

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902058610A1

Publication Date

20131208

Applicant

ITEC SRL

Title

METODO ED APPARATI PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA DELL'ACCESSO
OPPORTUNISTICO ALLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO.

TITOLO:

METODO ED APPARATI PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA DELL'ACCESSO
OPPORTUNISTICO ALLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO

DESCRIZIONE

Il principale ambito di applicazione della presente invenzione riguarda l'utilizzo dello spettro televisivo in modo opportunistico per applicazioni a raggio medio e corto.

In generale, il concetto di utilizzo opportunistico di risorse di spettro elettromagnetico prevede che dette risorse siano assegnate prioritariamente a determinati scopi e utilizzatori, che vengono definiti primari. Quando però gli utilizzatori primari non utilizzano tali risorse si può prevedere che altri utilizzatori abbiano l'opportunità di usare dette risorse di spettro elettromagnetico. Questi ultimi utilizzatori, che accedono a dette risorse di spettro elettromagnetico solo se ne hanno l'opportunità, in quanto gli utilizzatori primari non le stanno utilizzando, sono definiti secondari.

L'accesso opportunistico allo spettro radio presuppone che un utilizzatore secondario usi determinate frequenze solo "quando" e "dove" l'utilizzatore primario non le sta usando.

Infatti l'utilizzatore primario è il titolare del diritto ad usare tali frequenze ogni qual volta ne ha la necessità, e solo quando queste non sono utilizzate dall'utilizzatore primario si può pensare di renderle disponibili per altri scopi a beneficio di altri utilizzatori, che sono per questa ragione detti utilizzatori secondari.

Il problema fondamentale di tale forma di accesso allo spettro radio consiste nell'accertamento che l'utilizzatore primario non stia usando determinate frequenze.

Si sta guardando con molto interesse a tale modalità di accesso, sia perché le capacità di trasmissione che potrebbero rendersi disponibili sono notevoli (soprattutto in alcuni

contesti), e sia perché è un metodo che al momento non è ancora sfruttato e quindi è ricco di potenziale.

In generale vi sono molti studi teorici che si riferiscono allo sfruttamento dell'uso opportunistico delle frequenze per comunicazioni radio in tutte le bande radio; tuttavia, oggi, l'attenzione è essenzialmente concentrata sulla possibilità di usare in modo opportunistico la banda assegnata ai broadcaster televisivi terrestri, ove, a livello mondiale, si stima siano disponibili rilevanti capacità di trasmissione non utilizzate. Con l'espressione "White Spaces" generalmente si indicano tali bande di frequenze radio allocate ai servizi di broadcasting televisivo ma non utilizzate su tutto il territorio e quindi disponibili per effettuare un accesso opportunistico. I vari organismi che si occupano di questi argomenti fanno generalmente riferimento alla seguente definizione di "White Space": *"porzione di spettro che si rende disponibile per applicazioni di radiocomunicazione in un dato tempo e in una data area geografica che non disturbino i servizi primari ed altri servizi con priorità più alta"*. L'accesso opportunistico viene pertanto effettuato su detti "White Spaces", definiti come appena riportato.

L'attività volta allo studio per l'efficiente sfruttamento degli "White Spaces" (di seguito anche WS) non è solo di carattere scientifico e tecnologico, ma si stanno anche definendo i quadri normativi e di standardizzazione necessari ad un veloce e pratico sfruttamento del metodo. La CEPT (Conferenza Europea delle Amministrazioni delle Poste e delle Telecomunicazioni), ad esempio, ha istituito un "working group", il WG SE43 con lo scopo di:

- Elaborare il corretto approccio ai WS combinando database di geolocalizzazione e spectrum sensing
- Studiare l'impatto che avranno i dispositivi white space (WSD) sui servizi nelle frequenze adiacenti a quelle della banda 470-790 MHz

- Definire i requisiti per operare con sistemi radio cognitive nei white spaces della banda 470-790 MHz
- Assicurare la protezione dei servizi titolari di determinate frequenze
- Quantificare il potenziale aumento di spettro disponibile con i WS

La fine dei lavori è prevista per il mese di settembre del 2012.

L'accesso opportunistico alla banda televisiva è una possibilità che, se sfruttata, può mettere a disposizione per nuovi servizi una considerevole quantità di banda. Ecco perché in molti Paesi si guarda con grande interesse a questa opportunità.

Anche l'industria è molto attiva in questo settore e vi sono vari dispositivi DSA (Dynamic Spectrum Access) che sono in grado di attivare comunicazioni radio in modo dinamico, usando in modo opportunistico lo spettro televisivo.

La tematica è anche molto trattata a livello di brevetti e domande di brevetto.

E' naturale pertanto che vi sia molta arte nota sull'argomento. Tale cospicua quantità di arte nota ha tutta in comune il fatto che considera una certa banda di frequenze radio non utilizzata dall'utilizzatore primario (quello a cui è riservata prioritariamente) in un determinato "spazio" ed in un determinato "tempo" quando detto utilizzatore primario non sta trasmettendo in tale banda in tale determinato "spazio" e determinato "tempo".

I metodi usati per individuare le bande che possono essere utilizzate opportunisticamente appartengono essenzialmente a due famiglie:

- metodi basati su "carrier sensing",
- e metodi basati su geo-localizzazione e "data base".

I metodi basati su "carrier sensing" consistono in misure effettuate dai sistemi secondari che, prima di effettuare le trasmissioni, si mettono in ricezione sulla banda che intendono usare per verificare che non sia già occupata con altre trasmissioni. Inoltre, i metodi di "carrier sensing" sono comunque implementati nei dispositivi DSA, oltre che per

l'individuazione di WS, anche per gestire i disturbi subiti e per cercare di non produrre disturbi ad altri utilizzatori secondari.

I metodi basati su "carrier sensing" hanno essenzialmente il problema dell'affidabilità, in quanto l'ascolto dello spettro avviene necessariamente in un punto, ossia nel punto ove è presente il sensore, mentre il disturbo generato da una trasmissione interessa uno spazio più o meno vasto, ecco perché, quando impiegati, tali metodi applicano dei margini molto cautelativi che finiscono per ridurre considerevolmente i vantaggi del ricorso all'accesso opportunistico stesso.

Vista la difficoltà di impiego dei metodi basati su "carrier sensing", questi sono in genere confinati ad applicazioni molto particolari ed in genere, quando applicati, utilizzano ricevitori estremamente sensibili (e costosi) in modo da poter permettere delle valutazioni molto prudentiali, rilevando la presenza di segnali anche debolissimi.

I metodi basati su "data base" prevedono che l'utilizzatore primario dichiari con anticipo dove e quando intende trasmettere nella banda a lui assegnata, e che renda disponibile in un data base tale informazione. In tal modo, gli utilizzatori secondari possono consultare tale data base ed utilizzare la banda radio quando e dove questa non serve all'utilizzatore primario.

I metodi basati su "data base" sono certamente più affidabili, concettualmente più semplici, ed applicabili con maggiore facilità in contesti più ampi.

Il principale problema associato a tali metodi basati su "data base" è che le informazioni non sono in genere molto dettagliate e si basano su modelli di propagazione necessariamente approssimati. Si prestano bene ad alcuni casi, come ad esempio il caso in cui un broadcaster televisivo che ha una licenza in un territorio ampio, decide di non trasmettere in una particolare parte di quel territorio nella quale non pensa di avere uno "share" significativo. Tale broadcaster può pertanto dichiarare tale sua scelta e permettere ad altri di usare la "sua" frequenza in quel territorio. Si parla quindi di aree molto vaste

nelle quali un broadcaster rinuncia ai propri diritti, e non si vanno quindi a considerare piccole zone ove, accidentalmente, un segnale non è presente con la necessaria potenza per essere ricevuto e decodificato.

