

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901743093A1

Publication Date

20101219

Applicant

ELETTRONICA S.P.A.

Title

METODO E APPARECCHIATURA PER LA LOCALIZZAZIONE PASSIVA DI
EMITTENTI DI SEGNALI RADIO.

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"Metodo e apparecchiatura per la localizzazione passiva di emittenti di segnali radio"

a nome: ELETTRONICA S.p.A.

di nazionalità: italiana

con sede in: Via Tiburtina Valeria Km 13,700 - 00131 Roma

Inventori: ROSSI, Vittorio

BENVENUTI, Dario

---000---

Formano oggetto del presente trovato un metodo e una apparecchiatura per la localizzazione passiva di emittenti di segnali a radiofrequenza di comunicazioni e/o Radar.

E' noto, nel settore del controllo del territorio e dei confini, in particolare, ma non esclusivamente, marittimi, che le reti di Radar (attivi per definizione), predisposte per tale rilevamento, possono essere efficacemente affiancate da sistemi, puramente passivi, costituiti da un certo numero di ricevitori di segnali a radiofrequenza distribuiti sul territorio che si vuole controllare, oppure lungo la costa per il controllo marittimo.

Tali sistemi passivi, basandosi sull'analisi dei segnali RF ricevuti, permettono di localizzare la posizione delle sorgenti emittenti presenti nell'area sotto controllo e presentano alcuni importanti vantaggi rispetto alle reti di Radar:

- costo inferiore;
- portata superiore ai Radar dovuta al fatto che il segnale utile ricevuto è quello direttamente trasmesso dalla sorgente che si vuole individuare e non quello emesso dal Radar e riflesso dall'oggetto che si vuole individuare, come invece accade nel caso di localizzazione via Radar; il che determina che il tragitto del segnale che deve essere riconosciuto è dimezzato e quindi la portata utile è superiore;
- possibilità di non essere a loro volta intercettati non emettendo alcun segnale;
- possibilità di riconoscere la presenza di più emittenti molto vicine tra loro.

Una applicazione per cui queste reti di ricevitori passivi possono essere molto utili è quella del controllo dei traffici illeciti che avviene lungo le coste, come ad esempio il contrabbando, che sono in genere effettuati con piccole imbarcazioni difficilmente rilevabili dai Radar costieri.

E' anche noto che questi sistemi passivi utilizzano diverse tecniche di localizzazione, ciascuna delle quali è efficace per certe situazioni e per certi tipi di emettitori RF, mentre risulta meno efficace, o addirittura non utilizzabile, in contesti diversi.

In particolare esistono due tecniche principali per effettuare la localizzazione passiva di una sorgente emettrice tramite una rete di ricevitori passivi:

- la "multilaterazione", che sfrutta la differenza di tempo d'arrivo (TDOA: Time Difference Of Arrival) di un segnale RF ai diversi ricevitori che costituiscono il sistema,
- la "triangolazione", che utilizza la direzione, ovvero l'angolo di arrivo (AOA: Angle Of Arrival), lungo la quale ciascun segnale viene ricevuto da ciascun ricevitore.

La prima di tali tecniche (multilaterazione) necessita di una pluralità (almeno tre) di antenne riceventi, disposte ad una distanza reciproca dell'ordine dei km sull'area che si vuole controllare o lungo la costa del mare.

Come detto la tecnica utilizza la misura delle differenze del tempo di arrivo (TDOA) con cui i segnali sono ricevuti dai diversi ricevitori che compongono la rete. In particolare per ciascuna coppia di ricevitori può essere misurato il relativo TDOA e, in base a questo valore e alla loro rispettiva posizione, è possibile definire una curva (iperbole), luogo dei punti sul quale deve trovarsi il trasmettitore del segnale ricevuto. Se almeno due coppie di ricevitori acquisiscono il segnale, allora il punto di intersezione delle due rispettive curve individua univocamente la posizione della sorgente dei segnali stessi.

Per poter misurare in modo congruente le differenze del tempo di arrivo (TDOA) dei segnali, la rete di sensori deve avere una comune base dei tempi, conseguentemente tutti i ricevitori devono essere sincronizzati tramite un sistema noto di sincronizzazione. Oltre a ciò, per poter calcolare correttamente il TDOA, tutti i rice-

vitori che partecipano al calcolo della posizione devono essere in grado di ricevere lo stesso segnale emesso dal trasmettitore; ciò comporta delle limitazioni sul tipo di sorgenti per le quali si può applicare questo metodo che non risulta efficace nel caso di segnale emesso da sorgenti molto direttive, ad esempio un Radar con lobi stretti, il cui segnale può essere ricevuto solamente da una o da due antenne riceventi.

