

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6494918号
(P6494918)

(45) 発行日 平成31年4月3日(2019.4.3)

(24) 登録日 平成31年3月15日(2019.3.15)

(51) Int.Cl.

HO4W 56/00 (2009.01)

F 1

HO4W 56/00 110

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-65856 (P2014-65856)
 (22) 出願日 平成26年3月27日 (2014.3.27)
 (65) 公開番号 特開2015-144408 (P2015-144408A)
 (43) 公開日 平成27年8月6日 (2015.8.6)
 審査請求日 平成29年3月9日 (2017.3.9)
 (31) 優先権主張番号 特願2013-271004 (P2013-271004)
 (32) 優先日 平成25年12月27日 (2013.12.27)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000001122
 株式会社日立国際電気
 東京都港区西新橋二丁目15番12号
 (74) 代理人 100116687
 弁理士 田村 爾
 (74) 代理人 100098132
 弁理士 守山 辰雄
 (74) 代理人 100098383
 弁理士 杉村 純子
 (72) 発明者 鍋農 健二郎
 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
 (72) 発明者 伊藤 将史
 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】無線通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同一周波数を用いて下り送信を行う複数の基地局無線装置と、前記複数の基地局無線装置を制御する無線回線制御装置と、を有する無線通信システムにおいて、

前記無線回線制御装置及び前記複数の基地局無線装置は、GPSモジュールを備えており、当該GPSモジュールからの基準信号に基づいて互いに同期したフレームタイミングで互いに同一のフレーム番号を設定した無線フレームを生成し、

前記無線回線制御装置は、前記複数の基地局無線装置に対して下り送信を同じタイミングで開始させる指示を送信するにあたり、当該指示における下り送信の開始タイミングのフレーム番号として、当該指示の送信タイミングに対して当該無線回線制御装置と前記複数の基地局無線装置との間の伝送時間の最大値分の間隔を少なくとも置いたタイミングのフレーム番号を指定し、
10

前記複数の基地局無線装置は、前記無線回線制御装置が指定したフレーム番号のタイミングで下り送信を開始する、

ことを特徴とする無線通信システム。

【請求項 2】

前記無線回線制御装置は、前記複数の基地局無線装置の中に伝送時間が所定値以上の基地局無線装置が存在する場合に、伝送時間が前記所定値以内となる基地局無線装置に応じて下り送信を開始させるフレーム番号を変更し、該変更後のフレーム番号を下り送信の開始タイミングに指定した指示を送信する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

【請求項 3】

前記複数の基地局無線装置は、下り送信の対象となるデータを受信してから所定時間が経過した場合には、前記指示を待たずに下り送信を開始する、

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の無線通信システム。

【請求項 4】

前記 G P S モジュールからの基準信号は、1 P P S 信号であり、

前記無線回線制御装置及び前記複数の基地局無線装置は、前記 1 P P S 信号の周期のスルーパーフレームを整数値で分割した無線フレームを形成し、前記無線フレームのフレーム番号を、前記1 P P S 信号のタイミングでリセットする、

10

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の基地局無線装置からの同時送信において、同一運用波送信による干渉を抑制するデジタル無線システムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のデジタル無線システムでは、複数の基地局無線装置による同一運用波の同時送信において、各基地局無線装置は、下位の無線端末装置に対する下り送信の開始指示を無線回線制御装置から受信したことを契機に各々のタイミングで開始するため、近隣の基地局無線装置の影響によって不感地帯が発生する可能性がある。

20

【0003】

すなわち、無線回線制御装置が下り送信の開始指示を各基地局無線装置に一斉に通知しても、下り送信の開始指示が各基地局無線装置に到達するタイミングは、無線回線制御装置との間の伝送時間の相違により、下り送信の開始指示が各基地局無線装置に到達するタイミングが異なってしまい、同時送信のはずが各基地局無線装置で異なるタイミングで実施されることになり得る。このため、複数の基地局無線装置からの無線信号が到達するエリア（基地局無線装置のサービスエリアが重複するエリア）では、複数の基地局無線装置によって異なるタイミングで開始された下り送信が相互に干渉しあって不感地帯が発生する可能性がある。

