



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900621895
Data Deposito	10/09/1997
Data Pubblicazione	10/03/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	M		

Titolo

SISTEMA E METODO DI TELECOMUNICAZIONE UTILIZZANTE PONTI RADIO

Descrizione dell'invenzione dal titolo:

MI 97 A 2060

"Sistema e metodo di telecomunicazione utilizzante ponti radio "

a nome SIAE Microelettronica S.p.A.

10 SET. 1997

DESCRIZIONE

- 5 La presente invenzione si riferisce a un sistema e a un metodo di telecomunicazione utilizzante ponti radio.

Trova applicazione in particolare in ponti radio senza riuso di frequenza e il maggior beneficio si ha per le medie e grandi capacità (480 canali telefonici e superiori), per le loro intrinseche maggiori difficoltà.

- 10 Nei sistemi di telecomunicazione utilizzanti ponti radio, cioè aventi un trasmettitore con una antenna trasmittente ed un ricevitore con almeno una antenna ricevente, il segnale all'uscita dell'antenna ricevente può essere considerato composto dalla composizione di una pluralità di segnali che hanno subito durante il loro viaggio attenuazioni e ritardi. I ritardi subiti dai segnali sono
- 15 dovuti alla diversa lunghezza dei cammini che un segnale può percorrere tra l'antenna di trasmissione e l'antenna di ricezione e le attenuazioni sono dovute principalmente alle variazioni di propagazione (fading) incontrate lungo questi cammini.

- E' noto che la combinazione di questi segnali, all'antenna di ricezione, fa sì che
- 20 il segnale all'uscita dell'antenna stessa risulta di ampiezza variabile e distorto in ampiezza e fase in funzione della combinazione costruttiva o meno dei segnali ricevuti. Il segnale all'uscita della antenna di ricezione, in alcuni casi può addirittura avere un rapporto segnale/rumore (S/N) e/o una distorsione tali da

risultare temporaneamente degradato al punto da non poter recuperare l'informazione in esso contenuta, così che si ha un fuori servizio temporaneo del collegamento radio. Si chiamino primari i segnali modulati dall'informazione e ricevuti in antenna.

- 5 E' noto l'uso della tecnica a diversità di spazio e/o di frequenza per ridurre i tempi di fuori servizio del ponte radio e permettere la ricezione di segnali di ampiezza e distorsione tali da consentire il recupero dell'informazione.

Per diversità di frequenza si intende l'uso di una frequenza alternativa abbastanza lontana da quella operativa per quel canale da usarsi in caso di

- 10 fuori servizio temporaneo della frequenza primaria. Tale tecnica necessita tipicamente di un sistema di controllo e di commutazione tra le informazioni ottenute demodulando i due segnali primari.

Per diversità di spazio si intende normalmente l'uso di due antenne di ricezione distanziate in modo che i due segnali primari così ricevuti siano sufficientemente

- 15 scorrelati così che se uno di essi risulta degradato vi sia una buona probabilità che all'altra antenna venga ricevuto un segnale in condizioni almeno sufficienti.

A questo punto il rimedio al degrado può essere fornito dall'uso di un opportuno circuito di scambio tra i segnali demodulati, detti anche in banda base, per poter fruire del migliore; oppure i segnali in uscita dalle due antenne sono

- 20 opportunamente combinati in modo da avere un unico segnale in condizioni sufficienti. Un combinatore di tale genere esegue la somma dei segnali primari ricevuti dopo una opportuna amplificazione relativa ed una correzione della loro fase relativa.

Normalmente si ritiene che la funzione della diversificazione sia quella di fornire due segnali che non siano contemporaneamente soggetti a distorsione temporale (fading). Questo si ottiene da una diversità di spazio e/o frequenza: l'entità della spaziatura tra le antenne e/o tra le frequenze determina appunto il grado di scorrelazione che consente di ridurre la probabilità di degrado congiunto. Normalmente, in una banda a microonde come il 6 GHz, ad esempio, in cui debba essere realizzato un lungo collegamento (60 km) in condizioni climatiche difficili (Val Padana, in mesi estivi, in assenza di vento) ci si può trovare nella necessità di dover ricorrere alla diversità di spazio mediante due antenne di ricezione: difficilmente la distanza tra le antenne potrebbe essere inferiore ai 6 metri.

E' altresì noto l'uso di trasmettere differenti informazioni su segnali aventi la stessa frequenza (riuso di frequenza) ma polarizzati in antenna ortogonalmente tra di loro. Ad esempio un primo segnale è trasmesso con la polarizzazione verticale ed un secondo segnale è trasmesso con la polarizzazione orizzontale. In questo modo è possibile trasmettere più segnali per unità di banda. In ricezione i due segnali vengono trattati separatamente, e si utilizzano circuiti atti ad eliminare le interferenze che si vengono a creare tra di essi.

La Richiedente ha trovato che utilizzando un sistema a diversità di polarizzazione, cioè la trasmissione di due segnali identici (stessa frequenza, stessa fase e stessa informazione modulata) con polarizzazioni diverse (diversità di polarizzazione), la piccola differenziazione di fading che hanno i due segnali, anche se entrambi degradati ma in modo diverso (scorrelazione), è

sufficiente ad un combinatore in banda base a fornire un segnale combinato sufficiente al recupero dell'informazione in esso contenuta per un tempo superiore rispetto al normale caso in cui venga trasmesso un solo segnale con una sola polarizzazione, riducendo i tempi di fuori servizio di un ponte radio.