La seconda (triangolazione) delle tecniche citate utilizza la misura della direzione (angolo di arrivo: AOA) dalla quale i segnali sono ricevuti dai diversi ricevitori che compongono la rete. Questa tecnica richiede che i ricevitori siano in grado di determinare la direzione di provenienza dei segnali secondo una delle diverse tecniche note: ad esempio antenne rotanti, che sono in grado di riconoscere la direzione di maggiore intensità del segnale; oppure sistemi composti da più antenne che determinano la direzione della sorgente tramite il confronto della differenza di fase, di ampiezza o di tempo di arrivo, del segnale ricevuto.

La posizione della sorgente RF è determinata dal punto di incrocio della direzione individuata da ciascun ricevitore. Pertanto, in questo caso non c'è bisogno di sincronizzazione né di simultaneità per la misura dell'AOA, i ricevitori devono, tuttavia, essere dotati di un goniometro per essere in grado di misurare la direzione di provenienza del segnale. In generale, le misure per la triangolazione risultano meno accurate di quelle per multilaterazione, sia in quanto l'angolo di incertezza può non essere trascurabile (qualche

grado), sia perché la precisione diminuisce tanto più quanto più le direzioni individuate da due antenne tendono a essere parallele (ad esempio, emettitore posto lungo la linea congiungente le due antenne).

Tali tecniche note presentano, pertanto, importanti limitazioni in quanto i sistemi basati sulla multilaterazione non sono in grado di individuare sorgenti di segnali direttivi, come ad esempio un Radar con un fascio d'antenna di 2 gradi e lobi a -30dB; e i sistemi basati sulla triangolazione non sono molto precisi a causa dell'imprecisione nella determinazione della posizione delle sorgenti di segnali.

Per queste ragioni sono state proposte anche tecniche miste, che sfruttano sia la tecnica di multilaterazione con la misurazione del TDOA sia quella della triangolazione con la misura dell'AOA. Tuttavia questi sistemi presentano il difetto dell'alto costo e della elevata complessità, essendo realizzati tramite la contemporanea applicazione di entrambe le tecnologie, che richiedono, ciascuna, le proprie specifiche apparecchiature.

Si pone pertanto il problema tecnico di realizzare un'apparecchiatura di localizzazione passiva di sorgenti emettitrici di segnali RF la quale non presenti gli inconvenienti delle soluzioni note, e sia quindi in grado di individuare la posizione di trasmettitori di segnali di diversa tipologia (comunicazioni o Radar) utilizzando un'unica tecnologia, in modo da risultare più semplice dal

punto di vista costruttivo e da poter essere prodotta in modo economicamente vantaggioso.

Nell'ambito di tale problema si richiede inoltre che tale apparecchiatura sia di elevata robustezza e facilmente installabile anche in siti disagiati da raggiungere e soggetti a intemperie climatiche.

Tali risultati sono ottenuti secondo il presente trovato da un metodo secondo rivendicazione 1 e un'apparecchiatura secondo rivendicazione 11.

Maggiori dettagli potranno essere rilevati dalla seguente descrizione di un esempio non limitativo di attuazione di un metodo e di una apparecchiatura oggetto del presente trovato, effettuata con riferimento all'unica figura 1 allegata in cui si mostra:

in figura 1 : lo schema strutturale e di funzionamento di un'apparecchiatura secondo il presente trovato;

Come illustrato in fig.1, che rappresenta la configurazione minima tramite la quale la stessa può essere realizzata, un'apparecchiatura secondo il presente trovato comprende:

- a) almeno due coppie, R10,R20, di antenne riceventi, rispettivamente R11,R12 e R21,R22, posizionate in differenti siti S1,S2 posti ad una distanza reciproca D1 compresa circa tra 10 e 50 km; la distanza tra le due antenne R11,R12 e R21,R22 di ciascuna coppia di ciascun sito essendo prevista nell'ordine da 100 a 1000 m;
- b) almeno un'ulteriore antenna ricevente R30 disposta in un terzo sito S3, posto ad una rispettiva distanza D2,D3, dell'ordine

delle decine di km, come D1 dalle dette due coppie (R10,R20) di antenne;