30

【0004】

デジタル無線システムに関しては従来より種々の発明が提案されており、例えば、特許文献 1 には、通常時には独立して動作する複数の系のシステムを緊急時に有効利用できるようにした無線通信システムの発明が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 301327 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

消防救急無線システムは、デジタル伝送等の通信ニーズの多様化に対応するため、平成 28 年 5 月 31 日までの期間において、150MHz 帯を使用したアナログ通信方式から 260MHz 帯を使用したデジタル通信方式への移行が実施されている。デジタル無線システムを導入することで、秘匿性を向上させた通信や、データ伝送等の高度な通信が実現可能となる一方、デジタル通信方式で使用する 260MHz 帯の伝播距離は 150MHz 帯の 1 / 2 から 1 / 3 程度であるため、デジタル化に伴って多くの中継局の設置が必要となる。

40

【0007】

50

ところが、中継局を増設する場合、サービスエリアが重複するエリアについては中継局の送信波が干渉する不感地帯が発生することから、アナログからデジタルへのシステム移行に際しては、不感地帯の解消が課題となっている。

また、現状システムのデジタル化への移行において、複数消防本部の合併に伴うシステムの広域化が進んでいる。システムが広域化することにより、各消防本部で広範囲のエリアを管轄することが求められるため、複数の基地局無線装置に跨った消防救急活動を行うことがある。このことから、不感地帯のエリア内での消防救急活動を行う機会が発生する懸念がある。

【0008】

上述したように、複数の基地局無線装置が無線回線制御装置からの開始指示を待って下り送信を開始するシステムでは、無線回線制御装置が下り送信の開始指示を各基地局無線装置に一斉に通知しても、無線回線制御装置との間の伝送時間が一律ではないので、各基地局無線装置が下り送信の開始指示を受信するタイミングは各自で異なってしまい、その結果、各基地局無線装置によって異なるタイミングで開始された下り送信が相互に干渉しあって不感地帯が発生する可能性がある。

【0009】

本発明は、上記のような従来の事情に鑑みて為されたものであり、同一周波数を用いて下り送信を行う複数の基地局無線装置が、無線回線制御装置との間の伝送時間の相違に関わらず、互いに同じタイミングで下り送信を開始できるようにして、複数の基地局無線装置からの下り送信の相互干渉を抑制して不感地帯を低減させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明では、上記の目的を達成するために、同一周波数を用いて下り送信を行う複数の基地局と、前記複数の基地局無線装置を制御する無線回線制御装置と、を有する無線通信システムを、以下のように動作させることとした。

【0011】

すなわち、無線回線制御装置及び複数の基地局無線装置は、互いに同期したタイミングで動作し、無線回線制御装置は、複数の基地局無線装置に対して下り送信を同じタイミングで開始させる指示を送信するにあたり、当該指示における下り送信の開始タイミングとして、当該指示の送信タイミングに対して当該無線回線制御装置と複数の基地局無線装置との間の伝送時間の最大値分の間隔を置いたタイミングを設定することとした。

このような構成によれば、各基地局無線装置は、無線回線制御装置との間の伝送時間の相違に関わらず、互いに同じタイミングで下り送信を開始することができる。このため、複数の基地局無線装置からの下り送信が相互に干渉しあうことを抑制でき、不感地帯を低減させることができる。

【0012】

なお、複数の基地局無線装置及び無線回線制御装置を互いに同期したタイミングで動作させるには、例えば、以下のような構成とすればよい。

すなわち、複数の基地局無線装置及び無線回線制御装置は、それぞれ、GPS (Global Positioning System) 衛星からの信号に基づいて1秒周期の基準信号と当該基準信号より短い周期のクロック信号とを出力するGPSモジュールを備え、基準信号をクロック信号に基づいて所定の整数で分割して無線フレームのタイミングを生成し、各無線フレームに基準信号のタイミングでリセットされるフレーム番号を付与する構成とする。