L'applicazione dei metodi basati sui "data base" prevede comunque che vi sia una struttura atta a gestire tali informazioni e le comunicazioni tra gli utilizzatori secondari ed il "data base".

Entrambi i metodi, quand'anche ipoteticamente applicati con successo e precisione assoluta, comunque sottostimano la banda che può essere usata opportunisticamente.

Infatti una frequenza può dirsi veramente utilizzata solo quando su tale frequenza, oltre alla presenza di qualcuno che trasmette, c'è anche qualcuno che riceve.

Se qualcuno trasmette e nessuno riceve, in teoria, tale frequenza non può dirsi utilizzata in una comunicazione radio.

Lo scopo principale della presente invenzione consiste nel proporre un metodo ed i relativi apparati che consentano un utilizzo di frequenze in modo opportunistico in misura maggiore di quanto non venga attuato con i metodi e gli apparati secondo l'arte nota.

Tale scopo è raggiunto mediante il ricorso ad apparati o sistemi trasmettitori secondari atti a trasmettere segnali radio mediante l'occupazione, effettuata in modo opportunistico, di risorse di spettro elettromagnetico caratterizzati dal fatto che detti sistemi secondari dispongono di mezzi che consentono di eseguire una procedura di verifica che nessun sistema ricevitore primario, attivo nell'area circostante detti sistemi trasmettitori secondari, sia in ricezione su un canale che utilizza le risorse di spettro elettromagnetico occupate in modo opportunistico da detti sistemi di trasmissione secondari.

Si osserva come in questa descrizione si sia usato indifferentemente ora il termine apparato o dispositivo, ora il termine sistema per riferirsi ai trasmettitori o ricevitori primari o secondari. Ciò è dovuto al fatto che sia i trasmettitori che i ricevitori sono sempre dei sistemi composti almeno da una parte di elaborazione del segnale ed una parte di

ricetrasmmissione radio e che, nel caso di sistemi inseriti in contesti di uso opportunistico delle risorse radio, sono necessari anche ulteriori elementi di elaborazione delle informazioni. In molti casi tutte queste parti possono essere integrate in un unico apparato o dispositivo, in altri possono essere distinti. Un esempio tipico di sistema che in genere non è integrato in un unico apparato è dato dai ricevitori primari televisivi: infatti l'antenna di ricezione televisiva si trova in genere lontano dai televisori o dai decoder necessari per completare la ricezione dei canali televisivi.

Tale invenzione presenta anche ulteriori vantaggi che saranno resi maggiormente evidenti dalla seguente descrizione, dalle rivendicazioni allegate che costituiscono parte integrante della descrizione stessa e dall'illustrazione di alcuni esempi di realizzazione pratica descritti, a titolo non limitativo, nel seguito e nei disegni allegati in cui:

figura 1 mostra un caso di utilizzo opportunistico di banda radio secondo l'arte nota;

figura 2 mostra un caso di utilizzo opportunistico della banda secondo l'invenzione in un caso semplice;

figura 3 mostra un caso di utilizzo opportunistico della banda secondo l'invenzione in un caso più generale;

figura 4 mostra un caso di utilizzo opportunistico della banda secondo l'invenzione in un caso caratterizzato da una possibile variante;

In figura 1 sono evidenziati gli elementi essenziali coinvolti in una applicazione di accesso opportunistico alla banda radio. Con il numero 100 è indicata una stazione trasmittente di un utilizzatore primario delle frequenze. Con il numero 130 è indicato un ricevitore primario che riceve dalla stazione primaria 100, e non deve essere disturbato da interferenze sulla frequenza di trasmissione. Con il numero 200 è indicata una stazione secondaria che può trasmettere su frequenze di un utilizzatore primario quando questo non le utilizza.

In figura 2 sono evidenziati ulteriori elementi, coinvolti nell'applicazione della presente invenzione. Essendo l'invenzione prevalentemente applicabile in ambienti indoor, è stata

evidenziata con il numero 301 un'abitazione, all'interno della quale è posta la stazione secondaria 200. Inoltre essendo l'invenzione applicabile con vantaggio nello spettro delle frequenze usate per le trasmissioni broadcast televisive, il ricevitore primario considerato è un sistema costituito da un'antenna per la ricezione televisiva 110 e da un televisore 120 che si sintonizza su un canale trasmesso dalla stazione primaria 100. In figura 2 è anche evidenziata una rete per comunicazioni locali 310 che permette lo scambio di informazioni tra il televisore 120 e la stazione secondaria 200.

In figura 3 è rappresentato uno scenario più generale in cui vi è più di un'abitazione, e quindi oltre all'abitazione 301, vi è anche l'abitazione 302. Inoltre sono evidenziati in figura una rete WTL 220 (Watch Television Lan), ed un WTL server 210. La rete WTL 220 serve appunto alla comunicazione tra loro dei dispositivi connessi alle reti residenziali 310 delle varie abitazioni ed eventualmente con un WTL server 210. Il WTL server 210 è un server dove può essere memorizzato un data base che può contenere informazioni relative allo stato di ricezione e trasmissione dei vari trasmettitori e ricevitori primari e secondari. In particolare è importante che tale WTL server 210 contenga informazioni aggiornate relativamente allo stato di sintonia dei ricevitori primari: è infatti essenziale che sia noto che cosa stiano ricevendo, istante per istante, i ricevitori primari, in quanto è proprio tale ricezione che deve essere preservata da ogni disturbo potenzialmente causato da trasmettitori secondari 200.

E' importante notare come, nello scenario rappresentato in figura 3, sia importante che i sistemi trasmettitori secondari 200 siano dotati di mezzi per comunicare con un server remoto e mezzi per eseguire programmi di consultazione di un data base informatico, e che i sistemi ricevitori primari siano dotati di mezzi per comunicare con un server remoto e per aggiornare alcuni dei dati memorizzati in detto server.

In figura 4 è rappresentato il caso in cui l'abitazione 301 non è connessa alla rete WTL 220 e la televisione 120 non è una "connected TV". In tal caso la televisione 120 può

comunicare il canale su cui è sintonizzata mediante un sistema di trasmissione radio che permette di effettuare una trasmissione 230 ricevibile dagli apparati trasmettitori secondari 200 presenti nell'area di copertura raggiungibile dalla trasmissione 230. In questo caso è importante notare come i sistemi trasmettitori secondari 200 debbano poter essere predisposti per ricevere la trasmissione 230 effettuata dai sistemi ricevitori primari.

In generale: i sistemi trasmettitori secondari secondo l'invenzione devono poter acquisire parametri di configurazione che escludano l'occupazione di determinate risorse di spettro elettromagnetico. In particolare devono essere escluse le risorse che sono utilizzate per la trasmissione di segnali su cui vi è un qualche ricevitore primario sintonizzato nell'area circostante. Le modalità con cui tale configurazione può essere acquisita dai trasmettitori secondari possono essere le più varie: può essere prevista la possibilità di configurazioni manuali, come automatiche. Nel caso di configurazioni automatiche, queste possono essere calcolate sulla base di informazioni reperite su opportuni data base o informazioni ricevute per altra via.

Alla base dell'invenzione vi è innanzi tutto una più attenta rilettura della già citata definizione di "White Space": *"porzione di spettro che si rende disponibile per applicazioni di radiocomunicazione in un dato tempo e in una data area geografica che non disturbino i servizi primari ed altri servizi con priorità più alta"*.