Ciascuna delle dette antenne dell'apparecchiatura è dotata di dispositivi di elaborazione digitale dei segnali, in grado di generare, per ogni segnale ricevuto, un report digitale (PDM=Pulse Descriptor Message) contenente le informazioni relative: al tempo di arrivo TOA del segnale e ad altre informazioni caratteristiche del segnale stesso, quali ad esempio frequenza (RF), larghezza d'impulso (PW), ampiezza (A), tipologia di modulazione d'impulso (MOP), etc., che consentono il suo univoco riconoscimento rispetto ai segnali emessi da altri trasmettitori che si trovano nella zona di copertura;

oltre a ciò ciascuna delle dette antenne è anche in grado di generare un report sintetico delle singole emittenti (Track File), associando i PDM registrati; ogni "Traccia" contiene le medesime informazioni dei PDM, con i valori medi, massimi, minimi e percentuali di variazione, e in aggiunta, come risultato dell'elaborazione di sequenze di PDM anche la tipologia e il periodo di ripetizione degli impulsi (PRI), e la tipologia e il periodo di scansione d'antenna;

c) un sistema di sincronizzazione, di per sé convenzionale, che fornisce un segnale di sincronismo a tutte le antenne (almeno 5) e permette di mantenere sincronizzati tra loro i rispettivi orologi;

d) un centro di elaborazione dati, E, che elabora le informazioni provenienti da ciascuna antenna ricevente;

e) un sistema di comunicazione che collega ciascuna antenna (R11,R12,R21,R22,R30) al centro di elaborazione, E, per la trasmissione delle informazioni raccolte da dette antenne a detto centro. Tale sistema di comunicazione può essere di per sé convenzionale (ad esempio, radio, fibra, doppino di rame) e non sarà pertanto descritto in dettaglio.

Con tale configurazione, il funzionamento della detta apparecchiatura è il seguente:

a) ciascuna delle almeno cinque, antenne riceventi:

- acquisisce il segnale di sincronismo per uniformare la base dei tempi di ricezione/calcolo;
- acquisisce i segnali RF emessi dalle sorgenti emettitrici che si trovano nella zona di copertura radio dell'apparecchiatura,
- memorizza detti segnali e genera un report digitale per ogni impulso ricevuto (PDM: Pulse Descriptor Message), contenente il TOA e le informazioni caratteristiche del segnale, per ciascuno di essi;
- genera un report sintetico (traccia) per ogni emittente, contenente la frequenza media e le variazioni, la larghezza d'impulso media e le variazioni, l'ampiezza massima e le variazioni, la tipologia e la misura di scansione d'antenna, la tipologia e il periodo di ripetizione degli impulsi, la tipologia di modulazione d'impulso, etc.;
- invia periodicamente (con tempi dell'ordine del secondo) il report delle tracce al centro di elaborazione;

- b) il centro di elaborazione opera la fusione dei dati, generando un report di tracce globale, con i parametri misurati e le loro variazioni, che viene costantemente aggiornato dai report di ogni antenna. Ogni traccia globale include anche l'informazione relativa a quale antenna ha dato luogo ad un aggiornamento, sul tipo di aggiornamento e il tempo dell'aggiornamento (file storico).
- c) il centro di elaborazione richiede periodicamente (con tempi dell'ordine delle decine di secondi) la funzione di localizzazione appropriata per ogni emittente di cui si vuole conoscere la posizione, mandando un opportuno comando alle antenne interessate;
- d) alla ricezione del comando, le antenne raccolgono i segnali dell'emittente selezionata per un tempo di osservazione prestabilito; tutti i PDM relativi alla emittente selezionata generati dalle antenne riceventi durante questa finestra di osservazione sono inviati al centro di elaborazione (E) per l'elaborazione delle informazioni ricevute;
- e) il centro di elaborazione, sulla base dei tempi degli aggiornamenti, dell'andamento dell'ampiezza delle tracce, della tipologia e dei valori di scansione, è in grado di conoscere la situazione di copertura di ogni emittente sulle varie antenne, selezionando per ogni emittente il momento più opportuno, la durata necessaria per la raccolta degli impulsi per la localizzazione e la tecnica da utilizzare tra multilaterazione e triangolazione.

