



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101995900447564
Data Deposito	13/06/1995
Data Pubblicazione	13/12/1996

Priorità	9407263
Nazione Priorità	FR
Data Deposito Priorità	

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	B		

Titolo

SISTEMA DI TRASMISSIONE SU UNA LINEA A FIBRA OTTICA SENZA RIPETITORE CON
AMPLIFICAZIONI REMOTA E LOCALE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sistema di trasmissione su una linea a fibra ottica senza ripetitore, con amplificazioni remota e locale"

di: ALCATEL SUBMARCOM, nazionalità francese, 30, rue des Chasses, 92111 Clichy Cédex (Francia) FO 20430/ES

Inventori designati: Jean-François MARCEROU, Jean-Pierre BLONDEL, Paul GABLA

Depositata il: 13 GIUGNO 1995

TO 95A0C0491

*** **

Il campo dell'invenzione riguarda trasmissioni di dati su fibra ottica.

Più precisamente, l'invenzione riguarda un sistema di trasmissione, tra un trasmettitore ed un terminale di ricezione, su una linea a fibra ottica senza ripetitore.

Il principale interesse dei sistemi di trasmissione senza ripetitore si basa sull'assenza, in linea, di elementi alimentati elettricamente, ciò che conferisce loro una elevatissima affidabilità.

Per aumentare la portata di questi sistemi, vale a dire aumentare la lunghezza della linea di trasmissione, una soluzione nota consiste nell'utilizzare l'amplificazione ottica spostata. Si tratta di inviare, dal terminale di ricezione, un fascio di luce detto fascio di pompa (per esempio a 1,48 μm), nella direzione di una sezione di fibra drogata (per esempio all'erbio) situata a più decine di chilometri a

monte nella linea di trasmissione. Il fascio di pompa attiva la sezione di fibra drogata che amplifica allora il segnale che trasporta i dati e gli permette di raggiungere il terminale di ricezione con un livello sufficiente.

Per attuare questa amplificazione ottica spostata, il terminale di ricezione comprende un modulo di pompaggio che comprende una sorgente di fascio di pompa ed un multiplessatore a lunghezza d'onda che permette di iniettare il fascio di pompa nella linea di trasmissione.

Un perfezionamento di questa soluzione nota consiste nell'aggiungere all'amplificazione ottica spostata (od amplificazione remota) un'amplificazione ottica locale (nel terminale di ricezione). Questa amplificazione ottica supplementare permette di aumentare la lunghezza di linea che separa la sezione di fibra drogata remota dal terminale di ricezione, e quindi di aumentare la portata del collegamento.

In generale, l'aumento del budget di potenza ottica è di circa 2,5 dB rispetto allo schema di base (cioè ai casi senza amplificazione ottica locale nel terminale di ricezione), ciò che permette un aumento della portata del collegamento.

Sistemi noti che attuano questa amplificazione ottica spostata sono descritti in particolare negli articoli seguenti:

- 401 km. 622 Mbit/s and 357 km, 2,488 Gb/s IM/DD repeaterless transmission experiments using erbium-doped amplifiers and error correcting code ("Prove di trasmissione IM/DD senza ripetitore su 401 km a 622 Mb/s e 357 km a 2,488 Gb/s, utilizzando amplificatori a fibra drogata all'erbio ed un codice correttore di errori"), P.M. Gabla, J.L. Pamart, R. Uhel, E. Leclerc, J.O. Frorud, F.X. Ollivier e S. Bordenieux, Photonics Technology Letters, vol. 4, No. 10, ottobre 1992;

- Performance improvement of direct detection systems using local and/or long distance pumped fiber amplifiers, Fiber and Integrated Optics ("Miglioramento delle prestazioni dei sistemi a rivelazione diretta utilizzando amplificatori locali e/o a grande distanza a fibra pompata"), A. Bjarklev, J.H. Povlsen, K. Rottwitt, O. Lumholt, T. Rasmussen, vol. 10, pp. 215-223, 1991.

In questi sistemi noti, l'amplificazione ottica supplementare (locale) è ottenuta con un amplificatore ottico supplementare, collocato a valle del modulo di pompaggio a distanza. Questo amplificatore ottico supplementare presenta l'inconveniente principale di costituire di per sé un equipaggiamento che rende il terminale di ricezione più complesso e quindi meno affidabile e più costoso.