これにより、複数の基地局無線装置及び無線回線制御装置は、それぞれ独立に動作しながらも、他の装置と正確にフレームタイミング及びフレーム位置を同期させることができる。

【0013】

ここで、一構成例として、無線回線制御装置は、複数の基地局無線装置の中に伝送時間が所定値以上の基地局無線装置が存在する場合に、伝送時間が前記所定値以内となる基地

10

20

30

40

50

局無線装置に応じて下り送信を同じタイミングで開始させる指示を変更し、該変更により設定された下り送信を同じタイミングで開始させる指示を送信することとする。

これにより、無線回線制御装置から遠すぎる基地局無線装置の存在によって、基地局無線装置に対する下り送信の開始指示の伝達が本来の予定より遅れてしまうことを防止できる。

【0014】

また、一構成例として、複数の基地局無線装置は、下り送信の対象となるデータを受信してから所定時間が経過した場合には、指示を待たずに下り送信を開始することとする。

これにより、基地局無線装置において無線回線制御装置からの下り送信の開始指示を取り逃した結果、下り送信が開始されなくなる等の事態が発生することを回避できる。 10

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、各基地局無線装置は、無線回線制御装置との間の伝送時間の相違に関わらず、互いに同じタイミングで下り送信を開始することができるため、複数の基地局無線装置からの下り送信が相互に干渉しあうことを抑制でき、不感地帯を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る消防救急デジタル無線システムの概略構成の例を示す図である。 20

【図2】無線回線制御装置の機能プロックの例を示す図である。

【図3】スーパーフレームカウンタの動作について説明する図である。

【図4】送信タイミング基底フレーム番号を基準にして送信タイミングフレーム番号を生成する様子を示す図である。

【図5】下り送信の開始を指示する際の動作シーケンスの例を示す図である。

【図6】基地局無線装置の機能プロックの例を示す図である。

【図7】基地局無線装置において送信タイミングを判定する処理フローの例を示す図である。

【図8】複数の基地局無線装置が同じタイミングで下り送信を開始する様子を示す図である。 30

【図9】基地局無線装置に送信開始保護タイマを設ける構成について説明する図である。

【図10】基地局無線装置に送信開始保護タイマを設ける構成における動作シーケンスの例を示す図である。

【図11】基地局無線装置が同一周波数で非同期送信する場合の干渉の様子を示す図である。

【図12】3つの基地局が非同期送信した場合のBERの分布例を示す図である。

【図13】3つの基地局が同期送信した場合のBERの分布例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明の一実施形態について図面を参照して説明する。

図1には、本発明の一実施形態に係る無線通信システムの概略構成の例を示してある。なお、本例では、無線通信システムの例として消防救急デジタル無線システムを用いるが、本発明は他の用途の無線通信システムにも適用することができる。

本例の無線通信システムは、無線統制台10、通信卓20、管理監視制御卓30、指令台40、指令制御装置50、無線回線制御装置60、基地局無線装置70、移動局無線装置90等の装置や設備を有している。

【0018】

無線統制台10は、無線回線制御装置60に接続されて、消防車・救急車等の無線通信を集中制御する装置である。また、無線統制台10は、本部側に設置される設備であり、個別遠隔制御器の場合もある。 50

【0019】

通信卓20は、無線回線制御装置60に接続されて、消防車・救急車等の無線通信を個々に行う装置である。また、通信卓20は、本部側に設置される設備であり、指令台40と統合的に併用される場合もある。これらは、各消防本部の使用の違いや、納入業者の装置設計方針の違いなどによって条件が異なる。

【0020】

管理監視制御卓30は、無線回線制御装置60に接続されて、消防救急デジタル無線システムの運用管理及び監視制御等を行う装置である。管理監視制御卓30は、システム設計上の必要性により配置するものであり、存在しない場合もある。