Si possono pertanto determinare i seguenti casi in relazione alla visibilità delle sorgenti emittenti da individuare in relazione alle varie antenne passive di rilevazione:

I. emittenti sempre in visibilità su tutte le antenne, la tecnica corretta è la multilaterazione, il momento della raccolta è ininfluente e la durata deve essere tale da ricevere un certo numero di impulsi ($\cong 100$);

II. emittenti aggiornate su antenne diverse in tempi diversi (scansioni lente): la tecnica corretta è la triangolazione, il centro di elaborazione deve comandare una raccolta di impulsi su un primo gruppo di antenne in visibilità e calcolare l'AOA attraverso il TDOA; in seguito deve comandare una successiva raccolta in un secondo gruppo di antenne e calcolare il secondo AOA; gli angoli vengono memorizzati nel report tracce, e quando sono presenti entrambi viene calcolata la localizzazione;

III. emittenti scandenti veloci, quindi sempre aggiornate, ma potenzialmente con impulsi diversi da antenna ad antenna; in questo caso viene comandata una sola raccolta su tutte le antenne, e il centro di elaborazione deve verificare se esiste un certo numero minimo di impulsi ricevuti "contemporaneamente" da almeno tre dei detti siti (S1,S2,S3), ovvero che la differenza temporale tra una ricezione e l'altra sia inferiore all'intervallo di tempo massimo $\Delta t_{MAX} = Dx/c$ predefinito in funzione della reciproca distanza fra le varie antenne (Dx); se questa condizione è verificata si procede al calcolo tramite multilaterazione, altrimenti vengono individuate le

coppie di antenne con impulsi "contemporanei" e si procede con il calcolo dei due AOA e alla successiva triangolazione.

Si rileva che normalmente la prima condizione viene soddisfatta dai segnali emessi da radiotrasmittitori non direttivi, usati in genere per comunicazioni radio e che, in questo caso, tutte le antenne dell'apparecchiatura ricevono lo stesso segnale, anche se in tempi leggermente diversi, a causa delle diverse distanze fra la sorgente e ciascuno dei ricevitori.

La seconda e la terza condizione sono soddisfatte da segnali molto direttivi come, ad esempio, quelli emessi da certi tipi di Radar il cui fascio è contenuto in un angolo molto ristretto, di circa 2 gradi, e con lobi secondari a -30dB e pertanto atti ad illuminare solamente uno/due siti contemporaneamente.

Questo tipo di segnale è, in genere, in grado di illuminare, in un certo istante, solamente le antenne che si trovano in un solo sito, ruotando poi la direzione del fascio, il Radar illuminerà successivamente anche gli altri siti.

Se viene soddisfatta la prima condizione e si è, per esempio, ricevuto il segnale radio da un trasmettitore non direttivo, l'elaboratore seleziona la modalità di multilaterazione per il calcolo della posizione del trasmettitore.

In questo caso, in base alle informazioni di tempo di arrivo, TOA, associate a ciascun report, il centro di elaborazione calcola almeno due valori di TDOA associati ad, almeno, due coppie di antenne riceventi, ciascuna formata da antenne posizionate in due

siti diversi: ad esempio R12,R30 in S1,S3, e R21,R30 in S2,S3. In base ai detti valori di TDOA, vengono calcolate le, almeno due, curve C1,C2, rappresentative dei luoghi dei punti su cui può trovarsi la sorgente emettitrice del segnale analizzato. Il punto, P1, di intersezione, delle dette curve C1,C2, individua in modo univoco la posizione in cui si trova l'emettitore del segnale.

Nel caso della seconda o terza condizione l'elaboratore seleziona la modalità di triangolazione per calcolare la posizione del trasmettitore. In questo caso, si calcola il TDOA relativo a più antenne situate a coppie all'interno di uno stesso sito, ad esempio il TDOA relativo alla coppia di ricevitori R11,R12 in S1, e il TDOA relativo alla coppia di ricevitori R21,R22 in S2.

Per ciascuna di dette coppie di antenne è quindi possibile, applicando algoritmi noti, individuare delle linee (rette) che rappresentano il luogo dei punti su cui deve trovarsi la sorgente emettitrice. Selezionando le, almeno due, linee corrispondenti a segnali analoghi, cioè segnali che si considerano emessi dalla stessa sorgente, è possibile individuare in modo univoco la posizione dell'emettitore come punto di intersezione di dette, almeno due, linee.

Ad esempio il punto P2, intersezione della linea L1, individuata dalla coppia R11,R12, e della linea L2, individuata dalla coppia R21,R22, definisce in modo univoco la posizione P2 in cui si trova l'emettitore del segnale ricevuto dalle due coppie di antenne.

Si rileva pertanto come entrambe le tecniche di calcolo, utilizzate per determinare la posizione di una o più sorgenti emettitrici

ci di segnali radio, utilizzano le stesse informazioni di TDOA qualunque sia il tipo di segnale, ad esempio comunicazioni o Radar, direzionale oppure non direzionale, emesso dalla sorgente.