- 5 La Richiedente ha inoltre trovato che è possibile abbinare la tecnica a diversità di polarizzazione con la tecnica a diversità di spazio migliorando ulteriormente le prestazioni.

La Richiedente ha inoltre trovato che utilizzando anche due antenne in trasmissione, una per polarizzazione, si migliorano ulteriormente le prestazioni.

- 10 La Richiedente ha inoltre trovato che un combinatore in banda base è in grado di ricostruire un buon segnale dalla combinazione di più segnali anche fortemente individualmente distorti ma sufficientemente diversificati nei valori di ampiezza e fase.

In un suo primo aspetto, la presente invenzione si riferisce ad un sistema di

- 15 telecomunicazione utilizzante ponti radio comprendente:

- mezzi di trasmissione atti a produrre un primo segnale ed un secondo segnale di comunicazione aventi una stessa frequenza e fase di trasmissione e modulati da uno stesso segnale di modulazione,

- almeno una antenna trasmittente in grado di trasmettere detto primo segnale

- 20 di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione diversa da detta prima polarizzazione,



- almeno un antenna ricevente in grado di ricevere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione,
 - mezzi di ricezione atti a ricevere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione, e atti a produrre un primo segnale ricevuto ed un secondo segnale ricevuto,
 - mezzi di combinazione atti a combinare detto primo segnale ricevuto e detto secondo segnale ricevuto in banda base.
- 10 In un suo secondo aspetto, la presente invenzione si riferisce ad un metodo di telecomunicazione mediante ponte radio comprendente le fasi di:
- trasmettere un primo segnale di comunicazione avente una prima polarizzazione,
 - trasmettere un secondo segnale di comunicazione avente una seconda polarizzazione, detta secondo segnale essendo identico a detto primo segnale,
 - ricevere detto primo segnale di comunicazione avente una prima polarizzazione,
 - ricevere detto secondo segnale di comunicazione avente una seconda polarizzazione,
 - demodulare detto primo segnale di comunicazione,
 - demodulare detto secondo segnale di comunicazione,
 - combinare detto primo segnale demodulato e detto secondo segnale demodulato in banda base.

Ulteriori caratteristiche ed aspetti della presente invenzione sono riportate nelle rivendicazioni dipendenti.

L'utilizzo della diversità di polarizzazione permette di ridurre il tempo di fuori uso di un ponte radio rispetto al caso in cui venga trasmesso un segnale con una
5 sola polarizzazione.

In particolare l'abbinamento della tecnica a diversità di polarizzazione con la tecnica a diversità di spazio migliora ulteriormente le prestazioni del sistema a ponte radio. Le prestazioni subiscono un ulteriore miglioramento con l'uso di due antenne trasmettenti spaziate, una per la trasmissione della polarizzazione
10 orizzontale ed una per la trasmissione della polarizzazione verticale.

Si ha un sistema di diversità a 4 vie ma con solo due antenne per sito di trasmissione e sito di ricezione.

L'efficienza della combinazione di banda base, cioè dei segnali demodulati, consente di realizzare una ricezione in diversità con il costo infrastrutturale di
15 una sola antenna.

Tali soluzioni presentano il vantaggio di ridurre notevolmente il margine sulla soglia di rumore richiesto per soddisfare i requisiti di una tratta difficile: questo consente anche di ridurre il diametro delle antenne, che fa crescere molto i costi quando si superano i 3 metri.

20 Consente inoltre di soddisfare i requisiti di qualità anche senza bisogno della diversità di frequenza: il particolare può essere molto importante per quegli utilizzatori che intendono o possono affittare un solo canale a RF.

La diversità di polarizzazione con una sola antenna (fig.1) può risolvere le prestazioni di tratte di media difficoltà che a volte vengono realizzate in diversità di spazio, riducendo il costo delle infrastrutture.

L'invenzione verrà ora illustrata in maggior dettaglio con l'ausilio dei disegni

5 allegati in cui:

figura 1 rappresenta un sistema di telecomunicazione a ponte radio secondo una prima forma di realizzazione della presente invenzione,

figura 2 rappresenta un sistema di telecomunicazione a ponte radio secondo una seconda forma di realizzazione della presente invenzione,

10 figura 3 rappresenta un sistema di telecomunicazione a ponte radio secondo una terza forma di realizzazione della presente invenzione,

figura 4 rappresenta uno schema a blocchi relativo alla demodulazione di due segnali e del combinatore in banda base in accordo ad una forma di realizzazione della presente invenzione.

15 Dove possibile sono stati usati gli stessi riferimenti numerali riferendosi agli stessi elementi per tutte le figure.

Riferendosi alla figura 1 il segnale recante l'informazione da trasmettere, è applicato all'ingresso 1 di un trasmettitore 2.

Il trasmettitore 2 comprende i circuiti necessari a convertire l'informazione in un
20 segnale atto ad essere trasmesso.

