



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102001900931918
Data Deposito	23/05/2001
Data Pubblicazione	23/11/2002

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	04	M		

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA LOCALIZZAZIONE DI TERMINALI NELL'AMBITO DI RETI DI COMUNICAZIONE, RELATIVO SISTEMA E TERMINALE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Procedimento per la localizzazione di terminali nell'ambito di reti di comunicazione, relativo sistema e terminale"

di: Telecom Italia Lab S.p.A., nazionalità italiana,
via G. Reiss Romoli, 274 - Torino

Inventore designato: Giorgio Grego

Depositata il: 23 maggio 2001

TO 2 001A 000 48 6

* * *

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce alle reti di comunicazione ed è stata sviluppata in vista del possibile impiego nelle reti di comunicazione mobile al fine di individuare la posizione di apparecchiature mobili quali i telefoni cellulari.

In particolare, la presente invenzione consente di individuare la posizione di un telefono cellulare nell'ambito di un territorio servito da una rete di telefonia mobile.

Descrizione della tecnica nota

Sono noti nella tecnica sistemi e metodi per individuare la posizione dei terminali mobili nell'ambito di una rete di comunicazione di tipo cellulare.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

Ad esempio, dalla domanda di brevetto internazionale WO-A-00/18148 è noto un metodo per localizzare telefoni cellulari (o, in breve, "cellulari") basato sulla soluzione di confrontare le informazioni a radiofrequenza raccolte dal cellulare (fingerprint RF o misure RF del cellulare) con informazioni a RF contenute in una banca dati di riferimento (fingerprint RF di riferimento).

Ogni fingerprint RF di riferimento individua così in modo biunivoco un'area elementare o picocella del territorio servito dalla rete, per cui la localizzazione può avvenire assegnando al cellulare la posizione corrispondente al fingerprint RF di riferimento avente valori più prossimi a quelli del cellulare.

Un primo problema legato alla pratica attuazione di tale soluzione è dato dal numero limitato di canali di frequenza (canali) utilizzati dai cellulari per comunicare.

Tale numero di canali è infatti limitato: ad esempio, in Italia per le reti di tipo GSM (Global System for Mobile Communications) sono disponibili 124 canali e di questi solo una parte è assegnata a ciascun operatore. E' quindi usuale che nell'ambito di un determinato territorio un operatore assegni

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

canali identici a stazioni radio base che "coprono" un determinato territorio.

A causa di tale pratica (detta anche "riuso delle frequenze") il cellulare riceve, per ogni canale, segnali a RF che corrispondono alla somma algebrica dei valori di campo, in termini di potenza, ricevuti dalle rispettive stazioni radio base che usano lo stesso canale. Derivando da una somma, il fingerprint RF del cellulare per un determinato canale può pertanto risultare uguale anche se generato in punti diversi di territorio.

E' facilmente comprensibile che tale problema non esisterebbe se i canali non venissero riutati: in tal caso il valore di campo per ciascun canale dipenderebbe solo da fattori elettromagnetici di attenuazione dovuti al percorso per raggiungere il cellulare.

Un secondo problema pratico è legato al fatto che i cellulari generano un fingerprint RF comprendente i valori di campo di un numero limitato di canali. Ad esempio, nel caso GSM i cellulari sono atti a generare un fingerprint RF che comprende al massimo sette valori (settupla di valori), ciascuno corrispondente ad un valore RF di campo di un diverso canale.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

E' dunque molto probabile che cellulari posizionati in elementi di area o picocelle diversi di territorio generino settuple identiche, proprio per il numero limitato di valori utilizzabili. Naturalmente, qualora i cellulari potessero fornire un numero di valori pari al numero di canali disponibili, le possibilità di errore sarebbero molto limitate.

In sintesi, per quanto il metodo descritto in precedenza risulti teoricamente preciso, nella pratica, a causa i) del riuso delle frequenze e ii) del numero limitato di valori gestiti dal cellulare per generare il fingerprint RF, si è riscontrato che il metodo noto può comportare errori di localizzazione anche rilevanti.

Ad esempio, nelle reti GSM è stata riscontrata sperimentalmente una sistematica ambiguità di localizzazione dei cellulari. Questo in quanto la medesima settupla è attribuita, sulla base del metodo noto, a punti geograficamente molto lontani, anche di alcuni chilometri.

Scopi e sintesi dell' invenzione

La presente invenzione si prefigge dunque lo scopo di fornire una soluzione utilizzabile, ad esempio, per la localizzazione di singoli telefoni cellulari nell'ambito di una rete di comunicazione

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

mobile, tale soluzione risultando esente dagli inconvenienti richiamati in precedenza.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento avente le caratteristiche richiamate nelle rivendicazioni che seguono. L'invenzione si riferisce anche al relativo sistema nonché al relativo terminale.

In particolare, la presente invenzione sfrutta, ai fini della localizzazione, un fenomeno tradizionalmente considerato come un fenomeno negativo o antagonista nei confronti dello svolgimento di una corretta comunicazione.

Nell'ambito delle reti di tipo cellulare, uno dei problemi principali legati alla propagazione e alla corretta ricezione dei segnali, soprattutto nelle aree urbane, è legato allo stabilirsi di cammini multipli di propagazione (multipath o MP).