In base all'informazione di TDOA, accompagnata dall'analisi dei report di segnale acquisiti da ciascun antenna, che consentono di riconoscere il tipo di segnale, da quali antenne viene ricevuto, la qualità del segnale e, quindi, una eventuale analogia fra diversi segnali, l'elaboratore centrale può scegliere automaticamente di utilizzare la tecnica di calcolo che consente la localizzazione più precisa per ciascun emettitore.

Sulla base dell'apparecchiatura descritta è anche possibile enunciare un metodo per la localizzazione di sorgenti emettitrici di segnali radio tramite una pluralità di antenne passive disposte su differenti siti comprendente le seguenti fasi:

- +) disposizione di almeno una prima (R10) ed almeno una seconda (R20) coppia di antenne riceventi (R11,R12;R21,R22) in corrispondenza di un relativo sito (S1,S2) tra loro opportunamente distanziati;
- +) disposizione di almeno una ulteriore antenna (R30) ricevente, in corrispondenza di un terzo sito (S3) posto ad opportuna distanza relativa da ciascuno dei due detti primo (S1) e secondo (S2) sito;
- +) sincronizzazione di tutte le antenne riceventi;
- +) acquisizione da parte di almeno tre antenne ciascuna delle quali disposta in un sito (S1,S2,S3) diverso o almeno due coppie

(R10,R20) di antenne ciascuna coppia essendo disposta in un diverso sito (S1,S2), dei segnali radio emessi da almeno una sorgente emettitrice;

+) elaborazione digitale da parte di ciascuna antenna del segnale ricevuto con generazione e memorizzazione di un report (PDM) contenente il relativo tempo di arrivo (TOA) ed altre informazioni caratteristiche del segnale stesso;

+) sintesi di un report sintetico (file tracce) da parte di ogni antenna contenente le informazioni medie e le variazioni di ogni PDM per ogni emittente;

+) invio da parte di ciascuna antenna del file tracce ad una unità centrale di elaborazione (E);

+) elaborazione da parte di detta unità centrale (E) di un file tracce globale aggiornato da tutti i file tracce delle antenne; il report storico consente la scelta della più opportuna tecnica di localizzazione tra multilaterazione e triangolazione, attraverso l'analisi delle ampiezze dei segnali ricevuti dalle varie antenne (scansione) e l'andamento degli aggiornamenti (copertura);

+) selezione da parte della unità centrale di elaborazione (E) di un'emittente alla volta e scelta della modalità di raccolta dati e della tecnica di localizzazione;

+) invio alle antenne interessate da parte della unità centrale di elaborazione (E) dei comandi di raccolta dati sulla emittente selezionata;

- +) raccolta dati e memorizzazione di un file di PDM per ogni antenna e invio al centro di elaborazione (E);
- +) elaborazione da parte di detta unità centrale (E) dei segnali ricevuti con calcolo del TDOA per ogni segnale ricevuto, dal minimo numero di coppie di antenne necessarie a consentire l'applicazione delle differenti procedure;
- +) applicazione della procedura selezionata e individuazione delle coordinate della antenna emettitrice.

Secondo forme preferite di attuazione si prevede:

- +) che la distanza tra ciascuna antenna (R10,R11;R21,R22) di ciascuna coppia (R10,R20) di uno stesso sito è compresa tra 100 m e 100 m;
- +) che la distanza tra antenne situate in siti diversi è compresa tra 10 km e 50 km.
- +) che detti parametri caratteristici che consentono l'individuazione univoca di segnali emessi da una stessa sorgente sono costituiti da:
 - Frequenza: tipologia, valore, intervalli
 - PRI: tipologia, valore, intervalli
 - PW: tipologia, valore, intervalli
 - Ampiezza: Massima, media
 - Modulazioni: di fase, di frequenza, di ampiezza
- +) che le almeno due procedure memorizzate nell'elaboratore centrale sono di tipo multilaterazione e triangolazione.