Il sistema secondo l'invenzione non pone vincoli al sistema eventuale di codifica dell'informazione, che è un processo più esterno a quello in oggetto, così come non

pone vincoli al tipo di modulazione utilizzato. Negli esempi citati si fa riferimento ad una modulazione di tipo in quadratura e a multilivello (MQAM)

Un oscillatore locale 4 produce una frequenza che corrisponde alla portante del segnale da trasmettere ed è applicata al trasmettitore 2 tramite una connessione 3.

- 5 Il trasmettitore 2 comprende inoltre mezzi in grado di trasferire il segnale pronto a trasmettere ad una antenna 5.

In particolare il trasmettitore 2 trasferisce due segnali identici (stessa portante, in frequenza e fase, e stessa informazione modulata) all'antenna 5, ad esempio dividendo su due vie il segnale mediante un divisore passivo, non mostrato.

- 10 L'antenna 5 è in grado di trasmettere i due segnali ricevuti con due diverse polarizzazioni, ad esempio una orizzontale H ed una verticale V.

Una antenna ricevente 6 riceve i segnali aventi due polarizzazioni diverse H e V e li instrada verso due percorsi distinti.

- In particolare il segnale con la polarizzazione H viene inviato ad un ricevitore 7 ed il
15 segnale con la polarizzazione V viene inviato ad un ricevitore 10, che ha con in comune con il 7, non mostrato, l'oscillatore a microonde di conversione o a frequenza intermedia o, eventualmente, di demodulazione diretta in banda base

I ricevitori 7 e 10 forniscono ciascuno un segnale ad un combinatore in banda base 8, il quale produce un segnale in banda base su una uscita 9.

- 20 I ricevitori 7 e 10 comprendono i circuiti necessari per fornire al combinatore 8 un segnale in banda base.

Il sistema qui descritto rappresenta un sistema di telecomunicazioni a diversità di polarizzazione.



Lo stesso, identico segnale, cioè avente la stessa frequenza portante e la stessa informazione modulata, viene trasmesso con 2 polarizzazioni diverse, e in ricezione i due segnali vengono combinati tra di loro con un combinatori in banda base 8.

In questo modo se entrambi i segnali, per fenomeni di propagazione, risultassero entrambi degradati, la combinazione dei due segnali a diversità di polarizzazione ha maggiori probabilità di restituire l'informazione trasmessa in modo intelligibile, e quindi la possibilità di recupero dell'informazione.

Sono noti ai tecnici del ramo i concetti di tasso di errore BER (Bit Error Rate) e di firma di un ponte radio numerico che concorrono alla seguente definizione di intelligibilità: essa esiste quando il rapporto segnale/rumore (S/N) è migliore di un certo valore di soglia tipica della modulazione usata a cui è associata un tasso di errore relativo alla condizione di degrado. Nei ponti radio numerici citati aventi un largo spettro emesso, si raggiunge il degrado, come detto, non solo per il raggiungimento della soglia di rumore termico, ma anche per un tasso di distorsione dello spettro del segnale tale da deformarlo fino a intaccare la sua zona più interna racchiusa dalla firma. E' noto che la propagazione agisce su entrambe le ragioni di degrado in modo casuale.

Il combinatori in banda base 8 è in grado di ricostruire un buon segnale dalla combinazione di due segnali anche se fortemente distorti ma aventi bassa correlazione.

Il sistema di figura 2, oltre ai blocchi già descritti per la figura 1, riporta una seconda antenna ricevente 11 posta ad una predeterminata distanza dalla antenna 6 in

modo da avere un sistema combinato a diversità di polarizzazione e a diversità di spazio.

L'antenna ricevente 11 riceve i segnali aventi due polarizzazioni diverse H e V, e li instrada verso due percorsi distinti.

- 5 In particolare il segnale con la polarizzazione H viene inviato ad un ricevitore 12 ed il segnale con la polarizzazione V viene inviato ad un ricevitore 13.

I ricevitori 12 e 13 forniscono ciascuno un segnale al combinatore in banda base 8, il quale produce un segnale in banda base su un uscita 9.

- 10 Il combinatore in banda base 8 in questo caso combina 4 segnali, uno con polarizzazione orizzontale H e uno con polarizzazione verticale V, provenienti da una antenna 6 e uno con polarizzazione orizzontale H e uno con polarizzazione verticale V, provenienti da una altra antenna 11 posta ad una distanza predeterminata dalla prima.

- 15 Le due antenne 6 e 11 ricevono due segnali ciascuna provenienti da due cammini diversi, si presuppone quindi che abbiano subito distorsioni e/o attenuazioni (fading) differenti.

- La probabilità di ottenere un segnale di qualità sufficiente al recupero dell'informazione in questo caso risulta superiore a quella del sistema rappresentato in figura 1. L'entità minima del miglioramento può essere valutata con gli usuali
20 criteri di stima del miglioramento dato dalla diversità di spazio. Si è detto minima in quanto quei criteri normalmente valutano la probabilità che almeno una delle due vie in diversità di spazio sia priva di degrado, mentre il combinatore di banda base consente di superare questo limite.