L'invenzione ha particolarmente come obiettivo quello di ovviare a questo inconveniente principale dello stato

della tecnica.

Più precisamente, uno degli obiettivi della presente invenzione consiste nel fornire un sistema di trasmissione su una linea a fibra ottica senza ripetitori, del tipo che utilizza un'amplificazione ottica spostata ed un'amplificazione ottica supplementare (locale), l'attuazione dell'amplificazione ottica supplementare essendo poco costosa e facile da realizzare.

L'invenzione ha pure come obiettivo quello di fornire un tale sistema in cui l'attuazione dell'amplificazione ottica supplementare non richiede l'introduzione di alcun elemento attivo supplementare.

Questi obiettivi, come pure altri che risulteranno dal seguito, sono realizzati secondo l'invenzione mediante un sistema di trasmissione su una linea a fibra ottica senza ripetitore tra un trasmettitore ed un terminale di ricezione, del tipo che utilizza un'amplificazione ottica remota ed un'amplificazione ottica locale in ricezione, detta amplificazione ottica remota consistendo nell'inviare, dal terminale di ricezione, un fascio di pompa in direzione di almeno una sezione di fibra drogata remota situata a monte nella detta linea a fibra ottica, detto terminale di ricezione comprendendo in particolare mezzi di pompaggio, che permettono di generare detto fascio di pompaggio e di iniettarlo in detta linea a fibra ottica, e mezzi per realizzare detta

amplificazione ottica locale, i detti mezzi di realizzazione dell'amplificazione ottica locale essendo costituiti da almeno una sezione di fibra drogata locale, situata in detto terminale di ricezione, tra i detti mezzi di pompaggio e detta linea a fibra ottica.

Il principio dell'invenzione consiste quindi nel realizzare l'amplificazione ottica locale (o supplementare) grazie ad una sezione di fibra drogata in luogo di un amplificatore ottico supplementare (collocata a valle dei mezzi di pompaggio) come avviene nei sistemi noti dello stato della tecnica.

Poichè la sezione di fibra drogata locale è situata tra i mezzi di pompaggi e la linea a fibra ottica, il fascio di pompa (molto potente in questo punto) attiva pure la sezione di fibra drogata locale che assicura quindi un'amplificazione sufficiente con un livello di rumore molto basso. Il fascio di pompa è debolmente attenuato dal suo passaggio nella fibra drogata locale (circa 0,5 dB di attenuazione) e la sua potenza rimane sufficiente per attivare la fibra drogata remota. In altri termini, il fascio di pompa generato dai mezzi di pompaggio permette di attivare la sezione di fibra ottica drogata remota e la sezione di fibra ottica drogata locale.

L'attuazione dell'amplificazione ottica supplementare richiede soltanto l'aggiunta della sezione di fibra drogata

locale e quindi di nessun elemento attivo. Il suo costo è quindi ridotto e la realizzazione facilitata.

Convenientemente detta sezione di fibra drogata locale è drogata all'erbio.

Preferibilmente, detti mezzi per realizzare l'amplificazione ottica locale ed i mezzi di pompaggio costituiscono un unico modulo fisico del terminale di ricezione.

Ciò corrisponde a collocare i mezzi di realizzazione dell'amplificazione ottica locale nei mezzi di pompaggio. Così, l'amplificazione ottica locale non richiede un equipaggiamento lontano all'interno del terminale di ricezione.

Altre caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno dalla lettura della descrizione che segue di una forma di attuazione preferita dell'invenzione, data a titolo di esempio indicativo e non limitativo, e dai disegni annessi, in cui:

la figura 1 presenta uno schema semplificato di un sistema di trasmissione noto dallo stato della tecnica; e

la figura 2 presenta uno schema semplificato di un sistema di trasmissione secondo l'invenzione.

Il sistema noto dello stato della tecnica (figura 1) ed il sistema dell'invenzione (figura 2) comprendono ciascuno una linea a fibra ottica 1 che permette di collegare un trasmettitore 2 ad un terminale di ricezione 3, 3'. La linea a fibra ottica 1 è senza ripetitore. Il terminale di rice-

zione 3, 3' comprende in particolare un ricevitore 4 preceduto da un filtro 5.