- +) che la scelta tra l'una o l'altra di dette due procedure è effettuata sulla base del numero di antenne che hanno ricevuto lo stesso segnale, sulla identificazione dei siti in cui si trovano dette antenne che hanno ricevuto il segnale, sul riconoscimento di segnali generati da uno stesso trasmettitore e dei valori di TDOA calcolati.
- +) che la procedura selezionata sia la multilaterazione se almeno tre antenne R11,R21,R30 di tre siti S1,S2,S3 diversi hanno ricevuto lo stesso segnale in un intervallo di tempo massimo Δt_{MAX} predefinito correlato alla distanza relativa tra le antenne considerate;
- +) che altrimenti la procedura selezionata è di triangolazione se almeno due coppie (R10,R20) di antenne di almeno due siti diversi (S1,S2) hanno ricevuto segnali emessi dalla stessa sorgente.
- +) che la procedura di individuazione della posizione della sorgente emettitrice venga effettuata tramite una combinazione di multilaterazione e triangolazione; in tale caso la posizione P in cui si trova il trasmettitore può essere localizzata come il punto di intersezione di almeno una curva di tipo C (iperbole) tipica della multilaterazione e individuata da almeno due antenne situate in siti diversi, e almeno una linea di tipo L tipica della triangolazione, individuata da una coppia di antenne situate nello stesso sito, che consente di risolvere il problema anche nel caso di segnali che illuminano solo una coppia di antenne dello stesso sito e un'antenna di un altro sito.

Risulta pertanto come l'apparecchiatura e il metodo secondo il trovato consentano di rilevare la posizione di emettitori che

trasmettono comunicazioni radio o generano segnali Radar, sia di tipo non direzionale sia di tipo fortemente direzionale, in modalità puramente passiva, e utilizzando un solo tipo di rilevazione, il TDOA, cioè utilizzando una sola tecnologia di apparati riceventi.

Gli apparati riceventi dovranno essere disposti in almeno tre siti, di cui almeno due dotati di almeno una coppia di ricevitori ciascuno e uno terzo con almeno un ricevitore, per complessivi almeno cinque ricevitori, tutti sincronizzati fra loro su una stessa base dei tempi e tutti collegati ad una unità centrale di elaborazione.

Si rileva inoltre che sebbene descritto in relazione ad una configurazione minima, risulta alla portata dell'esperto del settore estendere l'apparecchiatura che realizza il metodo secondo il presente trovato al caso in cui l'area da sorvegliare sia tale da richiedere la presenza di un numero di siti maggiore di tre e/o alla disposizione di un numero maggiore di antenne per ciascun sito per coprire in maniera ancora più efficace tutti i punti dell'area da controllare.

Benché descritta nel contesto di un esempio di attuazione dell'invenzione, si intende che l'ambito di protezione del presente brevetto sia determinato solo dalle rivendicazioni che seguono.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la localizzazione di sorgenti (P1,P2) emettitrici di segnali radio tramite una pluralità di antenne passive disposte su almeno tre differenti siti caratterizzato dal fatto che comprende le seguenti fasi

+) disposizione di almeno una prima (R10) ed almeno una seconda (R20) coppia di antenne riceventi (R11,R12;R21,R22) in corrispondenza di un relativo primo (S1) e secondo (S2) sito tra loro opportunamente distanziati;

+) disposizione di almeno una ulteriore antenna (R30) ricevente, in corrispondenza di un terzo sito (S3) posto ad opportuna distanza relativa da ciascuno dei due detti primo (S1) e secondo (S2) sito;

+) sincronizzazione di tutte le antenne riceventi;

+) acquisizione da parte di almeno tre antenne ciascuna delle quali disposta in un sito (S1,S2,S3) diverso e/o almeno due coppie (R10,R20) di antenne ciascuna coppia essendo disposta in un diverso sito (S1,S2), dei segnali radio emessi da almeno una sorgente emettitrice;

+) elaborazione digitale da parte di ciascuna antenna del segnale ricevuto e generazione di un report sintetico (File tracce) contenente almeno il TOA e i parametri caratteristici di ogni emissione;

- +) invio da parte di ciascuna antenna del report tracce contenente le informazioni precedentemente memorizzate ad una unità centrale di elaborazione (E);
 - +) elaborazione da parte di detta unità centrale (E) dei report tracce ricevuti in modo da costruire un file tracce complessivo (Data Fusion);
 - +) invio alle antenne interessate da parte dell'unità centrale di elaborazione (E) di un opportuno comando di raccolta dati relativi ad una specifica sorgente emettitrice;
 - +) elaborazione digitale da parte di ciascuna antenna del segnale ricevuto dalla specifica sorgente selezionata dall'elaboratore e generazione e memorizzazione di un report di impulso (PDM) contenente il relativo tempo di arrivo (TOA) ed altre informazioni caratteristiche del segnale stesso;
 - +) invio dei report di impulso (PDM) registrati da parte di ciascuna antenna alla unità centrale di elaborazione (E);
 - +) calcolo, da parte dell'unità centrale, del TDOA per ogni segnale ricevuto da ciascuna coppia di antenne;
 - +) selezione e applicazione della procedura di individuazione delle coordinate della antenna emettitrice.
2. Metodo secondo rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la distanza tra ciascuna antenna (R10,R11;R21,R22) di ciascuna coppia (R10,R20) di uno stesso sito è compresa tra 100 m e 1000 m.