Per fare un esempio delle prestazioni date dal combinatore in banda base si consideri che esso fornisce un miglioramento della soglia termica del segnale combinato rispetto al segnale singolo di circa 2,5 dB; oppure, per quanto attiene alla sensibilità alle distorsioni definita dalla firma, esso fornisce un segnale combinato con una firma avente area equivalente al massimo a 1/8 di quella del segnale singolo. Ciò vuol dire che si otterrebbe degrado se le deformazioni spettrali dei due segnali si localizzassero all'interno della stessa ottava porzione della singola firma.

Il sistema qui descritto rappresenta un sistema di telecomunicazione a diversità di polarizzazione e a diversità di spazio.

10 Riferendosi ora alla figura 3, il segnale da trasmettere è fornito all'ingresso 1 ad un trasmettitore 2 ed a un trasmettitore 15. Un oscillatore locale 4 fornisce una frequenza portante al trasmettitore 2 tramite una connessione 3 e al trasmettitore 15 tramite una connessione 14.

Il trasmettitore 2 trasferisce il segnale pronto da trasmettere all'antenna 5. L'antenna 15 5 trasmette il segnale secondo una polarizzazione ad esempio orizzontale H.

Il trasmettitore 15 trasferisce il segnale pronto da trasmettere all'antenna 16. L'antenna 16 trasmette il segnale secondo una polarizzazione ad esempio verticale V.

La sezione di ricezione è analoga a quella già descritta e riportata in figura 2.

20 Il sistema qui descritto rappresenta un sistema di telecomunicazione a diversità di polarizzazione e a diversità di spazio con la particolarità di avere due antenne trasmettenti distanziate opportunamente che trasmettono ognuna una diversa polarizzazione del segnale. Normalmente esso non presenta un aggravio di costo

rispetto al sistema di figura 2, per la presenza della seconda antenna 16: essa è già presente per il fatto che il collegamento è bidirezionale, così che il sito di trasmissione è anche sito di ricezione, anche se non indicato.

Le antenne 5 e 16 trasmettono lo stesso identico segnale ma con due polarizzazioni
5 diverse.

Le due antenne riceventi 6 e 11 ricevono ciascuna due diverse versioni della stessa informazione trasmessa, ma uno proviene da una polarizzazione verticale V e l'altro dalla polarizzazione orizzontale H. I due segnali ricevuti, da ogni antenna, provengono da antenne, 5 e 16, spazialmente diverse e, le diverse polarizzazioni,
10 percorrono cammini diversi; si ritiene quindi che tali segnali abbiano subito attenuazioni e distorsioni (fading) diversi.

Il segnale viene ricevuto in diversità di spazio per ogni polarizzazione, avendo così effettuato una diversificazione dello stesso segnale su quattro percorsi che subiscono distorsioni tra loro scorrelate.

15 In questo modo si aumenta ulteriormente la probabilità di ottenere un segnale combinato di qualità sufficiente al recupero dell'informazione.

In trasmissione si utilizzano due trasmettitori 2 e 15, in quanto si presuppone di utilizzare, oltre al trasmettitore 2 di lavoro, il trasmettitore 15 di un "1+0 hot stand-by" ossia si utilizza la parte trasmittente di riserva o di ridondanza presente in ogni caso
20 in un ponte radio. In alternativa è possibile utilizzare un solo trasmettitore e dividere il segnale uscente su due vie tramite ad esempio un divisore passivo.

Tra i ricevitori 7, 10, 12 e 13 esistono delle connessioni tra di essi, non mostrate nelle figure 1, 2 e 3, che vengono utilizzate per fornire lo stesso segnale di

oscillatore locale per la conversione a frequenza intermedia, per fornire il segnale per la demodulazione di ciascuno dei 4 segnali, e per fornire un'unica frequenza di clock per il campionamento degli stessi.

Riferendosi alla figura 4, lo schema a blocchi comprende la parte terminale di due
5 ricevitori, relativa alla demodulazione coerente, e un combinatore in banda base a due ingressi come ad esempio quello riportato in figura 1, ma è da intendersi che i concetti che verranno qui di seguito esposti possono essere estesi anche al caso di quattro ricevitori e a combinatori a quattro ingressi come descritti in figura 2 e 3, mediante replica dei blocchi e dei percorsi che formano gli addendi al blocco
10 sommatore 41. Inoltre è possibile utilizzare tali concetti per un numero superiore di ricevitori.

Nella normale consuetudine di modulazioni MQAM, i segnali mostrati nei percorsi sono da intendersi complessi, così come i blocchi che li elaborano.

I segnali a radio frequenza o a frequenza intermedia, dopo essere stati elaborati e
15 convertiti eventualmente a frequenza intermedia da circuiti non mostrati in figura 4, sono connessi all'ingresso 30 di un moltiplicatore complesso 31, per quanto riguarda ad esempio il segnale ricevuto con polarizzazione verticale V, e all'ingresso 36 di un moltiplicatore complesso 37, per quanto riguarda ad esempio il segnale ricevuto con polarizzazione orizzontale H.

20 Il segnale uscente dal moltiplicatore 31 è applicato ad un campionatore 32 e quindi ad un equalizzatore adattativo a spaziatura frazionata 33. Il segnale uscente dall'equalizzatore 33 è fornito ad un moltiplicatore 34 e successivamente ad un

sommatore 41. L'uscita del sommatore 41 è applicato ad un decisore a soglia 42 che fornisce i dati decodificati ad una uscita 43.