Il fenomeno in questione insorge tanto nella comunicazione dalle stazioni base verso i terminali mobili quanto nella comunicazione dai terminali mobili verso le stazioni base. Esso è legato ad un complesso di fenomeni (riflessione delle onde su ostacoli quali edifici, ecc.) e si manifesta essenzialmente per il fatto che un segnale trasmesso con una forma d'onda di tipo impulsivo viene ricevuto sotto forma di un segnale di forma

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLO D'OUX
s.r.l.

complessa che ha perduto la purezza o pulizia dell'impulso trasmesso.

Il fenomeno ha effetto chiaramente perturbativo nei confronti della trasmissione dei segnali numerici, soprattutto per quanto riguarda la loro decodifica.

Per questo motivo, nel corso degli anni è stato messo a punto un numero molto elevato di tecniche che mirano a contrastare questo fenomeno. Alcune di queste tecniche trovano impiego nelle reti di telecomunicazione mobile di impiego corrente.

I fenomeni sopra descritti stanno però anche alla base di tecniche che consentono di ritrasmettere un segnale ricevuto in rapporto di coniugazione di fase.

Ad esempio, nel campo dell'ottica (ma il principio è applicabile in generale a qualunque segnale che si propaghi sotto forma di onde, ed in particolare sotto forma di onde elettromagnetiche in generale) sono noti i dispositivi correntemente denominati specchi a coniugazione di fase.

Per una generale descrizione del concetto di coniugazione di fase e delle possibili applicazioni alla propagazione delle onde elettromagnetiche si può fare riferimento, ad esempio, alle pagine 2 a 11

BUZZI, NOTARO &
ANTONELLI D'OUX
s.r.l.

del volume "Optical Phase Conjugation" a cura di Robert A. Fisher, Academic Press 1983.

Mentre un normale specchio a riflessione inverte la componente del vettore $\mathbf{k}$ di propagazione normale alla sua superficie, uno specchio a coniugazione di fase (PCM o Phase Conjugation Mirror) è in grado di invertire l'entità vettoriale $\mathbf{k}$ nel suo insieme.

Ad esempio, si consideri un campo elettromagnetico monocromatico con pulsazione ω propagantesi in una direzione z , ossia

$$E_1(\mathbf{r}, t) = \psi(\mathbf{r}) \exp [i(\omega t - kz)] + \text{c.c.} \quad (1)$$

L'effetto di uno specchio a coniugazione di fase su tale campo elettromagnetico è quello di dare origine ad un campo coniugato esprimibile come

$$E_2(\mathbf{r}, t) = f(\mathbf{r}) \exp [i(\omega t + kz)] + \text{c.c.} \quad (2)$$

Le formule sopra riportate sono tratte dalla pagina 342 del vol. 4 del Laser Handbook a cura di M.L. Stitch e M. Bass, North Holland, 1985.

Una possibile applicazione semplificata dei principi di coniugazione sopra descritti è data dalla possibile inversione temporale di un segnale secondo i criteri posti alla base del funzionamento dei cosiddetti time-reversal mirror o TRM.

Per una descrizione generale dei criteri posti alla base dell'acustica a inversione temporale si può fare riferimento al lavoro di M. Fink, "Time-reverse Acoustics", in Physics Today, 50, n. 3, Marzo 1997 oppure ancora all'articolo di M. Fink, "Acustica a inversione temporale" pubblicato alle pagine 79 a 86 del numero di marzo 2000 del settimanale "Le Scienze".

Quest'ultimo articolo descrive un esperimento di propagazione di ultrasuoni attraverso una cosiddetta foresta di 2000 barre di acciaio parallele immerse a caso in una vasca piena d'acqua. L'onda emessa da un piccolo trasduttore sotto forma di un impulso della durata di un microsecondo è stata trasmessa attraverso la foresta di barre verso una schiera di 96 trasduttori. I segnali ricevuti dai trasduttori sono stati sottoposti ad inversione temporale e rinviati verso la sorgente facendoli propagare a ritroso attraverso la foresta di barre rilevando quindi tramite un idrofono l'onda in arrivo in corrispondenza della sorgente. Anche se la schiera rimandava indietro un segnale della durata di 200 microsecondi attraverso la dispersione caotica prodotta dalla foresta, alla sorgente è stato misurato un impulso rigenerato di circa un microsecondo.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

Sempre lo stesso articolo riferisce su esperimenti condotti in acque marine in cui un impulso sonoro è stato inviato da una zona di partenza e registrato fino ad una distanza di 30 chilometri da una schiera di ricevitori/trasmittitori, distorto a causa della rifrazione e delle riflessioni multiple prodotte dalla superficie e dal fondo marino. Dopo aver subito un'inversione temporale (coniugazione di fase) il segnale è stato rinviato dalla schiera verso il bersaglio, dove risultava ben focalizzato.

E' già stato proposto di sfruttare il principio fisico sopra descritto per ricostruire in corrispondenza di un terminale di una rete di comunicazione mobile un segnale costituente una replica quanto più fedele possibile del singolo impulso utilizzato per la trasmissione a partire dal trasmettitore stesso.