In pratica si vuole evidenziare che, ciò che deve essere garantito, è che i servizi a priorità più alta non vengano disturbati, ed una trasmissione radio risulta disturbata se chi riceve viene disturbato: di conseguenza se nessuno sta ricevendo in una particolare zona, ovviamente nessuno può risultare disturbato.

Si osserva inoltre come il segnale televisivo abbia determinati valori in ambiente outdoor e nello spazio libero (cioè sopra i tetti dove sono normalmente poste le antenne riceventi delle televisioni) e valori significativamente più attenuati in ambienti indoor. E' esperienza

comune, infatti, che i televisori portatili con antenna incorporata ricevono male, e non tutti i canali, quando sono usati in ambienti indoor.

Se lo spettro televisivo fosse utilizzato in ambiente indoor e per applicazioni a corto raggio (ad es. poche stanze), la trasmissione potrebbe avvenire, da parte di un trasmettitore secondario a potenze relativamente basse, basterebbe rimanere 20-30 dB sopra il segnale televisivo attenuato (che come detto non è in genere molto intenso) presente nell'ambiente indoor in cui si vuole effettuare la comunicazione.

Il problema causato da tale modo di procedere è dato dal fatto che tale trasmissione si sovrappone al segnale televisivo, nella peggiore delle ipotesi oscurandolo. Tale sovrapposizione è comunque limitata nello spazio: vi sarà quindi uno spazio in cui tale trasmissione secondaria, la cui intensità è data dalle esigenze della specifica trasmissione ed è da determinare caso per caso, rende irricevibile o eccessivamente disturbato il segnale televisivo in tutta una zona circostante.

Di conseguenza tutte le antenne di ricezione televisiva poste in quello spazio risultano disturbate dalla trasmissione secondaria.

Tuttavia tali antenne, pur ricevendo tutti i canali televisivi sono in genere usate per ricevere di un solo canale per volta (o pochi canali per volta).

Ad evitare equivoci, si precisa che con il termine "canale" (riferito ad una trasmissione televisiva) si intende la risorsa radio necessaria alla trasmissione di un servizio televisivo: è chiaro che in genere su una portante sono multiplati a divisione di tempo più servizi, quindi ciascun canale televisivo usa una risorsa radio definita in frequenza e tempo, ed è tale risorsa, così intesa, che deve essere considerata per un possibile utilizzo di tipo opportunistico.

La figura 2 aiuta ad esemplificare, in un caso semplice, l'idea di base.

La stazione trasmittente primaria 100 (in questo caso una torre televisiva) trasmette molti canali, tutti ricevuti dall'antenna 120 dell'abitazione 301, ma il ricevitore TV 120

dell'abitazione 301 è sintonizzato su un solo canale (o su pochi canali nel caso più generale). Se la stazione secondaria 200 trasmette su canali fisici su cui i ricevitori 120 dell'abitazione 301 non sono sintonizzati, questi possono continuare a ricevere i canali su cui sono sintonizzati senza evidentemente essere affetti da disturbi.

L'idea consiste nell'effettuare la trasmissione secondaria solo nei canali fisici che nessuno, nell'area che risulta disturbata, sta ricevendo (ossia sui canali che nessuno sta vedendo o registrando): infatti non si procura nessun danno nell'interferire un canale in uno spazio dove nessuno è sintonizzato in quel canale.

L'esempio rappresentato in figura 2 è molto semplice, e comunque emerge subito quale possa essere il primo problema per applicare un tale metodo: è necessario informare il trasmettitore secondario 200, relativamente a quali canali sono disturbabili qualora si trasmettesse sulle frequenze ad essi associate.

Il modo più semplice e diretto consiste nel collegare ad una rete di comunicazioni locale 310 sia i ricevitori televisivi 120 che i trasmettitori secondari 200. In tal modo ogni trasmettitore secondario 200 può essere a conoscenza del canale o dei canali su cui sono sintonizzati i televisori 120 che potrebbero essere disturbati.

Una prima osservazione importante consta nel fatto che le frequenze televisive sono fatte per essere ricevute dai televisori, e che i televisori, essendo degli oggetti di una certa complessità, possono facilmente essere predisposti per collaborare ad un uso opportunistico delle frequenze televisive, mettendo a disposizione le informazioni relative alla loro sintonia. E' infatti relativamente semplice la modifica da apportare ai televisori affinché questi rendano disponibile in forma opportuna l'informazione relativa al canale sul quale sono sintonizzati.

In generale si può affermare che è possibile prevedere che i ricevitori primari siano dotati di mezzi per esportare informazioni relative alle risorse radio fisiche che in un dato tempo non debbono essere interferite, e tali informazioni debbono poter essere rese disponibili su

un database o, in generale, su un qualunque dispositivo idoneo alla memorizzazione di informazioni in formato elettronico.

Una particolare realizzazione della presente invenzione prevede che i sistemi ricevitori primari, ed in particolare i televisori 120, siano dotati di mezzi di comunicazione per trasmettere ad un server remoto dei dati che consentono di risalire alle risorse radio su cui non devono essere presenti disturbi affinché essi possano ricevere correttamente.

L'esempio finora illustrato non evidenzia però un'ulteriore problema che è invece chiarito nella figura 3 che presenta un caso più generale, in cui un trasmettitore secondario 200 può disturbare la ricezione televisiva del vicinato, e non solo dei ricevitori presenti nella stessa abitazione in cui si trova il trasmettitore secondario 200 che sta trasmettendo.

La prima questione che si pone analizzando il caso generale riguarda gli accorgimenti da adottare per ridurre il numero di antenne per la ricezione televisiva all'interno dello spazio disturbato.

E' senza dubbio importante ridurre al massimo il numero di antenne che possono essere disturbate da ciascun trasmettitore secondario 200. A tale proposito c'è comunque da dire che le antenne televisive 110 poste sui tetti ricevono segnali televisivi provenienti dall'alto o dall'orizzonte ed i loro lobi di ricezione non sono certo orientati verso il basso; mentre i trasmettitori secondari 200 si trovano, di regola, più in basso delle antenne televisive 110 in quanto sono in genere posti all'interno dei locali.

Schermando ulteriormente le antenne televisive 110 alla loro base (o nelle direzioni opposte a quelle di provenienza del segnale televisivo utile), si possono attenuare i segnali di disturbo generati dai dispositivi trasmettitori secondari 200, limitando i potenziali disturbi a quelli causati dai dispositivi trasmettitori secondari 200 posti nello spazio compreso entro un certo angolo rispetto alla direzione di ricezione delle antenne televisive.

Come già detto, in genere, dato un ambiente indoor (tipicamente un'abitazione privata), l'antenna di ricezione televisiva 110 più vicina è quella che serve i ricevitori televisivi 120 di

tali ambienti: tali ricevitori possono quindi comunicare i canali su cui sono sintonizzati al trasmettitore secondario 200, e quindi l'antenna televisiva 110 più vicina, anche se all'interno dello spazio disturbato, può essere indenne da disturbi gravi in quanto i canali su cui sono sintonizzati i ricevitori 120 a questa collegati possono essere lasciati indenni da disturbi. Il problema più serio si pone per le antenne 110 poste all'interno dello spazio disturbato dalla trasmissione effettuata da trasmettitori secondari 200, ma che non possono comunicare attraverso una rete locale residenziale 310 con il trasmettitore secondario 200, e pertanto non è immediato comunicare a tale trasmettitore secondario 200 su quali canali siano sintonizzati i ricevitori 120 collegati a tali antenne 110 vicine. Il problema risulta abbastanza facilmente gestibile in un contesto di "Connected TV" diffusa in cui i ricevitori TV 120 siano connessi a reti accessibili dall'esterno. Ad esempio tali ricevitori televisivi 120 potrebbero essere gestiti da un "Residential Server" e quest'ultimo potrebbe pubblicare, o rendere in qualche modo noti, i canali da lasciare indisturbati.