Il segnale uscente dal moltiplicatore 37 è applicato ad un campionatore 38 e quindi ad un equalizzatore adattativo a spaziatura frazionata 39. Il segnale uscente
5 dall'equalizzatore 39 è fornito ad un moltiplicatore 40 e successivamente al sommatore 41. L'uscita del sommatore 41 è anche connessa ad un ingresso di un blocco di recupero di portante 48. Un uscita secondaria del decisore a soglia 42, fornente un errore quadrato, come di seguito precisato, è connesso ad un secondo ingresso del blocco di recupero di portante 48. L'uscita del blocco di recupero di
10 portante 48 è connesso ad un oscillatore controllato in tensione 47 (Variable Controlled Oscillator). L'uscita dell'oscillatore 47 è connesso ad un secondo ingresso del moltiplicatore 37 e ad un secondo ingresso del moltiplicatore 31. Non è mostrato che i moltiplicatori complessi sono costituiti da due dispositivi uguali, di cui uno riceve il segnale di oscillatore previo uno sfasamento fisso di 90° . Il recupero della
15 portante è utilizzato per la demodulazione coerente del segnale ricevuto, cioè in fase con la portante modulata in trasmissione.

L'uscita del sommatore 41 è anche connessa ad un ingresso del decisore circolare 46, la cui uscita è applicata agli equalizzatori 33 e 39 fornendogli i dati per l'aggiornamento dei coefficienti. L'uscita del decisore circolare 46 è anche applicata
20 ai blocchi per il calcolo dei coefficienti moltiplicativi 35 e 45, le cui uscite sono rispettivamente connesse ai moltiplicatori 34 e 40.

L'uscita del campionatore 32 e l'uscita del campionatore 38 sono connessi anche al blocco di recupero di clock 44. L'uscita del blocco 44 fornisce la frequenza di campionamento ai campionatori 32 e 38.

Il recupero di clock è per il campionamento del segnale ricevuto in modo sincrono
5 al segnale modulante di trasmissione.

Il recupero clock, effettuato dal blocco di recupero di clock 44, appartiene alla famiglia dei recuperi di clock non aiutati dai dati: cioè si serve dei campioni del segnale ricevuto prima di essere processato. Il processo quindi dispone del clock già recuperato e agganciato evitando una prima condizione di recupero
10 congiunto alla condizione di intelligibilità o meno dell'informazione ricevuta. Il metodo utilizzato per il recupero di clock usa due campioni per tempo di simbolo per ciascuno dei segnali da trattare ed è del tipo già proposto da Gardner: in questo caso viene esteso a più segnali che contribuiscono tutti al calcolo dell'aggiornamento istantaneo dell'istante di campionamento τ_{k+1} con il metodo
15 del gradiente stocastico.

[Riferimenti: F.M. Gardner, "Demodulator Reference Recovery Techniques Suited For Digital Implementation", ESA Final Report Estec n. 6847/86/NL/D4 August 1988.

F.M. Gardner, " A BPSK/QPSK Timing-Error Detector For Sampled Receivers",
20 IEEE Transaction on Comm. Vol. COM-34 pagg. 423-429 May 1986.]

$$\tau_{k+1} = \tau_k - \text{stsz} \cdot \left(X_{k+1,i} - X_{k,i} \right) \cdot X_{k-1/2,i}$$

Nella formula si indica con k l'istante di tempo, con i il numero del segnale (da 1 al numero dei segnali in diversità) e con stsz (step-size) un valore



predeterminato di compressione della correzione istantanea, ad esempio $3 \cdot 10^{-5}$, determinato in base al rumore a regime del valore raggiunto dalla tensione di controllo. Di ciascun segnale ricevuto X_k si usa nella formula parte reale ed immaginaria.

- 5 La correzione istantanea così calcolata viene poi integrata con un polo e uno zero per avere il segnale in tensione atto a controllare un oscillatore controllato in tensione che fornisce la frequenza di campionamento ai campionatori 32 e 28. L'integratore e l'oscillatore sono contenuti nel blocco di recupero di clock 44. Gli equalizzatori 33 e 39 rientrano nella famiglia degli equalizzatori a spaziatura
- 10 frazionata (Fractionally Spaced Equalizer, FSE), in quanto forniscono all'uscita un segnale risultante anch'esso dall'elaborazione di due campioni per tempo di simbolo. E' intrinseco in tali equalizzatori il fatto di non essere critici verso il recupero clock: cioè possono equalizzare circa indipendentemente dalla posizione del clock.
- 15 Per renderlo indipendente dalla fase della portante è stato realizzato un decisore circolare della famiglia di quelli proposti da Godard, Benveniste et al., modificato, di seguito descritto. Sostanzialmente, a regime il decisore calcola un errore, che verrà poi utilizzato per il calcolo dei coefficienti degli equalizzatori 33 e 39, che non dipende dalla fase della portante, così che i due equalizzatori 33
- 20 e 39 possono in ogni caso equalizzare.

[Riferimenti: D.N. Godard, "Self Recovering Equalization and Carrier Tracking in Two Dimensional Data Communication System", IEEE Transaction on Communication, vol COMM-33 Aug.1985, p.753.

A.Benveniste,M.Goursat, "Blind Equalizers", IEEE Transaction on Communication, vol COMM-32, Aug. 1984, p.871.