Oltre a superare gli inconvenienti legati alla trasmissione su cammini multipli, tale soluzione consente, almeno in termini virtuali, di fare a meno di una rete di stazioni base suscettibili di realizzare una copertura a celle del territorio: il meccanismo di ricostruzione dell'impulso per effetto della trasmissione in rapporto di coniugazione di fase risulta infatti indipendente dalla distanza di

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

separazione fra la stazione fissa ed il terminale mobile. Tutto questo fatta naturalmente salva l'esigenza di tenere conto dei fenomeni di attenuazione a cui il segnale va comunque soggetto per effetto di assorbimento di energia da parte del mezzo in cui il segnale stesso si propaga.

In modo specifico, la soluzione secondo l'invenzione si basa sul riconoscimento del fatto che un determinato segnale trasmesso da un terminale mobile, una volta ricevuto dalla stazione base, presenta un andamento di ampiezza e fase nel tempo che è univocamente (o, meglio, biunivocamente) associato alla posizione del terminale mobile stesso.

L'informazione relativa a tale segnale costituisce quindi un "marker" univoco di quel preciso punto del territorio.

Se georeferenziata (stabilendo quale tipo di informazione corrisponde a quale punto del territorio coperto: risultato ottenibile ad esempio tramite una campagna di misure e/o un software di simulazione della propagazione delle onde elettromagnetiche) e memorizzata in un sistema di gestione della rete mobile, tale informazione permette di individuare le coordinate geografiche

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

(ossia la localizzazione) di qualunque terminale si metta in contatto con un determinata stazione base.

In altre parole, ogniqualvolta la stazione base riceve un determinato segnale noto (ad esempio un "1", uno "0" e/o una certa stringa - nota - di simboli) e ne acquisisce le caratteristiche di modulo e fase nel tempo, la stessa stazione base può correlare il segnale ricevuto con le tracce (modulo e fase nel tempo) georeferenziate e memorizzate nella base dati della rete. La stazione base (ed il sistema in generale) possono così identificare la posizione del terminale mobile sul territorio, procedendo alla sua localizzazione.

Descrizione particolareggiata dei disegni

L'invenzione verrà ora descritta, a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni annessi, nei quali:

- la Figura 1 illustra schematicamente il manifestarsi del meccanismo di propagazione su cammini multipli,

- le Figure 2 e 3 illustrano il possibile effetto esercitato dalla propagazione su cammini multipli su un segnale trasmesso sotto forma di un impulso concentrato,

- la Figura 4 illustra, sotto forma di uno schema a blocchi, una possibile architettura di

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

attuazione della soluzione secondo l'invenzione nell'ambito di una stazione base di un sistema di comunicazione radiomobile.

Descrizione particolareggiata di un esempio di attuazione dell'invenzione

La Figura 1 illustra schematicamente l'effetto della propagazione su cammini multipli (multipath o MP) nella comunicazione fra un qualsiasi terminale mobile T di una rete di comunicazione mobile di tipo cellulare ed una stazione base BS presso la quale il terminale T in questione è al momento attestato.

In pratica, l'effetto della propagazione su cammini multipli è quello di far sì che un segnale emesso dal terminale T sotto forma di un impulso P di durata D, così come rappresentato nella figura 2, venga ricevuto alla stazione base BS sotto forma di un segnale S di forma complessa, che ha perduto la purezza o pulizia dell'impulso P trasmesso.

La stazione base BS rappresentata nella figura 4 comprende un'antenna 10 comprendente una pluralità di elementi di antenna 101, ..., 10n. Si tratta quindi di un'antenna tipicamente identificabile come un'antenna a schiera o ad apertura sintetica. L'antenna 10 è dunque configurata in modo da ricevere i segnali a partire da uno o più terminali mobili T rilevando l'informazione spazio-temporale

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

(dunque l'andamento in modulo e fase nel tempo) relativa alla propagazione degli stessi.

In particolare, ciascuno degli elementi d'antenna 101, ..., 10n porta associato un rispettivo gruppo trasmettitore/ricevitore dedicato.

E' prevista la presenza di un ricevitore 12 che, per procedere alla ricezione dei segnali provenienti dagli elementi 101, ..., 10n dell'antenna 10, comprende una pluralità di gruppi 121, ..., 12n ciascuno dedicato ad un rispettivo elemento di antenna 101, ..., 10n. I segnali così ricevuti vengono sottoposti a demodulazione in un demodulatore 14, anch'esso comprendente una pluralità di gruppi o moduli 141, ..., 14n, in vista dell'invio di tali segnali verso la rete di comunicazione N.

In modo duale, la stessa stazione base comprende un modulatore 16 che riceve i segnali a partire dalla rete N per procedere, tramite un trasmettitore 18, alla trasmissione dei segnali stessi verso il terminale mobile T attraverso gli elementi 101, ..., 10n dell'antenna 10.

Il modulatore 16 così come il trasmettitore 18 comprendono anch'essi una pluralità di moduli 161, ..., 16n e, rispettivamente, 181, ..., 18n ciascuno

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

dedicato ad un rispettivo elemento d'antenna 101, ..., 10n.

Il riferimento 20 indica un complesso di dispositivi bidirezionali (ad esempio un complesso di cosiddetti circolatori) che consente di utilizzare gli elementi 101, ..., 10n dell'antenna 10 tanto in ricezione quanto in trasmissione.

La rappresentazione della catena di ricezione 12, 14 e della catena di trasmissione 16, 18 della stazione base BS è volutamente schematica. Gli elementi costitutivi di una tale stazione sono infatti da ritenersi ampiamente noti nella tecnica, anche per quanto riguarda la possibilità di ricorrere a diverse soluzioni in funzione degli standard di trasmissione adottata.