Secondo molti analisti, dal punto di vista commerciale, questo scenario di presenza diffusa di "Connected TV" si realizzerà in tempi relativamente rapidi.

La figura 3 rappresenta tale scenario, in cui è possibile definire ed implementare una sorta di gestione comune delle informazioni relative al canale su cui i vari televisori sono sintonizzati. In figura 3 si ipotizza la realizzazione di una WTL (Watch Television LAN) 220 e di un WTL server 210.

La possibilità di connettersi al WTL server 210 mediante una apposita rete 220 (che può anche essere una rete virtuale) permette: ai ricevitori televisivi 120 di comunicare i canali su cui non devono essere disturbati, ed ai trasmettitori secondari 200 di verificare se il canale che stanno usando è ricevuto da qualche televisore 120 nelle vicinanze.

La WTL 220, in tale ipotesi, potrebbe essere una rete protetta e chiusa, accessibile solo da determinati apparati che vi farebbero transitare esclusivamente poche comunicazioni

del tipo M2M (Machine to Machine) in cui la sicurezza dei dati sarebbe agevolmente gestibile con metodi noti.

In assenza di una rete locale residenziale 310 o di ricevitori televisivi 120 predisposti per comunicare su detta rete locale residenziale 310, è possibile ricorrere ad altri metodi affinché siano noti ai trasmettitori secondari 200 i canali su cui sono sintonizzati i ricevitori televisivi 120 potenzialmente disturbabili e che quindi non devono essere interferiti dagli apparati trasmettitori secondari 200 attivi nella zona.

E' chiaro che per poter effettuare tale comunicazione è comunque necessario apportare una modifica al televisore: modifica che potrà in genere essere mantenuta il più possibile semplice.

Tali metodi alternativi di comunicazione possono essere volti a comunicare il canale sintonizzato:

- al "WTL server" 210,
- oppure direttamente ai dispositivi trasmettitori secondari 200 interessati.

Nel caso di comunicazione al "WTL server" 210, un'opportunità certamente interessante è quella di trasmettere l'informazione con tecniche ad "onde convogliate" (Power Line Communication). A valle di un primo tratto di trasmissione via "onde convogliate" da parte dei ricevitori TV 120, sono poi possibili vari scenari di comunicazione.

Ad esempio, nel caso di diffusa presenza di "smart meters" per la distribuzione elettrica, il dato sul canale sintonizzato può essere comunicato con una tecnica ad "onde convogliate" allo "smart meter" che gestisce i carichi dell'abitazione in cui i ricevitori televisivi 120 sono presenti. A quel punto lo "smart meter" è, per definizione, connesso telematicamente ad un qualche centro servizi che quindi potrebbe facilmente farsi carico di aggiornare il "WTL server" 210; tale idea, è ricca di varianti e di dettagli che possono certamente essere esplorati e che hanno in comune il fatto di sfruttare un primo segmento di comunicazione

con tecniche ad “onde convogliate” (dette anche tecniche “power line”), ossia utilizzando la rete elettrica per trasmettere una piccola quantità di dati.

Nel caso di comunicazione dell’informazione direttamente ai trasmettitori secondari 200 interessati, si può sfruttare il fatto che le antenne di ricezione televisiva potrebbero essere usate anche per trasmettere, e che la trasmissione potrebbe essere effettuata da tali antenne ad una potenza tale da essere ricevibile solo dai trasmettitori secondari 200 così vicini da essere proprio quelli che potrebbero potenzialmente disturbare tali antenne.

La figura 4 esemplifica tale opzione. In tal caso l’abitazione 301 non è provvista di una rete locale 310 quindi si descrive il caso secondo cui il ricevitore televisivo 120 che si trova all’interno dell’abitazione 301 comunica il canale su cui è sintonizzato attraverso una comunicazione radio effettuata con l’antenna 110 (come nel caso in figura) oppure con un’altra antenna che potrebbe essere installata vicino all’antenna di ricezione televisiva 110. Tale comunicazione radio è rappresentata con la freccia tratteggiata, e con il numero 230. Detta comunicazione 230 sarà ricevibile dai trasmettitori secondari 200 attivi nelle vicinanze. In figura 4 è rappresentato un trasmettitore secondario 200 che si trova all’interno dell’abitazione 302: in tal modo detto trasmettitore secondario 200 che si trova all’interno dell’abitazione 302 è nelle condizioni di trasmettere in modo opportunistico su canali che non disturbino la ricezione televisiva del ricevitore 120 che si trova all’interno dell’abitazione 301.

Questo metodo fornisce una soluzione che può essere adottata da chi non possiede una “Connected TV”, e rappresenta un modo alternativo per avere garanzia di non disturbo sui televisori sintonizzati su canali potenzialmente utilizzabili da trasmettitori secondari 200 attivi nelle vicinanze.

Il metodo appena descritto presenta l’onere di dover allestire un sistema di trasmissione della comunicazione 230, ma presenta anche alcuni vantaggi: permette la visione dei programmi televisivi anche in un contesto di non-connected TV, ed interessa direttamente

solo i trasmettitori secondari 200 che si trovano nelle vicinanze del ricevitore televisivo 120 che non deve essere disturbato.

Tale soluzione, pur potenzialmente realizzabile con relativa semplicità, presenta alcune criticità che potrebbero ostacolarne la diffusione.

Si trasmette in aria un'informazione sensibile (deve essere garantita una certa riservatezza); andrebbe pertanto usato un canale caratterizzato da opportuni accorgimenti e meccanismi che lo rendano "difficile da decifrare". E' chiaro che tale informazione dovrebbe comunque essere decifrabile dai dispositivi trasmettitori secondari e quindi potenzialmente leggibili dai proprietari dei dispositivi stessi, tuttavia trattandosi di una comunicazione M2M, questa potrebbe essere limitata ad apparecchi omologati allo scopo, in cui l'informazione non sia esportabile, ma questo richiederebbe l'introduzione di uno specifico impianto normativo e di controllo.

Si potrebbe ovviare in parte a tale problema prevedendo che i canali utilizzabili dai dispositivi trasmettitori secondari 200 siano solo alcuni canali definiti "dichiarabili" e per i quali la riservatezza di visione non verrebbe garantita. In tal modo i televisori sintonizzati su canali "non dichiarabili" sarebbero esentati dal doverlo rendere pubblico ed avrebbero garantita la riservatezza sulla visione. Tuttavia anche questa opzione prevede l'introduzione di una norma.

In ogni caso, la comunicazione 230 dovrebbe essere standardizzata, e le TV che volessero ricorrere a tale comunicazione andrebbero rese compatibili con tale operazione (possibile oggetto unico da sostituire al decoder o prestazione integrata nelle nuove TV), così come dovrebbe essere modificato o integrato l'impianto d'antenna.

Un'ulteriore metodo per preservare determinati canali da potenziali disturbi in una data zona consiste banalmente nella possibilità di configurare direttamente i trasmettitori secondari 200 in modo che essi non utilizzino uno o più canali in determinati orari.

Anche questa opzione, che può essere vista come una caratteristica dei trasmettitori secondari 200, come sarà meglio chiarito più avanti, può essere di una certa utilità in determinati scenari.

Il principale vantaggio dell'invenzione descritta è che si rende disponibile in modo opportunistico una considerevole quantità di banda a frequenze molto pregiate per le comunicazioni radio.