A.Benveniste,M.Goursat, G.Ruget, "Robust Identification of a Nonminimum Phase System: Blind Adjustment of a Linear Equalizer in Data Communications", IEEE Transaction on Automatic Control VolAC-25, June 1980, p.385]

L'equalizzatore a spaziatura frazionata è provvisto di coefficienti coef_j , anch'essi complessi, descritti come:

$$\text{coef}_j = C_{11} + C_{22} + j(C_{12} + C_{21})$$

in cui si evidenziano le componenti reali (C_{11} e C_{22}), e quelle immaginarie (C_{12} e C_{21}) e j indica la generica posizione all'interno dell'equalizzatore.

In questa architettura di processo, uno qualunque degli equalizzatori viene definito principale: in esso, le parti reali dei coefficienti centrali reali sono poste $=1$; la parte immaginaria C_{21} viene posta $=0$, mentre viene lasciata in libero aggiornamento la C_{12} . Negli altri equalizzatori in diversità, rimangono fisse a 1 le parti reali dei coefficienti centrali mentre sono in aggiornamento entrambe le parti immaginarie.

Non viene qui descritta la struttura degli equalizzatori 33 e 39, ben nota ai tecnici del ramo. Si tratta di una struttura FIR (Finite Impulse Response) complessa, con due uscite che sono descrivibili come parte reale ed immaginaria $p_k + iq_k$:

$$p_k = \sum_{n=-N1}^{N2} C_{11} \cdot \text{real}(X_{k-n}) + \sum_{n=-N1}^{N2} C_{21} \cdot \text{imag}(X_{k-n})$$

ME

$$q_k = \sum_{n=-N1}^{N2} C_{22} \cdot \text{imag}(X_{k-n}) + \sum_{n=-N1}^{N2} C_{12} \cdot \text{real}(X_{k-n})$$

dove N1 ed N2 sono il numero di coefficienti precursori e postcursori del FIR, mentre X_k rappresenta il campione all'istante k del segnale ricevuto e demodulato.

- 5 Si aggiunge che i coefficienti del FIR a spaziatura frazionata, che notoriamente sono soggetti ad instabilità, vengono mantenuti in configurazione stabile mediante una aggiunta di rumore sagomato durante l'aggiornamento, usando il metodo Uyematsu-Sakaniwa modificato.

[Riferimento: A. Spalvieri, C. Luschi, R. Sala, F. Guglielmi, "Stabilizing the
10 Fractionally Spaced Equalizer by Prewhitening", Proc. Globecom Nov.'95, IEEE, pp. 93-97].

Il valore del rumore sagomato di stabilizzazione è chiamato in gergo leakage, abbreviato leak. Vengono richiamate le espressioni di aggiornamento dei coefficienti ad esempio per il blocco 33:

$$\begin{aligned} 15 \quad C^{k+1}_{11n} &= C^{k}_{11n} - \text{stsz} \cdot \left(\text{real}(erc^k) \cdot M1_{11} \cdot \text{real}(X^{k-n}) + \mu \cdot \text{leak} \right) \\ C^{k+1}_{12n} &= C^{k}_{12n} - \text{stsz} \cdot \left(\text{imag}(erc^k) \cdot M1_{22} \cdot \text{real}(X^{k-n}) + \mu \cdot \text{leak} \right) \\ C^{k+1}_{21n} &= C^{k}_{21n} - \text{stsz} \cdot \left(\text{real}(erc^k) \cdot M1_{11} \cdot \text{imag}(X^{k-n}) + \mu \cdot \text{leak} \right) \\ C^{k+1}_{22n} &= C^{k}_{22n} - \text{stsz} \cdot \left(\text{imag}(erc^k) \cdot M1_{22} \cdot \text{imag}(X^{k-n}) + \mu \cdot \text{leak} \right) \end{aligned}$$

in cui n è la posizione del generico coefficiente (0 è l'indice del centrale); μ è un

- 20 coefficiente fisso di compressione del rumore di stabilizzazione (ad esempio 0.25), stsz è il coefficiente di compressione dell'entità istantanea della correzione (ad esempio per una modulazione 128QAM non deve



convenientemente superare $6 \cdot 10^{-5}$); k l'istante di campionamento. L'errore circolare erc viene di seguito descritto.

Le uscite dei blocchi 35 e 45 forniscono i coefficienti $M1$ e $M2$ ai moltiplicatori 34 e 40. Tali coefficienti sono reali (solo 11 e 22) e variano l'ampiezza relativa di ogni segnale prima della combinazione che si compie nel nodo somma 41. La rotazione di fase tra i segnali viene effettuata dai precedenti equalizzatori 33 e 39.