Questi due sistemi (figure 1 e 2) attuano un'amplificazione mediante pompaggio spostato.

Il terminale di ricezione 3, 3' comprende a tal fine un modulo di pompaggio 6 costituito da una pompa 7, che permette di generare un fascio di pompa e da un multiplessatore 8 (a lunghezza d'onda), che permette di iniettare il fascio di pompa nella linea a fibra ottica 1.

A monte nella linea a fibra ottica 1, il sistema comprende una sezione di fibra drogata 9 (per esempio all'erbio) distante più decine di chilometri dal terminale di ricezione 3, 3'. Il fascio di pompa 10 attiva questa sezione di fibra drogata che amplifica allora il segnale di dati e gli permette di raggiungere il terminale di ricezione 3, 3' con un livello sufficiente.

I due sistemi (figure 1 e 2) utilizzano pure un'amplificazione supplementare nel terminale di ricezione 3, 3'. Così, ci si allontana maggiormente dalla sezione di fibra drogata distante 9 e si aumenta quindi la portata del collegamento.

Nel caso del sistema noto dello stato della tecnica (figura 1), l'amplificazione supplementare è ottenuta con un amplificatore ottico supplementare 11 collocato nel terminale di ricezione, tra il modulo di pompaggio 6 ed il filtro

5. Questo amplificatore ottico supplementare il costituisce di per sè un equipaggiamento fisico del terminale di ricezione 3.

Nel caso del sistema dell'invenzione (figura 2), l'amplificazione supplementare è ottenuta con una sezione di fibra drogata 12 (per esempio all'erbio), posta nel terminale di ricezione 3', tra la linea a fibra ottica 1 ed il modulo di pompaggio 6.

Questa tecnica non comporta vincoli sul tipo di connettore (non rappresentato) che può essere utilizzato all'entrata del terminale di ricezione 3'. Così, per esempio, l'utilizzazione di un connettore molto corrente, del tipo FcPc (di interfaccia perpendicolare all'asse di trasmissione ottica), non si traduce con una degradazione della qualità di trasmissione. In altri termini, la combinazione del guadagno della sezione di fibra drogata locale 12 (12 dB) e delle riflessioni dovute al connettore di entrata ed alla fibra di linea 1 non comporta penalità.

Nell'esempio presentato nella figura 2, la sezione di fibra ottica drogata locale 12 ed il modulo di pompaggio 6 costituiscono un unico modulo fisico 13.

La sezione di fibra drogata locale 12 è attivata dallo stesso fascio di pompa 10 come quello che permette l'attivazione della sezione di fibra drogata remota 9. In altri termini, si può utilizzare la stessa pompa 7 e lo stesso multi-

plessatore 8 per l'amplificazione spostata e per l'amplificazione locale nel terminale di ricezione 3'.

In generale, un isolatore (non rappresentato) è posto tra la sezione di fibra drogata remota 9 e la linea a fibra 1 situata a monte. Inoltre, un isolatore (non rappresentato) è posto tra il multiplessatore 8 ed il filtro 5.

Il seguito della descrizione riguarda un esempio di sperimentazione del sistema secondo l'invenzione nel caso particolare di una trasmissione che presenta le caratteristiche seguente:

- una velocità di trasmissione di 622 Mbit/s;
- una distanza $D1 = 200$ km di linea a fibra ottica 1 tra il trasmettitore 2 e la sezione di fibra drogata remota 9;
- una distanza $D2 = 38$ km di linea a fibra ottica 1 tra il terminale di ricezione 3' e la sezione di fibra drogata remota 9;
- una potenza di pompa $P = 50$ mW ad $1,48 \mu\text{m}$, iniettata nella linea a fibra ottica 1 a partire dal terminale di ricezione 3';
- una lunghezza $L1 = 25$ m di sezione di fibra drogata remota 9 che possiede una concentrazione in ioni erbio di circa 100 ppm;
- una lunghezza $L2 = 10$ m di sezione di fibra drogata locale 12 che possiede una concentrazione di ioni er-

bio di circa 100 ppm.