3. Metodo secondo rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la distanza tra ciascuna coppia di antenne di siti diversi è compresa tra 10 km e 50 km.

4. Metodo secondo rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che detti parametri caratteristici di individuazione univoca di segnali emessi da una stessa sorgente sono costituiti da:

- Frequenza: tipologia, valore, intervalli
- PRI: tipologia, valore, intervalli
- PW: tipologia, valore, intervalli
- Ampiezza: Massima, media
- Modulazioni: di fase, di frequenza, di ampiezza

5. Metodo secondo rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che le almeno due procedure memorizzate nell'elaboratore centrale sono di tipo multilaterazione e triangolazione.

6. Metodo secondo rivendicazione 5 caratterizzato dal fatto che la scelta tra l'una o l'altra di dette due procedure è effettuata sulla base del numero di antenne che hanno ricevuto lo stesso segnale, sulla identificazione dei siti in cui si trovano dette antenne che hanno ricevuto il segnale, sul riconoscimento di segnali generati da uno stesso trasmettitore e sui valori di TDOA calcolati.

7. Metodo secondo rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che la procedura selezionata è la multilaterazione se almeno tre antenne di tre siti (S1,S2,S3) diversi hanno ricevuto lo stesso segnale in un intervallo di tempo predefinito.

8. Metodo secondo rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che detto intervallo di tempo è correlato alla distanza relativa tra le antenne riceventi.

9. Metodo secondo rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che la procedura selezionata è di triangolazione se almeno due coppie (R10,R20) di antenne di almeno due siti diversi (S1,S2) hanno ricevuto segnali emessi dalla stessa sorgente.

10. Metodo secondo rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che la procedura di individuazione della posizione della sorgente emettitrice viene effettuato tramite una combinazione di multilaterazione e triangolazione.

11. Apparecchiatura per la localizzazione di sorgenti (P1,P2) emettitrici di segnali radio secondo il metodo di rivendicazione 1 e comprendente una pluralità di antenne passive disposte su differenti siti (S1,S2,S3) caratterizzata dal fatto che comprende:

+) almeno due coppie (R10,R20) di antenne riceventi, posizionate in corrispondenza di almeno due differenti siti (S1,S2) posti ad opportuna distanza reciproca (D1);

+) almeno un'ulteriore antenna ricevente (R30) disposta in un terzo sito (S3), posto ad opportuna distanza (D2,D3) da ciascuno dei due detti primi siti (S1,S2);

+) dispositivi di elaborazione digitale dei segnali montati su ciascuna di dette antenne e atti a generare, per ogni segnale ricevuto, un report digitale contenente almeno il tempo di arrivo (TOA) del segnale alla rispettiva antenna

+) un sistema di sincronizzazione atto a fornire un segnale di sincronismo a tutte le antenne;

+) una unità di elaborazione dati (E) centralizzata atta ad elaborare le informazioni contenute nei detti reports ricevuti dalle rispettive antenne;

+) un sistema di comunicazione che collega ciascuna antenna (R11,R12,R21,R22,R30) alla unità di elaborazione (E) per la trasmissione dei rispettivi reports;

12. Apparecchiatura secondo rivendicazione 11 caratterizzata dal fatto che la distanza relativa tra i siti è dell'ordine dei 10-50 km.

13. Apparecchiatura secondo rivendicazione 11 caratterizzata dal fatto che la distanza relativa tra due antenne (R11,R12;R21,R22) di ciascuna coppia di ciascun sito (S1,S2) è nell'ordine dei 100-1000 m;

14. Apparecchiatura secondo rivendicazione 11 caratterizzata dal fatto che dette informazioni ausiliarie caratteristiche di un segnale sono:

- Frequenza: *tipologia, valore, intervalli*
- PRI: *tipologia, valore, intervalli*
- PW: *tipologia, valore, intervalli*
- Ampiezza: *Massima, media*
- Modulazioni: *di fase, di frequenza, di ampiezza*

p.i. di ELETTRONICA S.p.A.