Ciò vale, ad esempio, per la generazione dei segnali destinati ad essere inviati verso la rete N a partire dal demodulatore: questi segnali vengono infatti ottenuti a partire dai singoli segnali trattati dai gruppi o moduli 141, ..., 14n di cui si compone il demodulatore 14.

In ogni caso, gli specifici dettagli realizzativi della stazione BS non sono di per sé rilevanti ai fini della comprensione dell'invenzione.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

La stessa stazione BS comprende un blocco di analisi 22 destinato a rilevare l'effetto di allargamento (in termini di andamento in modulo e fase nel tempo) che il singolo impulso di trasmissione emesso dal trasmettitore mobile T subisce, in via primaria per effetto della propagazione su cammini multipli, nella trasmissione verso la stazione base BS.

Per consentire questa analisi il trasmettitore mobile T emette periodicamente (con cadenza periodica fissa, ovvero ogni volta che trasmette verso la stazione base BS una certa unità di messaggio, ad esempio un time slot) una sequenza fissa codificata (sequenza sonda o campione) costituita, ad esempio, da una sequenza comprendente un "uno" logico associato ad uno o più "zeri", con associata di preferenza una sequenza di sincronizzazione temporale. Tutto questo in modo da far sì la stazione base BS, ed in particolare il blocco di analisi 22 della stessa, possa predisporre per analizzare i segnali corrispondenti al suddetto "uno" logico così come questo viene ricevuto presso la stazione base BS dopo l'effetto perturbativo dovuto alla propagazione.

I tecnici esperti del settore apprezzeranno peraltro che - per facilitare la comprensione di

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

quanto qui descritto - questo esempio è stato formulato in modo volutamente semplificato, supponendo che la trasmissione dal trasmettitore mobile T verso la stazione base BS avvenga con uno schema di modulazione molto semplice in cui ad un "uno" logico corrisponde la trasmissione di un impulso P del tipo rappresentato nella figura 2, mentre allo "zero" logico non corrisponde l'emissione di un segnale (portante non modulata).

Tuttavia, così come ben noto agli esperti, le modalità di codifica suscettibili di essere adottate per la trasmissione di segnali numerici sono praticamente infinite. Ciò vale in particolare per la possibilità di trasmettere positivamente segnali tanto in corrispondenza di un "uno" logico, quanto in corrispondente di uno "zero" logico.

Tornando all'esempio semplificato a cui si fa qui riferimento per facilità di illustrazione, il blocco 22 rileva come sono fatte (in termini di andamento in modulo e fase nel tempo) le forme d'onda S ricevute dalla stazione base BS quando il trasmettitore mobile T trasmette un impulso come l'impulso P della figura 2.

Riferendosi per semplicità all'azione basata sul singolo segnale elettrico (esame, da parte di ciascun modulo del blocco 22, del rispettivo segnale

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

in uscita dal ricevitore 12), l'insieme di dati corrispondenti all'analisi è tipicamente costituito da un campionamento della forma d'onda S rappresentata nella figura 3 con una risoluzione di campionamento T_c sufficientemente fine, scelta tipicamente in funzione dei criteri generali che regolano lo svolgimento delle azioni di campionamento dei segnali (criterio di Nyquist).

Il risultato dell'analisi viene inviato ad un ulteriore blocco 24. Nel blocco 24 la suddetta sequenza di campioni viene sottoposta ad inversione temporale, ossia ad un'operazione di trattamento a seguito della quale la forma d'onda S rappresentata nella figura 3 viene, per così dire, ribaltata nel tempo, facendo diventare i primi campioni temporali gli ultimi e viceversa.

Naturalmente, la suddetta azione di inversione temporale viene realizzata distintamente sui segnali ricevuti attraverso gli elementi di antenna 101, ..., 10n ed i corrispondenti gruppi 121, ..., 12n del ricevitore 1. Per questo motivo, tanto il blocco 22, quanto il blocco 24 presentano una corrispondente organizzazione su più gruppi o canali 221, ..., 22n e 241, ..., 24n, ciascuno destinato ad operare su un rispettivo segnale ricevuto tramite un corrispondente elemento d'antenna 101, ..., 10n. La

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

forma d'onda coniugata risultante dall'operazione di inversione temporale presenta in generale un andamento assimilabile a quello rappresentato schematicamente con linea a tratti ed indicato con S^* nella figura 3.

La forma d'onda coniugata in fase S^* così ottenuta viene trasferita verso il modulatore 16 in modo tale per cui questa forma d'onda coniugata viene utilizzata dalla stazione base B per trasmettere verso il terminale T il segnale corrispondente al valore "uno" logico.

La suddetta operazione di inversione temporale viene realizzata in modo distinto per ciascuno dei suddetti segnali, così da permettere ai singoli gruppi o moduli 161, ..., 16n e 181, ..., 18n del modulatore 16 e del trasmettitore 18 di utilizzare una forma d'onda coniugata in fase ai fini della trasmissione verso il terminale T, attraverso i corrispondenti elementi di antenna 101, ..., 10n.

Si dà così origine, in sede di ricezione a livello del trasmettitore T, ad una forma d'onda impulsiva costituente una replica fedele dell'impulso P che il trasmettitore T ha utilizzato in trasmissione in precedenza.