Infatti, se consideriamo occupata una frequenza perché una emittente TV sta trasmettendo, in pratica tutto lo spettro potrebbe risultare occupato (in molti luoghi, ed in Italia in particolare), mentre se consideriamo occupata la banda di un canale radio solo quando un ricevitore TV è sintonizzato su tale canale, in pratica, in ogni punto possono risultare occupati solo pochi canali (quelli su cui sono sintonizzati i ricevitori TV presenti nei "dintorni") a fronte di molti canali utilizzati per la diffusione televisiva: in pratica, una significativa percentuale dello spettro televisivo risulterebbe riutilizzabile per reti a corto raggio.

Quello del riutilizzo spinto della banda televisiva è essenzialmente il principale vantaggio dell'invenzione. Di seguito vengono ora citate alcune considerazioni che evidenziano aspetti facilitatori per la diffusione della presente invenzione e che, risultando complessivamente positive, possono essere considerate come ulteriori vantaggi portati dall'invenzione.

L'istituzione di una WTL 220 che serva allo scopo è decisamente un'operazione semplice e compatibile con uno scenario futuro prossimo caratterizzato da:

- presenza (in molte nazioni) di infrastrutture per l'accesso a data-base per l'uso di "White Spaces"
- forte diffusione della "Connected TV"
- capillare diffusione di "smart meters" associati alla distribuzione elettrica.

Un ulteriore vantaggio del metodo è che può essere introdotto gradualmente. Infatti si può prevedere che inizialmente solo un numero limitato di canali sia utilizzabile in modo opportunistico dai trasmettitori secondari 200 secondo gli insegnamenti della presente invenzione. Tali canali avrebbero pertanto una garanzia di non essere disturbati solo per gli utenti che sono attrezzati per comunicare che li stanno guardando.

In tal modo potrebbero essere preservati un numero significativo di canali protetti, visibili con le modalità vecchie, ossia senza richiedere alcunché di nuovo al telespettatore perché questi abbia comunque la garanzia di una visione non disturbata. E' comunque evidente che per chi vive in ambienti isolati, ed a una certa distanza da altre abitazioni, i rischi di essere disturbati (o disturbare) si riducono drasticamente fino a risultare pressoché nulli. Si tenga presente, in ogni caso, che un eventuale utente che si volesse continuare ad usare un vecchio televisore non predisposto per comunicare la propria sintonia, avrebbe comunque la possibilità di "difendersi" con metodi alternativi, ad es. schermando l'antenna dal lato del/dei vicini disturbatori, oppure comunicando per altra via dei canali da mantenere protetti (ad es. potrebbe essere previsto che mediante il pagamento di un canone extra, un utente si possa preservare indenne da disturbi fino ad un massimo di N canali) nella sua zona. In quel caso i dispositivi trasmettitori secondari 200 che potrebbero disturbare un dato utente, consultando il "WTL server" 210 troverebbero l'informazione di ulteriori canali da non utilizzare in modo opportunistico in quella data zona.

Un ulteriore meccanismo che potrebbe essere previsto, è quello di inserire manualmente nel proprio dispositivo trasmettitore secondario 200 uno o più canali da non utilizzare.

Questa prestazione potrebbe risultare utile ad esempio per un utente che avesse una vecchia TV portatile che tiene in garage su cui vede alcuni canali mentre si dedica ai propri hobbies (si sta ovviamente ipotizzando un esempio), ebbene in questo modo potrebbe preservare quei canali almeno dai disturbi provenienti dai propri dispositivi di trasmissione secondari 200.

In definitiva, comunque, il concetto è che l'applicazione della presente invenzione può avvenire senza che i vecchi televisori, che continueranno ad esistere per molto tempo, diventino totalmente inutilizzabili in poco tempo, ma possono continuare ad essere utilizzati, magari con garanzia di visione solo per un numero minore di canali, oppure con accorgimenti a cura dell'utente stesso.

Gli studi e le proposte che oggi sono in campo per lo sfruttamento degli "White Spaces" sono tarati su iniziative che possono già oggi, e rapidamente, essere attuate. E' importante citarle anche nel contesto della presente invenzione in quanto possono fornire indicazioni su come verranno realizzati gli apparati trasmettitori secondari che a breve potrebbero diffondersi in molti paesi del mondo. Sembra che tali apparati, oltre ad essere della basette del tutto simili agli attuali RFP WI-FI, saranno caratterizzati dall'integrare due prestazioni peculiari:

1. la capacità di consultare un data-base centralizzato per verificare la disponibilità di una frequenza
2. la capacità di effettuare uno "spectrum sensing" con una buona sensibilità.

La prestazione di "Spectrum Sensing" (detta anche "Carrier Sensing") è già presente anche negli attuali apparati che operano in banda non licenziata (gli RFP WI-FI) con lo scopo di gestire le interferenze reciproche che si possono generare quando in una stessa area sono presenti una pluralità di coperture WI-FI private. Ebbene nei dispositivi trasmettitori secondari futuri tale prestazione, potrà essere usata anche per scongiurare le interferenze con l'utilizzatore primario e, come si diceva, si avvarrà di ricevitori molto più sensibili.

In generale pertanto, si osserva che molti dei problemi tecnici che dovranno essere risolti all'atto della realizzazione pratica di dispositivi funzionanti secondo gli insegnamenti della presente invenzione, sono i medesimi problemi che si stanno al momento affrontando in

ambito di arte nota, e per realizzare dispositivi in grado di sfruttare opportunisticamente la banda radio, secondo l'accezione comunemente adottata del concetto di "White Space". Il coordinamento fra potenziali utilizzatori della stessa banda in modalità opportunistica, potrà quindi avvenire tramite metodi simili a quelli noti o evoluzioni di questi, data anche la disponibilità di un hardware dedicato allo "Spectrum Sensing" con prestazioni allo stato dell'arte.

In generale, gran parte delle problematiche per realizzare e gestire gli apparati necessari all'implementazione pratica della presente invenzione sono le medesime che si incontrano per la realizzazione e la gestione degli apparati per lo sfruttamento opportunistico dello spettro radio secondo l'arte nota, e pertanto la fattibilità e l'applicabilità dell'invenzione non presenta difficoltà sostanzialmente superiori a quelle che si incontrerebbero nell'applicazione dell'arte nota.

Infatti si può assumere che l'applicazione dell'arte nota preveda che ogni dispositivo trasmettitore secondario, non solo sia dotato di hardware idoneo allo "Spectrum Sensing", ma anche che sia un apparato predisposto per consultare un "data base" remoto. Quindi ogni dispositivo trasmettitore secondario (sia secondo l'arte nota e sia secondo l'invenzione) ha il vantaggio di disporre di informazioni di contesto, in quanto deve necessariamente "colloquiare" con un server che lo autorizzi ad usare determinate frequenze. Tale server, oltre a contenere e fornire le informazioni sui televisori, può quindi tenere traccia anche degli altri dispositivi trasmettitori secondari attivi, e fornire tale informazione anche per scopi di coordinamento dei vari trasmettitori secondari attivi (molti algoritmi possono essere proposti anche in quest'ultimo ambito).

Una possibile applicazione dell'idea inventiva prevede che i dispositivi trasmettitori secondari possano in prima battuta comportarsi come i dispositivi secondo l'arte nota e consultare un "data base" remoto per accedere ad informazioni sulla trasmissione da parte degli utilizzatori primari su ogni frequenza.