La potenza di pompa ricevuta dalla sezione di fibra drogata remota 9 è di circa 7 mW ed il guadagno in questa sezione di fibra drogata remota 9 è di 20 dB. Il guadagno nella sezione di fibra drogata lontana 12 è di 12 dB.

All'entrata della sezione di fibra drogata remota 9, la potenza ottica (chiamata soglia di rivelazione) richiesta per ottenere un tasso di errore binario di trasmissione uguale a 10^{-9} è uguale a -45,5 dBm.

Senza la tecnica di amplificazione ottica spostata, la soglia di rivelazione all'entrata del ricevitore è uguale a -42 dBm, ossia uno scarto di 3,5 dB.

Con un'amplificazione ottica spostata ed un'amplificazione ottica locale ottenuta con una sezione di fibra drogata locale 12 (secondo l'invenzione), l'aumento del budget di potenza ottica è uguale al miglioramento della soglia di rivelazione (3,5 dB) più la perdita dei 38 km di fibra (7,3 dB), ossia in totale 10,8 dB.

Con un'amplificazione ottica spostata ed un'amplificazione ottica locale ottenuta con un amplificatore ottico supplementare 11 (secondo la tecnica anteriore), l'aumento di budget di potenza ottica è uguale ad 11,3 dB (invece di 10,8 dB nel caso dell'invenzione). Si noti che questo scarto di 0,5 dB è dovuto all'attenuazione del fascio di pompa 10 nella sezione di fibra drogata locale 12.

Questo esempio mostra che l'utilizzazione di un amplificatore ottico supplementare 11 comporta soltanto un debole aumento del budget ottico (+0,5 dB) rispetto alla nuova soluzione proposta (figura 2). In generale, questa piccola differenza non giustifica la complessità ed il costo supplementari dovuti all'utilizzazione di un amplificatore ottico supplementare.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di trasmissione su una linea a fibra ottica (1) senza ripetitore tra un trasmettitore (2) ed un terminale di ricezione (3'), del tipo che attua un'amplificazione ottica remota ed un'amplificazione ottica locale in ricezione, detta amplificazione ottica remota consistendo nell'inviare, a partire dal terminale di ricezione (3'), un fascio di pompa (10) in direzione di almeno una sezione di fibra drogata remota (9) situata a monte nella detta linea a fibra ottica (1), detto terminale di ricezione (3') comprendendo in particolare mezzi (6) di pompaggio, che permettono di generare detto fascio di pompa (10) e di iniettarlo in detta linea a fibra ottica (1), e mezzi per realizzare detta amplificazione ottica locale,

caratterizzato dal fatto che detti mezzi (12) per realizzare l'amplificazione ottica locale sono costituiti da almeno una sezione di fibra drogata locale, situata in detto terminale di ricezione (3'), tra detti mezzi (6) di pompaggio e detta linea a fibra ottica (1).

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta sezione di fibra drogata locale (12) è drogata all'erbio.

3. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 e 2, caratterizzato dal fatto che detti mezzi (12) di realizzazione dell'amplificazione ottica locale ed i mezzi (6) di

pompaggio costituiscono un unico modulo fisico (13) del terminale di ricezione (3').

PER INCARICO

Dott. Francesco SERRA
N. Iscritt. ALBO 90
(in proprio e per gli altri)



JACOBIACCI & PERANI S.P.A.