Ad esempio il calcolo di $M1$ ed il suo aggiornamento avviene nel blocco 35 come di seguito:

$$\begin{aligned} 10 \quad M1^{k+1}_{11} &= M1^k_{11} - stsz \cdot \left(real(erc^k) \cdot p_1 \right) \\ M1^{k+1}_{22} &= M1^k_{22} - stsz \cdot \left(imag(erc^k) \cdot q_1 \right) \end{aligned}$$

dove p_1 e q_1 sono le uscite del blocco 33 (parte reale ed immaginaria)

Il dato stimato viene ricostruito dal decisore a soglia 42: esso calcola l'errore individualmente per la parte reale e la parte immaginaria come differenza dell'uscita del sommatore 41 rispetto al valore più vicino teorico ($\pm 1, \pm 3, \pm 5, \dots$ etc.). Questo errore, tradizionale, si definisce di tipo quadrato ed è quello che viene fornito al circuito di recupero di portante 48: da esso viene generata la comune portante ricostruita usata da tutti i demodulatori (ai blocchi 31 e 37 indicati e ad eventuali altri nel caso delle 4 vie). Come si vede, l'anello di recupero portante comprende al suo interno gli equalizzatori adattativi ed è reso possibile dal fatto che il blocco equalizzatore/combinatore non intacca la fase del segnale demodulato: le due funzioni, anche se concatenate, non interagiscono.



A questo punto si considera una famiglia di circonferenze passanti per i punti teorici esatti della costellazione: esse formano la griglia usata dal decisore circolare 46. Il metodo di decisione rientra in quelli prima citati ed è opportunamente modificato in modo di avere un unico metodo di decisione in
5 funzione sia nei momenti di acquisizione dopo perdita di sincronismo, causati da situazioni di fading particolarmente spinte e definite acquisizioni alla cieca non essendo in questa fase l'informazione intelligibile, sia in situazione di normale regime, cioè senza commutazione di parti di metodo tra un caso e l'altro. Precisamente, detto u il vettore di componenti parte reale ed immaginaria di cui
10 all'uscita del sommatore 41, e d il raggio della circonferenza della famiglia di valore più vicino ad u , l'errore circolare è dato da:

$$real(erc) = \frac{u-d}{u} \cdot real(u)$$
$$imag(erc) = \frac{u-d}{u} \cdot imag(u)$$

ed esso tende a zero ad acquisizione raggiunta e in assenza di rumore e/o
15 distorsione, al coincidere di u con d . Invece, i riferimenti su citati usano in acquisizione una circonferenza di valore fisso d_r , circa corrispondente al baricentro della costellazione, per il calcolo dell'errore circolare da usarsi nell'aggiornamento dei coefficienti: ad acquisizione avvenuta, la distanza $u - d_r$ rimane statisticamente alta, richiedendo di commutare ad altro tipo di calcolo.
20 Nel sistema in oggetto, l'uso dell'errore calcolato riferendosi a tale circonferenza fissa viene usato solo come confronto in segno con quello circolare: se per l'istante k i segni non sono concordanti, si sospende l'aggiornamento dei coefficienti.



- Il calcolo dei coefficienti degli equalizzatori a spaziatura frazionata 33 e 39 e dei coefficienti del combinatore calcolati dai blocchi 35 e 45 secondo quanto indicato tende così alla minimizzazione dell'errore quadratico circolare: essendo la correzione compressa da stsz, il raggiungimento dei valori di regime avviene
- 5 in modo graduale, per cui tale metodo rientra nel concetto del gradiente stocastico. In questo modo, il complesso del processo formato dagli equalizzatori e dal sistema di combinazione risulta indipendente dalla correttezza della fase della portante usata per la demodulazione di tutti i segnali in diversità.
- 10 I punti fondamentali del combinatore sono l'unico recupero del sincronismo di clock che viene usato per campionare i segnali ricevuti per successivamente processare in modo numerico il segnale e l'unico recupero di portante per il gruppo di demodulatori.
- Ciò evita un critico sistema di riallineamento dei campioni del segnale per poterli
- 15 poi trattare nel processo comune di combinazione.
- Inoltre evita casi complicati di recupero congiunto di più portanti, che darebbe l'aggravio di rallentare e rendere difficile il così detto recupero alla cieca, cioè nel rientro da situazioni di perdita di sincronismo in seguito a forti cadute di campo ricevuto. Infatti, i fenomeni di propagazione che devono essere
- 20 contrastati sono di tipo veloce e di durata breve, dell'ordine da alcuni secondi fino a poche decine: un rallentamento nel recupero potrebbe allungare ulteriormente la durata del fuori servizio dovuto a un momentaneo profondo fenomeno naturale. Infatti le raccomandazioni internazionali consentono un fuori

servizio massimo nel mese peggiore contenuto in pochi secondi, così che una lunga isteresi di ripristino potrebbe avere forti effetti sul rispetto degli obiettivi.

I segnali in ingresso sono i segnali demodulati mediante l'unica portante ricostruita.

- 5 Il fatto che lo stesso segnale sia presente anche come interferenza incrociata, secondo la presente invenzione è irrilevante: il combinatore di banda base ottimizza in modo globale, a differenza dei sistemi di precedente generazione in cui si eseguiva la combinazione a frequenza intermedia (IF), di caratteristiche più critiche in quanto non dispone dell'osservazione degli errori al decisore,
- 10 unico punto di precisa misura dello stato del segnale.

In base alla descrizione sopra riportata e ai disegni illustrativi qui annessi, una persona esperta del ramo non avrà difficoltà alla realizzazione dei circuiti utilizzati nella presente invenzione quindi non verranno date descrizioni di dettaglio delle strutture circuitali.