Gli organi di ricezione del terminale mobile T si trovano quindi a svolgere la loro operazione di

ricezione su una forma d'onda molto "pulita", depurata dagli effetti negativi della propagazione su cammini multipli. Questo proprio per effetto dell'azione di coniugazione in fase attuata a livello di stazione BS.

Sussiste peraltro la possibilità di equipaggiare il terminale T con un sensore inerziale (ad esempio si può trattare del componente ADXL 202 di produzione Analog Devices) che dà la misura degli eventuali spostamenti. Oltre una certa entità di spostamento, il terminale mobile T chiede alla stazione base BS di effettuare l'aggiornamento inviando verso la stazione BS la sequenza sonda o campione. Si tratta appunto della sequenza che consente al blocco 22 di elaborare l'informazione di modulo e di fase che consente al blocco 24 di svolgere l'operazione di inversione temporale, ossia di coniugazione di fase.

Va comunque precisato che gli specifici dettagli di attuazione dell'operazione di coniugazione di fase non sono di per sé rilevanti ai fini della comprensione e dell'attuazione della presente invenzione.

Proprio per la sua mobilità, il terminale T si sposta rispetto alla stazione base BS. A parità di forma d'onda impulsiva P utilizzata in trasmissione,

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

le forme d'onda ricevute cambiano, in particolare perché cambiano i meccanismi di riflessione che stanno alla base della propagazione su cammini multipli.

In ogni caso (dunque - anche nel caso in cui la stessa non venga direttamente utilizzata per la trasmissione dalla stazione base BS verso il terminale T secondo le modalità descritte in precedenza), l'informazione di andamento di modulo e di fase nel tempo che, raccolta dal blocco 22, consente al blocco 24 di svolgere l'operazione di inversione temporale, ossia di coniugazione di fase, include in sé un'informazione che identifica in modo univoco (biunivoco) la localizzazione del terminale T, ossia il punto o posizione geografica - su due o tre dimensioni - in cui il terminale T si trovava nel momento in cui ha inviato verso la stazione BS la sequenza sonda o campione.

A parità di altre condizioni, la sequenza sonda trasmessa da un terminale T che si trova in una determinata posizione geografica rispetto alla stazione base BS viene infatti ricevuta presso la stessa stazione base BS sotto forma di un segnale S che è unico e caratteristico - dunque identificativo - della suddetta posizione geografica.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

In modo duale, data una determinata forma di impulso P trasmessa da un terminale T a partire da una certa posizione rispetto alla stazione base BS (punto dato), le caratteristiche di modulo e di fase del segnale S corrispondenti a tale segnale come ricevuto dalla stazione base identificano una ed una sola possibile posizione geografica del terminale T rispetto alla stazione base BS.

Questa caratteristica intrinseca al manifestarsi della propagazione su cammini multipli può essere utilizzata ai fini della localizzazione dei terminali T prevedendo presso la stazione base BS (o - in generale - in una qualunque altra posizione della rete di comunicazione di cui tale stazione BS fa parte - mezzi di memoria (di tipo noto) destinati ad ospitare una base dati BD che consente di "georeferenziare" le singole forme d'onda S suscettibili di essere ricevute dalla stazione base BS stabilendo una corrispondenza fra tali forma d'onda e la posizione occupata da un terminale T che, avendo emesso una sequenza sonda costituita o comprendente un impulso quale l'impulso P rappresentato nella figura 1, ha dato origine, in sede di ricezione presso la stazione base BS, ad un segnale S avente un particolare andamento in termini di modulo e fase nel tempo.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

La suddetta base dati BD può essere costituita, ad esempio, attraverso una campagna di misure (suscettibile di essere agevolmente condotta proprio sfruttando la mobilità dei terminali T) mirante a dare origine ad una sorta di ideale tabella in cui, per ciascuna posizione geografica compresa nell'ambito di copertura della stazione base BS, nella base dati BD viene memorizzato il corrispondente andamento (in modulo e fase nel tempo) del corrispondente segnale S ricevuto appunto da tale posizione di localizzazione.

Tutto questo dando quindi origine ad un primo insieme di posizioni geografiche rispetto alla stazione base BS (punto dato) ed un secondo insieme di andamenti di forme d'onda memorizzati, i suddetti due insiemi essendo fra loro legati da un rapporto di corrispondenza biunivoca.

La base dati BD viene costituita in funzione di valori di risoluzione determinati, in funzione della precisione che si vuole conseguire nella suddetta azione di localizzazione.

In tutta evidenza, la base dati BD risulta tanto più ricca (ossia con un numero di andamenti di forma d'onda S memorizzati tanto più elevato) quanto maggiore è la capacità di discretizzazione che si

vuole avere nello svolgimento dell'operazione di localizzazione.

Ad esempio, le singole rilevazioni possono corrispondere a andamenti di forme d'onda S rilevati ciascuno in corrispondenza di una rispettiva sottocella dell'ambito di copertura della stazione base BS avente dimensioni dell'ordine di, ad esempio, 5x5 m o 10x10 m.

Tutto questo in funzione delle esigenze di localizzazione che si vogliono soddisfare tenendo presente le motivazioni che suggeriscono lo svolgimento di tale azione di localizzazione.

