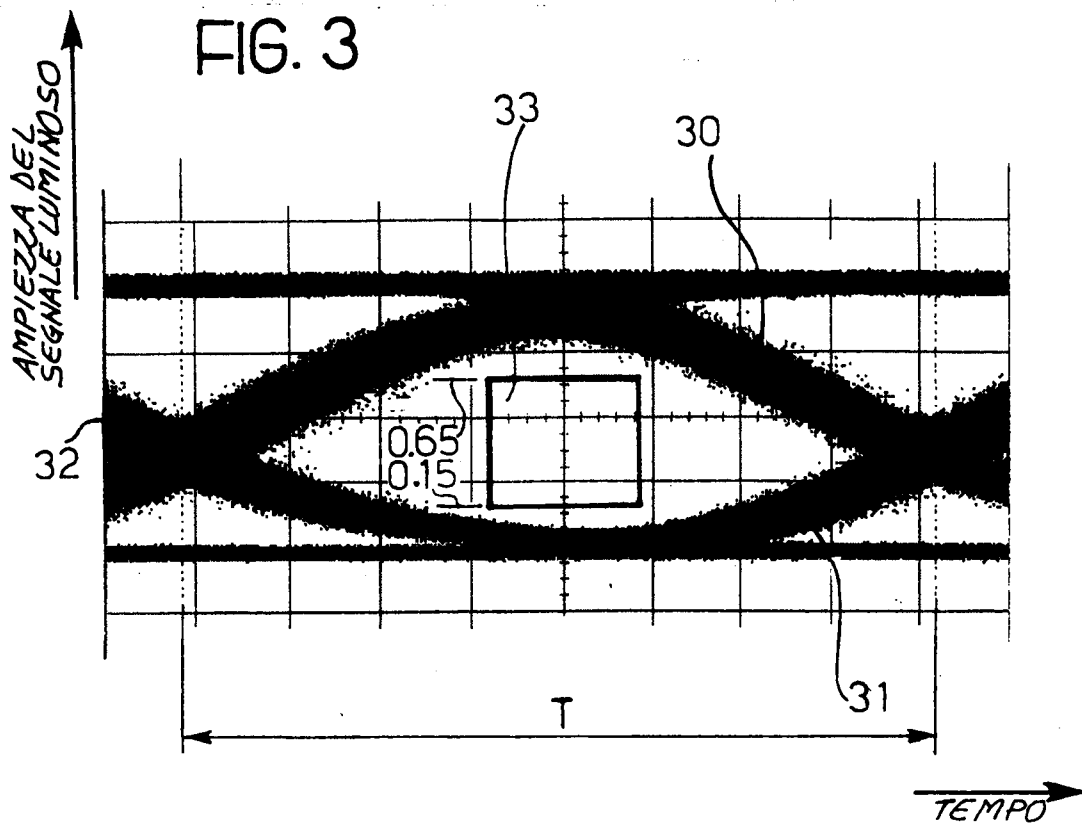
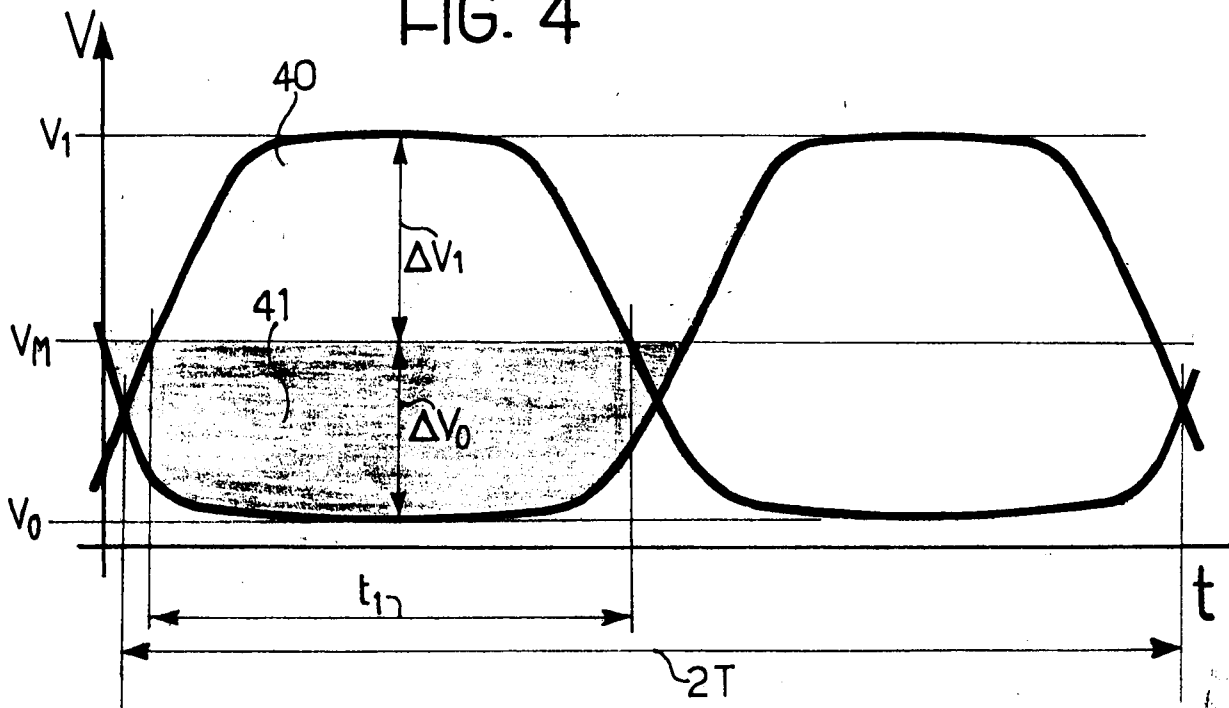


FIG. 4



*Angelo Feltri*  
 C.C.I.A.A. Torino  
 Ing. Angelo Feltri  
 Via ...  
 Torino