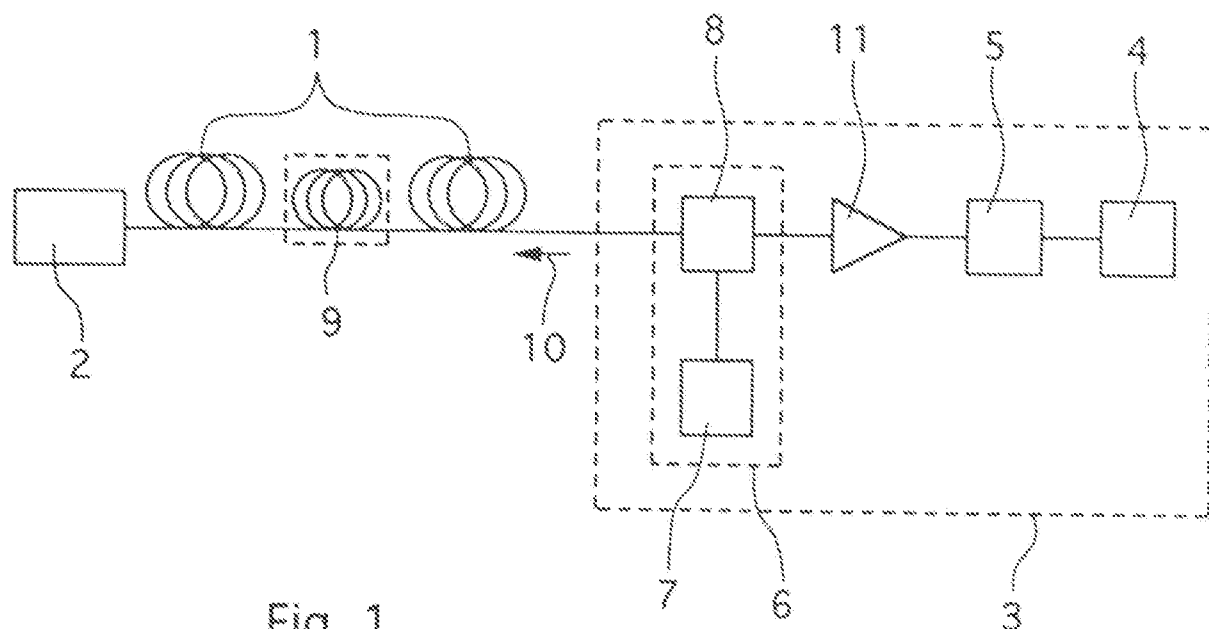


Fig. 1

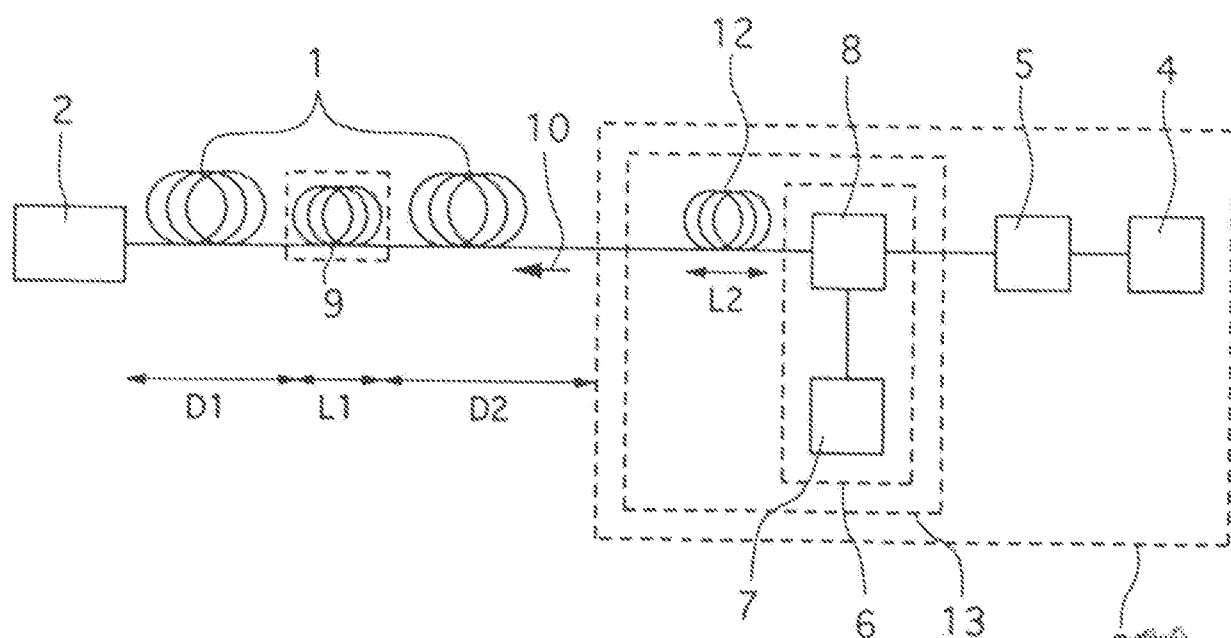


Fig. 2