Sulla base di questa prima informazione, il dispositivo può rilevare la presenza nella sua zona di un "White Space" (secondo l'accezione corrente) e quindi può trasmettere secondo i metodi noti che si stanno già concordando in molti paesi. Tuttavia, in altri paesi tali "White Spaces" sarebbero troppo rari o praticamente inesistenti in molte vaste aree, cionondimeno l'informazione sulla trasmissione dell'utilizzatore primario risulta molto utile anche per l'applicazione della presente invenzione. Infatti il dispositivo trasmettitore secondario che, come detto, disporrà anche di sensori di campo elettrico, potrà confrontare la potenza prevista del segnale dell'utilizzatore primario (secondo un'ipotesi di propagazione in campo aperto) con la potenza del segnale realmente presente. Così facendo il dispositivo trasmettitore secondario può stimare l'attenuazione su cui può contare per il fatto di trovarsi in un ambiente indoor. E' chiaro come tale informazione sia molto utile per decidere su che canale ed a che potenza trasmettere, anche nel contesto della presente invenzione.

Il dispositivo trasmettitore secondario dovrà cercare il canale che gli consente di trasmettere alla potenza più bassa possibile (perché così più piccolo sarà il cerchio entro il quale dovrà accertare che non vi siano televisori sintonizzati).

Questa informazione sarà anche utile per fare in modo che il dispositivo trasmettitore secondario abbia comportamenti diversi se installato in mansarde o terrazze oppure in ambienti indoor molto interni, e ciò farà sì che anche i possessori di tali apparati siano incentivati ad osservare certe linee guida nell'installare i loro dispositivi. Infatti chi installasse il dispositivo vicino ad una finestra, all'aperto o in altre posizioni particolarmente disturbanti, non avrebbe prestazioni performanti come chi lo installasse nella stanza più interna del proprio appartamento.

Si ricorda a questo proposito che, diversamente dai servizi target pensati per il cosiddetto "super WI-FI" (il servizio su banda opportunistica che a breve verrà consentito negli Stati

Uniti), i servizi a cui si fa riferimento nel concepire la presente invenzione sono pensati per coperture indoor a corto raggio.

E' chiaro che in una comunicazione secondo l'invenzione, non solo le basette trasmettono e ricevono, ma anche i terminali. Questi ultimi sono mobili e possono, occasionalmente, trovarsi in posizioni meno schermate, e di conseguenza disturbare ed essere disturbati maggiormente. E' comunque chiaro che, per l'instaurazione di una connessione radio su un certo canale, dovrà essere attuato un opportuno protocollo: tale protocollo non potrà prescindere da misure o stime di BER e di SNR (come comunemente avviene per l'instaurazione di connessioni radio tra apparati mobili); attraverso tali misure, e dal loro confronto con le prestazioni attese dal canale radio, sia il trasmettitore secondario della basetta che quello del terminale possono ricavare informazioni sufficienti a stabilire se un canale è utilizzabile per la connessione, ed a che potenza. Infine, anche i terminali possono, teoricamente, avvalersi di informazioni derivate mediante "Spectrum Sensing", ed anche queste possono essere utili per stabilire quanto il terminale sia schermato rispetto allo spazio libero.

Come si vede, l'instaurazione di una connessione su bande opportunistiche è, da un lato giustamente più articolata, dall'altro può comunque contare su molte informazioni che permettono di ricercare le frequenze sulle quali le trasmissioni possono avvenire alla potenza minima possibile. E' chiaro che l'instaurazione di queste connessioni dovrà anche avvalersi di protocolli di controllo leggermente più articolati di quelli attuali in quanto devono essere fatte alcune valutazioni aggiuntive per la scelta della risorsa radio da impegnare.

Allo scopo si osserva come, in realtà, la questione stia evolvendo molto velocemente.

Solo nel settembre 2010 la FCC ha deciso che una buona parte delle frequenze televisive, se non utilizzate saranno disponibili per fornire servizi di accesso wireless e per riferirsi a tali servizi è stata coniata una nuova denominazione certamente evocativa: "Super WI-FI".

Molto a breve, un provvedimento analogo sarà preso anche da OFCOM. Sono attesi nel giro di pochi mesi i regolamenti per l'uso opportunistico di tali frequenze, e con ogni probabilità si ricorrerà inizialmente a metodi basati su data-base e geo-localizzazione. In altre parole verrà varato un sistema (un server) accessibile ai dispositivi DSA, in cui sarà reperibile l'informazione relativa alle frequenze utilizzabili in un determinato punto. E' chiaro come questo sistema sia già predisposto per diventare la WTL appena descritta: basta che, oltre ai dispositivi DSA, sia accessibile anche ai televisori.

E' chiaro che in taluni paesi, o meglio, in taluni luoghi di taluni paesi, la banda disponibile sarà significativa perché poche emittenti vi trasmettono, ma in altri luoghi non vi sarà sufficiente disponibilità di banda, per la presenza di emittenti in tutte le frequenze. Ecco che il criterio di uso opportunistico introdotto in questa invenzione potrebbe drasticamente cambiare i rapporti di riusabilità delle frequenze.

Vale infine la pena di inquadrare quanto appena esposto sull'idea inventiva nel più ampio contesto del "Cognitive Radio": nella loro accezione più generale le tecniche di "Cognitive Radio" si pongono l'obiettivo di permettere a due dispositivi di comunicare via radio ricercando ed impiegando in modo opportunistico una banda radio e, in generale, adottando caso per caso i parametri trasmissivi che più convengono all'applicazione. Il tutto puntando alla massima flessibilità. L'argomento non è qui approfondito, ed è citato solo allo scopo di segnalare un argomento molto avanzato che in questo momento si sta ponendo all'attenzione di molte università e centri di ricerca e che presenta alcune significative connessioni con la proposta inventiva e suoi sviluppi.

Risulta chiaro quanto un tale obiettivo sia assolutamente ambizioso se pensato nella sua accezione generale, di conseguenza gli studi attualmente in campo si concentrano su proposte che ne limitano l'obiettivo.

Tra tali proposte, alcune possono essere attribuite ad un filone che merita menzione particolare: si tratta delle proposte che si avvalgono della definizione di un così detto CPC

(Cognitive Pilot Channel). Secondo alcune di queste proposte basate su CPC, si ipotizza la creazione di una rete dedicata alla distribuzione di informazioni funzionali alla instaurazione di comunicazioni di tipo "Cognitive Radio".

E' chiaro che l'eventuale esistenza di una rete di distribuzione del CPC potrebbe essere utilmente sfruttata anche per confezionare delle implementazioni della presente invenzione.

Non solo però il contesto "Cognitive Radio" può essere favorevole allo sviluppo ed all'evoluzione della presente invenzione, ma anche l'idea di base dell'invenzione può essere inglobata nell'argomento del "Cognitive Radio". Infatti, ad oggi gli studi sull'argomento propongono algoritmi ed elaborazioni (dette anche: Cognitive Engine Brain) basate su informazioni relative ai trasmettitori, mentre potrebbe essere utile elaborare anche informazioni relative ai ricevitori attivi nell'area.