- 15 Benché il trovato sia stato descritto con riferimento a specifiche forme di attuazione, si deve tenere presente che esso non è limitato alle forme di attuazione descritte ed illustrate essendo suscettibili di numerose varianti che si presenteranno agli esperti del ramo e che devono essere intese come rientranti nell'ambito protettivo delle rivendicazioni allegate.



RIVENDICAZIONI

1. Sistema di telecomunicazione utilizzante ponti radio comprendente:

- mezzi di trasmissione atti a produrre un primo segnale ed un secondo segnale di comunicazione aventi una stessa frequenza e fase di trasmissione e modulati

5 da uno stesso segnale di modulazione,

- almeno una antenna trasmittente in grado di trasmettere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione diversa da detta prima polarizzazione,

10 - almeno un antenna ricevente in grado di ricevere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione,

- mezzi di ricezione atti a ricevere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una
15 seconda polarizzazione, e atti a produrre un primo segnale ricevuto ed un secondo segnale ricevuto,

- mezzi di combinazione atti a combinare detto primo segnale ricevuto e detto secondo segnale ricevuto in banda base.

2. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato

20 dal fatto che detta prima polarizzazione è una polarizzazione verticale.

3. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato

dal fatto che detta seconda polarizzazione è una polarizzazione orizzontale.

4. Sistema di telecomunicazione in accordo allà rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto di comprendere due antenne riceventi ognuna atta a ricevere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione e detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione, poste ad una
5 predeterminata distanza tra di loro.
5. Sistema di telecomunicazione in accordo ad una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di comprendere una prima antenna trasmittente in grado di trasmettere detto primo segnale di comunicazione con una prima polarizzazione ed una seconda antenna trasmittente in grado di
10 trasmettere detto secondo segnale di comunicazione con una seconda polarizzazione, poste ad una predeterminata distanza tra di loro.
6. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti mezzi di combinazione in banda base comprendono un campionario per ogni segnale ricevuto comandato da un unico oscillatore (di
15 clock).
7. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che detto campionario utilizza un metodo di calcolo del tempo di campionamento a cui contribuiscono tutti i segnali ricevuti.
8. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato
20 dal fatto che detti mezzi di combinazione in banda base comprendono un demodulatore per ogni segnale ricevuto comandato da una unica frequenza (di portante recuperata).

9. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti mezzi di combinazione in banda base comprendono un decisore circolare che fornisce un errore circolare ed un equalizzatore a spaziatura frazionata per ogni segnale ricevuto che riceve un segnale campionato e avente una pluralità di coefficienti, detto errore circolare è utilizzato per il calcolo di detti coefficienti.

10. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti mezzi di combinazione in banda base comprendono un decisore circolare che riceve in ingresso detti segnali combinati e che fornisce un errore circolare ed un moltiplicatore di un coefficiente moltiplicativo, per ogni segnale ricevuto, detto errore circolare è utilizzato per il calcolo di detto coefficiente moltiplicativo.

11. Sistema di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti mezzi di combinazione in banda base comprendono un decisore circolare che utilizza un metodo di decisione di Godard avente un unico metodo di decisione sia a regime sia in fase di acquisizione alla cieca.

12. Metodo di telecomunicazione mediante ponte radio comprendente le fasi di:

- trasmettere un primo segnale di comunicazione avente una prima polarizzazione,
- trasmettere un secondo segnale di comunicazione avente una seconda polarizzazione, detta secondo segnale essendo identico a detto primo segnale,
- ricevere detto primo segnale di comunicazione avente una prima polarizzazione,

- ricevere detto secondo segnale di comunicazione avente una seconda polarizzazione,

- demodulare detto primo segnale di comunicazione,

- demodulare detto secondo segnale di comunicazione,

5 - combinare detto primo segnale demodulato e detto secondo segnale demodulato in banda base.

13. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 12 caratterizzato dal fatto che detto primo segnale e detto secondo segnale hanno una stessa frequenza di trasmissione e sono modulati da uno stesso segnale.

10 14. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 12 caratterizzato dal fatto che la fase di ricevere detto primo segnale e detto secondo segnale avviene per entrambi detti segnali in una prima posizione spaziale.

15 15. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 14 caratterizzato dal fatto che la fase di ricevere detto primo segnale e detto secondo segnale avviene, per entrambi detti segnali, in una seconda posizione spaziale, detta prima posizione e detta seconda posizione sono spazialmente separate.

20 16. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 12 caratterizzato dal fatto che la fase di trasmettere detto primo segnale avviene, in una prima posizione spaziale e la fase di trasmettere detto secondo segnale avviene in una seconda posizione spaziale, detta prima posizione e detta seconda posizione sono spazialmente separate.

17. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 12
caratterizzato dal fatto che la fase di combinare detto primo segnale demodulato
e detto secondo segnale demodulato in banda base comprende la fase di
recuperare la frequenza di portante mediante un unico oscillatore per ognuno
5 dei segnali ricevuti.

18. Metodo di telecomunicazione in accordo alla rivendicazione 12
caratterizzato dal fatto che la fase di combinare detto primo segnale demodulato
e detto secondo segnale demodulato in banda base comprende la fase di
campionare i segnali ricevuti con un tempo di campionamento unico per ogni
10 segnale ricevuto.

SIAE MICROELETTRONICA S.p.A.