Questo può avvenire, ad esempio, al fine di consentire la trasmissione verso i terminali T di informazioni (eventualmente con carattere promozionale e/o commerciale) inerenti a esercizi commerciali, servizi vari, locali di spettacolo, ecc. che si trovano nella zona in cui al momento si trova l'utilizzatore del singolo terminale mobile T coinvolto.

Si apprezzerà quindi che in molti casi le esigenze di risoluzione spaziale non sono estremamente stringenti.

In modo simmetrico va anche tenuto in conto il fatto che, a parità di forma d'onda trasmessa dal terminale mobile T, le caratteristiche della forma

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

d'onda ricevuta S sono suscettibili di cambiare anche per spostamenti assai ridotti del terminale T. Di conseguenza, nell'organizzazione della base dati BD è necessario tenere conto (secondo criteri noti) delle possibili variazioni della forma d'onda S corrispondente alla griglia di risoluzione definita nello svolgimento dell'azione di localizzazione: ciò è fattibile eseguendo simulazioni di propagazione di onde elettromagnetiche tramite strumenti di simulazione correntemente disponibili in commercio.

Ad esempio questo può essere fatto identificando la posizione occupata dal terminale T all'atto dell'emissione del segnale sonda come la posizione del suddetto primo insieme corrispondente all'andamento del secondo insieme di andamenti di forme d'onda memorizzati nella base dati BD tale da meglio approssimare secondo un criterio dato (ad esempio errore quadratico medio, ecc.) l'andamento della forma d'onda ricevuta (S).

Proprio in funzione delle possibili modalità di utilizzazione dell'informazione relativa alla localizzazione dei terminali T, la base dati BD viene di preferenza realizzata in modo tale da poter essere interrogata a distanza attraverso la rete N.

Questo può essere fatto, ad esempio, in modo da far sì che l'informazione di localizzazione possa

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

essere letta unicamente da un'entità debitamente autorizzata dall'utilizzatore del terminale T (ad esempio per ricevere le suddette informazioni inerenti a servizi disponibili o accessibili nell'ambito della zona di localizzazione).

Si apprezzerà infatti che la tecnica di comunicazione descritta con riferimento alla figura 4 consente di per sé alla stazione base BS di ottenere la ricostituzione di impulsi di trasmissione molto netti e puri in corrispondenza del terminale T di volta in volta coinvolto senza che la stazione base BS debba localizzare il terminale T stesso.

La possibilità di realizzare la trasmissione dalla stazione base BS verso il terminale T sfruttando il meccanismo di coniugazione di fase può essere utilizzata per verificare la precisione dell'azione di localizzazione. A questo fine, condotta, secondo le modalità descritte in precedenza, l'azione di localizzazione del terminale T di volta in volta interessato, la stazione BS può inviare verso tale terminale T - invece del segnale direttamente ottenuto tramite coniugazione di fase (blocco 24) - un segnale basato sulla forma d'onda (andamento in ampiezza e fase nel tempo) che nella

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

base dati BD è memorizzato come identificativo della posizione geografica occupata dal terminale T.

Il segnale ricostruito presso il di terminale T avrà quindi caratteristiche (essenzialmente livello di potenza) indicative della effettiva corrispondenza fra la reale posizione del terminale T e la posizione determinata della stazione base BS.

Infatti, il livello di potenza dell'impulso ricostruito presso il terminale T sarà in generale massimo quando la forma d'onda che la stessa stazione BS riceve al momento del terminale T corrisponde esattamente alla forma d'onda memorizzata nella banca dati.

Quanto più le suddette forme d'onda (quella al momento ricevuta e quella memorizzata) differiscono fra loro, tanto più basso risulta essere il livello di potenza dell'impulso ricostruito in corrispondenza del terminale T.

Le suddette informazioni di livello (che il terminale T può elaborare per confronto diretto con il livello di potenza dell'impulso ricostruito a seguito dell'invio del segnale coniugato in fase da parte della stazione BS) possono essere ritrasmesse dal terminale T stesso verso la stazione base BS. Tali informazioni costituiscono quindi un'indicazione dello scostamento della effettiva

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

posizione del terminale rispetto alla posizione di riferimento della griglia di localizzazione definita dalla base dati BD.

I criteri posti alla base della soluzione secondo l'invenzione (descritti in precedenza con specifico riferimento ad una situazione in cui l'azione di coniugazione di fase viene effettuata a livello di stazione base BS in vista della trasmissione verso i terminali mobili T) possono essere naturalmente applicati in modo duale per consentire ad un terminale mobile di localizzare una stazione base, eventualmente prevedendo che le informazioni raccolte nella base dati dei riferimenti geografici vengano selettivamente trasferiti verso il terminale mobile attraverso la rete di comunicazione.

In tal senso, si apprezzerà che i termini "punto dato" e "terminale", così come utilizzati nelle rivendicazioni che seguono, si applicano ciascuno, in modo indifferente, tanto ad una stazione base BS (che è comunque un terminale della rete) quanto ad un terminale T (che, mobile o fisso che sia, rappresenta comunque un punto dato della rete).

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato, senza per questo uscire dall'ambito della presente invenzione.

Questo vale in particolare per la possibile applicazione a reti in cui i criteri di trasmissione descritti vengano impiegati per la trasmissione fra stazioni base BS e terminali T che si configurano, almeno in parte, come postazioni fisse (abitazioni, uffici, ecc...). In questo caso, lo svolgimento dell'operazione di localizzazione in quanto ciascun terminale coinvolto nell'azione di localizzazione si trova ad essere "marcato" in una posizione determinata, che non cambia se non nel caso di un eventuale trasferimento.