RIVENDICAZIONI

1. Apparato o sistema trasmettitore secondario (200) atto a trasmettere segnali radio mediante l'occupazione, effettuata in modo opportunistico, di risorse di spettro elettromagnetico, e caratterizzato dal fatto che detto apparato o sistema trasmettitore secondario (200) dispone di mezzi che consentono di eseguire una procedura di verifica che nessun sistema ricevitore primario attivo in un'area circostante detto apparato trasmettitore secondario (200) sia in ricezione su un canale che utilizza le risorse di spettro elettromagnetico occupate in modo opportunistico da detto apparato trasmettitore secondario (200).
2. Apparato o sistema trasmettitore secondario (200) secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che almeno uno di detti mezzi atti all'esecuzione di detta procedura di verifica, eseguita prima di occupare in modo opportunistico risorse di spettro elettromagnetico, è un processore elettronico programmato per eseguire un programma di consultazione di un data base.
3. Apparato o sistema trasmettitore secondario (200) secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che almeno uno di detti mezzi atti all'esecuzione di detta procedura di verifica, eseguita prima di occupare in modo opportunistico risorse di spettro elettromagnetico, è un sistema di comunicazione elettronica idonea ad instaurare un collegamento telematico con un dispositivo elettronico (210).
4. Apparato o sistema trasmettitore secondario (200) secondo la rivendicazione 1 predisposto per acquisire dinamicamente, in modo automatico o manuale, una configurazione che escluda l'utilizzo delle risorse di spettro elettromagnetico che non devono essere occupate per trasmissioni effettuate in modo opportunistico.
5. Apparato o sistema ricevitore primario caratterizzato dall'essere predisposto per esportare l'informazione che consente di risalire ai canali che non devono essere

utilizzati da trasmettitori secondari attivi nell'area circostante detto apparato o sistema ricevitore primario.

6. Apparato o sistema ricevitore primario secondo la rivendicazione precedente caratterizzato dal fatto di disporre di mezzi che consentono a detto apparato o sistema ricevitore primario di accedere ad un data base o ad un dispositivo per la memorizzazione elettronica delle informazioni attraverso una rete telematica per aggiornarvi informazioni relative allo stato corrente della propria sintonia.
7. Sistema ricevitore primario secondo la rivendicazione precedente che comprende un televisore (120) su cui avviene la ricezione.
8. Sistema ricevitore primario secondo la rivendicazione 5 comprendente un ricevitore primario ed un sistema di trasmissione via radio atto a trasmettere l'informazione che consente di risalire ai canali che non devono essere utilizzati dai trasmettitori secondari in un'area sufficiente a raggiungere tutti i trasmettitori secondari che potrebbero potenzialmente generare dei disturbi per detto ricevitore primario.
9. Metodo di utilizzo opportunistico dello spettro elettromagnetico che prevede almeno le seguenti fasi:
 - a. individuazione di risorse di spettro radio a cui accedere in modo opportunistico;
 - b. verifica che non vi siano ricevitori primari sintonizzati su trasmissioni effettuate su dette risorse radio e all'interno dell'area in cui l'eventuale utilizzo opportunistico di dette risorse radio da parte di un trasmettitore secondario potrebbe generare disturbi alla ricezione da parte di detti ricevitori primari;
 - c. nel caso in cui la verifica di cui al punto precedente abbia esito positivo, instaurazione di una radiocomunicazione che utilizza le risorse dello spettro radio individuate al punto a..

CLAIMS

1. Secondary transmitter apparatus or system (200) capable of transmitting radio signals through the opportunistic occupation of resources of the electromagnetic spectrum, and characterized in that said secondary transmitter apparatus or system (200) has means to execute a procedure to verify that no primary receiver systems active in an area surrounding said second transmitter device (200) is receiving on a channel that uses said resources of the electromagnetic spectrum opportunistically occupied by said secondary transmitter apparatus or system (200).
2. Secondary transmitter apparatus or system (200) according to claim 1, characterized in that at least one of said means of performing said verification procedure, performed before the opportunistic occupation of resources of the electromagnetic spectrum, is an electronic processor programmed to execute a program of consultation of a database
3. Secondary transmitter apparatus or system (200) according to claim 1, characterized in that at least one of said means of performing said verification procedure, performed before the opportunistic occupation of resources of the electromagnetic spectrum, is an electronic communication system able to establish a suitable electronic connection with an electronic device (210)
4. Secondary transmitter apparatus or system (200) according to claim 1, ready to receive dynamically and automatically or manually, a configuration setting that precludes the use of the resources of the electromagnetic spectrum that should not be occupied for opportunistically made transmissions.
5. Primary receiver apparatus or system characterized in that it is prepared to export the information about the channels that should not be used by secondary

transmitters which are active in the area surrounding said primary receiver apparatus or system

6. Primary receiver apparatus or system according to the preceding claim characterized in that it has means to access a database or an electronic information storage system via an electronic communication system and it is able to update information stored in said database or electronic information storage system on the current state of its own tune.
7. Primary receiver system according to the preceding claim that includes a television (120).
8. Primary receiver system according to claim 5 comprising a primary receiver apparatus and a radio transmission system capable of transmitting, in an area sufficient to reach all secondary transmitters which could potentially generate noise receiver for said primary receiver system, the information about the channels that should not be used by secondary transmitters
9. Method for the opportunistic use of electromagnetic spectrum including at least the following steps:
 - a. identification of radio spectrum resources to be accessed opportunistically;
 - b. verification that there are no primary receivers tuned to radio transmissions made on said radio spectrum resources and within the area where the possible opportunistic use of said radio spectrum resources by a secondary radio transmitter may cause interference to the reception of said primary receivers;
 - c. if the above referred check is true, establishment of a radio communication that uses said radio frequency resources identified in the above item a..