Dott. Ing. Adriana Raimondi

CLAIMS

1. Method for locating sources (P1,P2) emitting radio signals by means of a plurality of passive antennae arranged in at least three different locations, characterized in that it comprises the following steps:

+) arranging at least one first pair (R10) and at least one second pair (R20) of receiving antennae (R11,R12;R21,R22) at an associated first location (S1) and second location (S2) which are at a suitable distance from each other;

+) arranging at least one additional receiving antenna (R30) at a third location (S3) situated at a suitable relative distance from each one of the two said first and second locations (S1) (S2), respectively;

+) synchronizing all the receiving antennae;

+) acquiring, by means of at least three antennae, each of which is arranged at a different location (S1,S2,S3) and/or at least two pairs (R10,R20) of antennae, each pair being arranged at a different location (S1,S2), radio signals emitted by at least one emitting source;

+) digitally processing, by means of each antenna, the signal received and generating a short report (Track File) containing at least the TOA and the characteristic parameters of each signal emitted;

+) sending, by means of each antenna, the track report containing the information previously stored to a central processing unit (E);

+) processing, by means of said central unit (E) the track reports received so as to form an overall (Data Fusion) track file.

+) sending to the antennae concerned by means of the central processing unit (E) a suitable command for collecting data relating to a specific emitting source;

+) digitally processing, by means of each antenna, the signal received from the specific source selected by the processor and generating and storing a pulse (PDM) report containing the associated time of arrival (TOA) and other characteristic information about the signal itself;

+) sending pulse (PDM) reports recorded by each antenna to the central processing unit (E);

+) calculating, by means of the central unit, the TDOA for each signal received from each pair of antennae;

+) selecting and applying the procedure for identifying the coordinates of the emitting antenna.

2. Method according to Claim 1, characterized in that the distance between each antenna (R10,R11;R21,R22) of each pair (R10,R20) at the same location ranges between 100 m and 1000 m.

3. Method according to Claim 1, characterized in that the distance between each pair of antennae at different locations ranges between 10 km and 50 km.

4. Method according to Claim 1, characterized in that said characteristic parameters for uniquely defining signals emitted by the same source consist of the following:

- Frequency: type, value, ranges
 - PRI: type, value, ranges
 - PW: type, value, ranges
 - Amplitude: Maximum, mean
 - Modulation: phase, frequency, amplitude
5. Method according to Claim 1, characterized in that that the at last two procedures stored in the central processor are of the multilateration and triangulation type.
6. Method according to Claim 5, characterized in that the selection of one or other of said two procedures is performed on the basis of the number of antennae which have received the same signal, the identification of the locations where said antennae which have received the signal are situated, the recognition of signals generated by the same transmitter and the TDOA values calculated.
7. Method according to Claim 6, characterized in that that the procedure selected consists in multilateration if at least three antennae at three different locations (S1,S2, S3) have received the same signal within a predefined time interval.
8. Method according to Claim 7, characterized in that that the said time interval is related to the relative distance between the receiving antennae.
9. Method according to Claim 6, characterized in that that the procedure selected consists in triangulation if at least two pairs

(R10,R20) of antennae in at least two different locations (S1,S2) have received signals emitted by the same source.

10. Method according to Claim 1, characterized in that that the procedure for defining the position of the emitting source is performed by means of a combination of multilateration and triangulation.

11. Apparatus for locating sources (P1,P2) emitting radio signals according to the method of Claim 1 and comprising a plurality of passive antennae arranged at different locations (S1,S2,S3), characterized in that it comprises:

+) at least two pairs (R10,R20) of receiving antennae which are positioned in at least two different locations (S1,S2) situated at a suitable distance (D1) from each other;

+) at least one additional receiving antenna (R30) arranged at a third location (S3) situated at a suitable distance (D2,D3) from each one of the two said first locations (S1,S2);

+) devices for digitally processing the signals, mounted on each of said antennae and able to generate, for each signal received, a digital report containing at least the time of arrival (TOA) of the signal at the respective antenna;

+) a synchronization system able to supply a synchronizing signal to all the antennae;

+) a centralized data processing unit (E) able to process the information contained in the said reports received from the respective antennae;

+) a communications system which connects each antenna (R11,R12,R21,R22,R30) to the processing unit (E) for transmission of the respective reports;

12. Apparatus according to Claim 11, characterized in that that the relative distance between the locations is of the order of 10 to 50 km.

13. Apparatus according to Claim 11, characterized in that the relative distance between two antennae (R11,R12;R21;R22) of each pair at each location (S1,S2) is of the order of 100 to 1000 m.

14. Apparatus according to Claim 11, characterized in that said characteristic auxiliary information of a signal consists of the following:

- Frequency: type, value, ranges
- PRI: type, value, ranges
- PW: type, value, ranges
- Amplitude: Maximum, mean
- Modulation: phase, frequency, amplitude