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per localizzare, rispetto ad un punto dato (BS), almeno un terminale (T) di una rete di comunicazione, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- creare una base dati (BD) che raccoglie un primo insieme di posizioni suscettibili di essere occupate da detto almeno un terminale (T) rispetto a detto punto dato (BS) ed un secondo insieme di andamenti in modulo e fase nel tempo di forme d'onda suscettibili di essere ricevute in detto punto dato (BS) a seguito dell'emissione di un segnale impulsivo (P) da parte di detto almeno un terminale (T) localizzato in una rispettiva posizione di detto primo insieme; detti primo e secondo insieme essendo fra loro in rapporto di corrispondenza biunivoca, per cui ciascuno degli andamenti di detto secondo insieme è univocamente identificativo di una rispettiva posizione di detto primo insieme,

- generare selettivamente, a partire da detto almeno un terminale (T), detto segnale impulsivo (P),

- rilevare la forma d'onda ricevuta in detto punto dato (BS) a seguito dell'emissione di detto segnale impulsivo (P), e

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

- identificare la posizione occupata da detto almeno un terminale (T) all'atto della generazione di detto segnale impulsivo (P) come la posizione di detto primo insieme identificata dall'andamento di detto secondo insieme corrispondente all'andamento di detta forma d'onda ricevuta (S).

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che dette rispettive posizioni di detto primo insieme vengono identificate come porzioni di ampiezza data dell'area di copertura di detta rete di comunicazione (N).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di identificare la posizione occupata da detto almeno un terminale (T) all'atto dell'emissione di detto segnale impulsivo (P) come la posizione di detto primo insieme identificata dall'andamento di detto secondo insieme che meglio approssima secondo un criterio dato l'andamento di detta forma d'onda ricevuta (S).

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto almeno un segnale impulsivo corrisponde al segnale utilizzato da detto almeno un terminale (T)

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUIX
s.r.l.

per trasmettere verso detto punto dato (BS) almeno uno dei livelli associati ad un segnale numerico.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che detto almeno un terminale (T) è un terminale mobile.

6. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende l'operazione di rilevare detti andamenti di forme d'onda in detto punto dato (BS) tramite una pluralità di elementi di ricezione (101, ..., 10n).

7. Procedimento secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che comprende le operazioni di:

- sottoporre detta forma d'onda ricevuta (S) a coniugazione di fase, così da generare almeno una rispettiva forma d'onda coniugata in fase (S*), e

- utilizzare detta forma d'onda coniugata in fase (S*) per la trasmissione da detto punto dato (BS) verso detto almeno un terminale (T).

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che comprende inoltre le operazioni di:

- utilizzare, per la trasmissione da detto punto dato (BS) verso detto almeno un terminale (T)

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

la cui posizione è stata identificata come una posizione data di detto primo insieme, la forma d'onda avente detto corrispondente andamento di detto secondo insieme,

- rilevare, in detto almeno un terminale (T), il livello del segnale così ricevuto, detto livello essendo indicativo della precisione della localizzazione di detto terminale (T) rispetto a detto punto dato.

9. Sistema per localizzare, rispetto ad un punto dato (BS), almeno un terminale (T) di una rete di comunicazione, caratterizzato dal fatto che comprende:

- mezzi di memoria per ospitare una base dati (BD) che raccoglie un primo insieme di posizioni suscettibili di essere occupate da detto almeno un terminale (T) rispetto a detto punto dato (BS) ed un secondo insieme di andamenti in modulo e fase nel tempo di forme d'onda suscettibili di essere ricevute in detto punto dato (BS) a seguito dell'emissione di un segnale impulsivo (P) da parte di detto almeno un terminale (T) localizzato in una rispettiva posizione di detto primo insieme; detti primo e secondo insieme essendo fra loro in rapporto di corrispondenza biunivoca, per cui ciascuno degli andamenti di detto secondo insieme è univocamente

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

identificativo di una rispettiva posizione di detto primo insieme,

- detto almeno un terminale (T) per generare selettivamente, a partire dal terminale (T) stesso, detto segnale impulsivo (P),

- mezzi ricevitori (BS) localizzati in detto punto dato per rilevare la forma d'onda ricevuta in detto punto dato (BS) a seguito dell'emissione di detto segnale impulsivo (P), la posizione occupata da detto almeno un terminale (T) all'atto della generazione di detto segnale impulsivo (P) essendo identificata come la posizione di detto primo insieme identificata dall'andamento di detto secondo insieme corrispondente all'andamento di detta forma d'onda ricevuta (S).

10. Sistema secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che dette rispettive posizioni di detto primo insieme vengono identificate come porzioni di ampiezza data dell'area di copertura di detta rete di comunicazione (N).

11. Sistema secondo la rivendicazione 9 o la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che detti mezzi ricevitori (BS) sono configurati per identificare la posizione occupata da detto almeno un terminale (T) all'atto dell'emissione di detto

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

segnale impulsivo (P) come la posizione di detto primo insieme identificata dall'andamento di detto secondo insieme che meglio approssima secondo un criterio dato l'andamento di detta forma d'onda ricevuta (S).

12. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 9 a 10, caratterizzato dal fatto che detto almeno un segnale impulsivo corrisponde al segnale utilizzato da detto almeno un terminale (T) per trasmettere verso detto punto dato (BS) almeno uno dei livelli associati ad un segnale numerico.

13. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 9 a 12, caratterizzato dal fatto che detto almeno un terminale (T) è un terminale mobile.

14. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 9 a 13, caratterizzato dal fatto che detti mezzi ricevitori (BS) comprendono una pluralità di elementi di ricezione (101, ..., 10n) per rilevare detti andamenti di forme d'onda in detto punto dato (BS).

15. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 9 a 14, caratterizzato dal fatto che detti mezzi ricevitori (BS) sono configurati per:

- sottoporre detta forma d'onda ricevuta (S) a coniugazione di fase (24), così da generare almeno

BUZZI, NOTARO &
ANTONIELLI D'OUX
s.r.l.

una rispettiva forma d'onda coniugata in fase (S^*),
e

- utilizzare detta forma d'onda coniugata in fase (S^*) per la trasmissione da detto punto dato (BS) verso detto almeno un terminale (T).

16. Sistema secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che detto almeno un terminale (T) e detti mezzi ricevuti (BS) sono configurati per:

- utilizzare, per la trasmissione da detto punto dato (BS) verso detto terminale la cui posizione è stata identificata come una posizione data di detto primo insieme, la forma d'onda avente detto corrispondente andamento di detto secondo insieme,

- rilevare, in detto terminale (T), il livello del segnale così ricevuto, detto livello essendo indicativo della precisione della localizzazione di detto terminale (T) rispetto a detto punto dato.

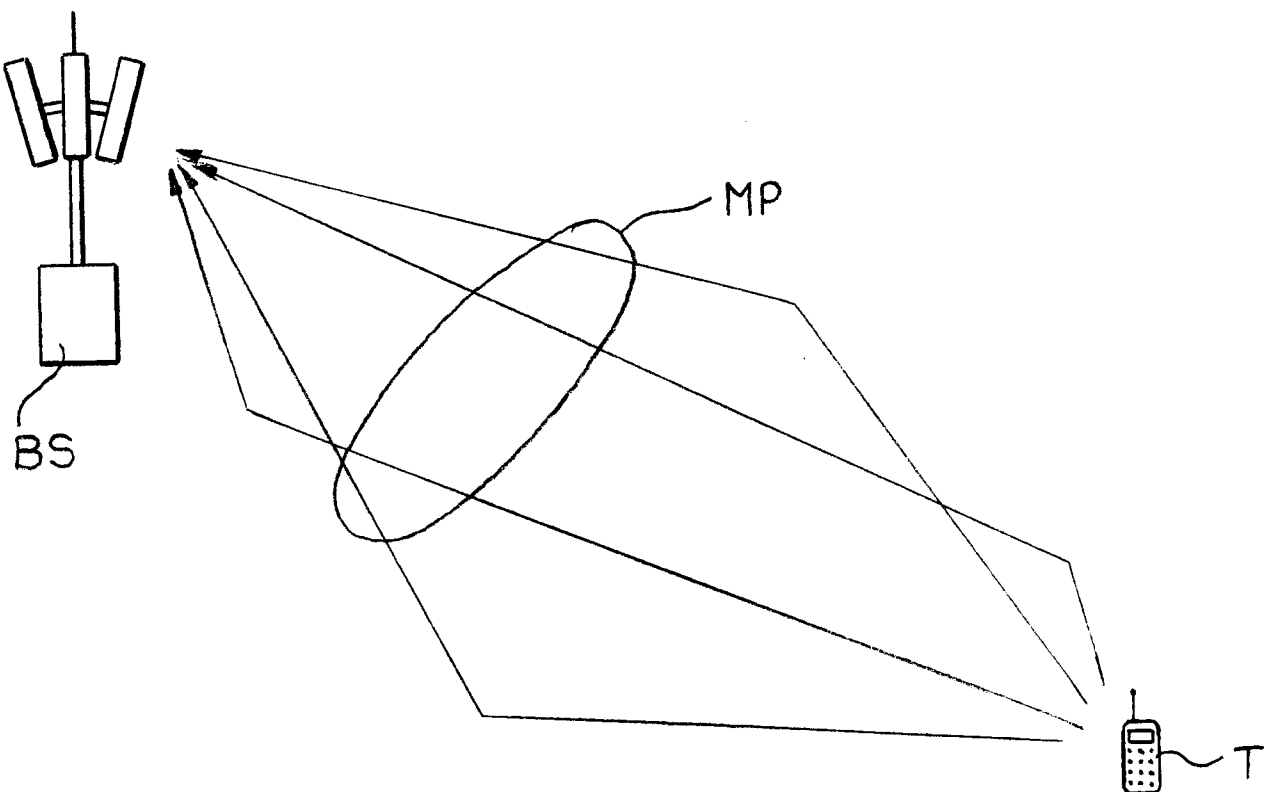
17. Terminale (T) per reti di comunicazione, configurato per operare in base al procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 8.

18. Terminale (T) per reti di comunicazione, configurato per operare nell'ambito del sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 9 a 16.

Ing. Luciano BOSOTTI
N. iscriz. ATBO 260
(In proprio e per gli altri)



Fig. 1



CAPIA
Torino