Fig. 1

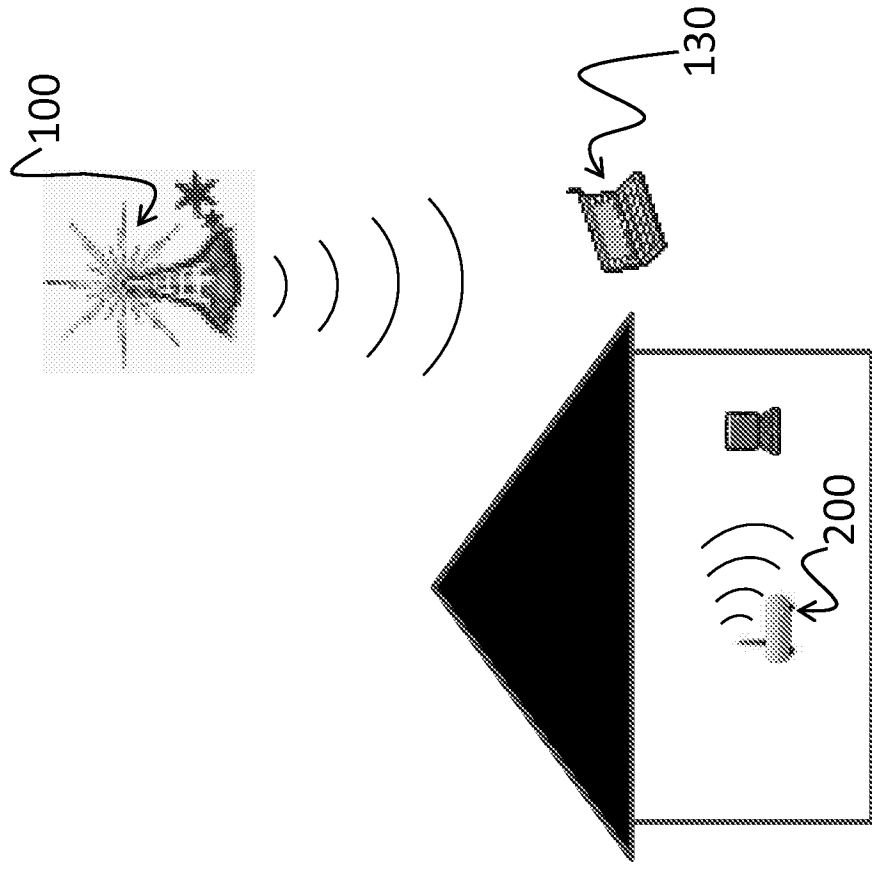


Fig. 2

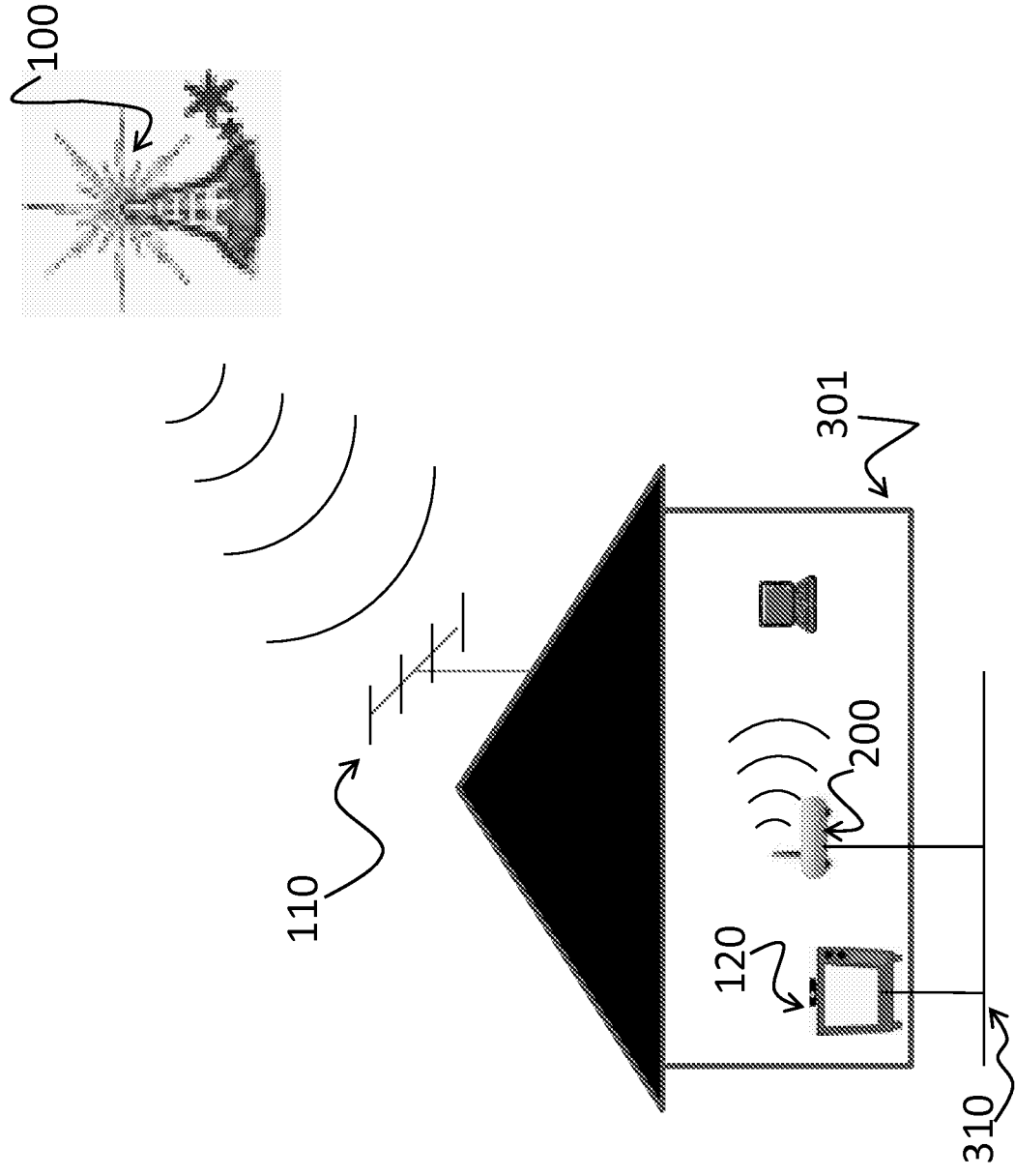


Fig. 3

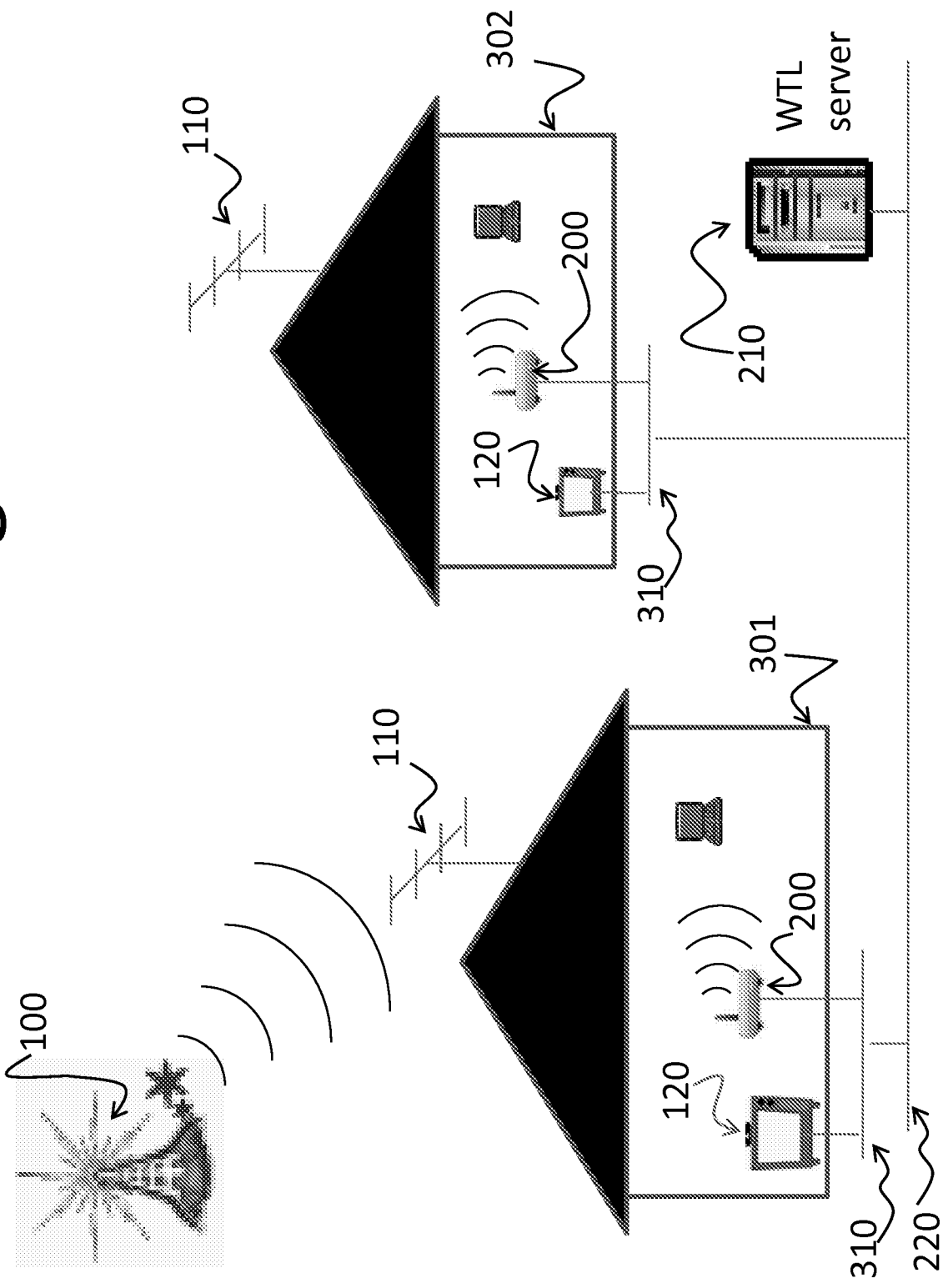


Fig. 4