【0021】

指令台40は、消防指令センターに設置され、指令制御装置50を介して無線回線制御装置60に接続されて、消防救急デジタル無線システムその他のシステムを操作するための装置であり、音声の入出力・データ（画像、車両の位置を示す情報等の非音声情報）・短文（最大80バイトの文字列）等の入力、処理、表示等を行う。

【0022】

無線回線制御装置60には、上述したように、無線統制台10、通信卓20、管理監視制御卓30、指令台40が接続されている。

また、無線回線制御装置60には、その管理下にある複数の基地局無線装置70が接続されている。本例では、無線回線制御装置60に、無線チャネルf1を使用して移動局無線装置90（#1）、（#2）との無線通信を行う基地局無線装置70（#1）～（#3）と、無線チャネルf2を使用して移動局無線装置90（#3）との無線通信を行う基地局無線装置70（#4）と、無線チャネルf3を使用して移動局無線装置90（#4）との無線通信を行う基地局無線装置70（#5）が接続されており、これら基地局無線装置70の制御を行う。

【0023】

移動局無線装置90は、車載や携帯により移動自在な無線通信端末であり、その所在位置をサービスエリア（無線通信エリア）に含む基地局無線装置70と無線通信を行う。ここで、基地局無線装置70（上位装置）から移動局無線装置90（下位装置）への無線通信を下り送信といい、その逆方向の無線通信を上り通信という。

なお、基地局無線装置70との無線通信を行う無線端末装置としては、上記のような移動局無線装置90のほか、固定的に設置された固定局無線装置を用いることもできる。

【0024】

図2には、無線回線制御装置60の機能ブロックの例を示してある。

無線回線制御装置60は、GPSアンテナ61と、GPSモジュール63、PLL（Phase Locked Loop）64、スーパーフレームカウンタ65を備えたフレーム生成部62と、CPU（Central Processing Unit）67を備えた制御部66と、基地局インターフェース部68と、を有している。

なお、フレーム生成部62は、図3に示すように、GPSモジュール63、PLL64、スーパーフレームカウンタ65といった各ハードウェアモジュールをHUB基板に実装した構成となっている。

【0025】

GPSモジュール63は、GPS衛星から送信されてGPSアンテナ61により受信された信号に基づいて、10MHzクロック信号と1PPS（Pulse Per Second）信号を出力する。1PPS信号は、秒を刻むタイミングを示す1秒周期の矩形波信号である。

PLL64は、GPSモジュール63から出力される10MHzクロック信号に基づいて、40ms毎のフレームタイミングを示す40ms信号を出力する。

スーパーフレームカウンタ65は、PLL64から出力される40ms信号とGPSモジュール63から出力される1PPS信号とに基づいて、フレームタイミング（40ms周期）毎に、フレーム長40msの無線フレームを識別するフレーム番号を採番して制御

10

20

30

40

50

部 6 6 の C P U 6 7 へ通知する。

【 0 0 2 6 】

スーパーフレームカウンタ 6 5 の具体的な動作について、図 3 を参照して説明する。

スーパーフレームカウンタ 6 5 は、G P S モジュール 6 3 から出力される 1 P P S 信号の周期（1秒周期）で切り替わるスーパーフレームを形成し、更に、P L L 6 4 から出力される 4 0 m s 信号の周期でスーパーフレームを刻んで 2 5 個の無線フレームを形成する。このとき、各無線フレームに、スーパーフレーム内の位置（順序）を示す“ 1 ”～“ 2 5 ”のフレーム番号を順番に付していく。フレーム番号の付与は、4 0 m s 信号の周期でインクリメント（+ 1）されるフレームカウンタを用いて行われる。このフレームカウンタは、スーパーフレームの切り替わり毎に初期値（本例では“ 1 ”）にリセットされる。

スーパーフレームカウンタ 6 5 で生成されたフレーム番号は、4 0 m s 周期のフレームタイミング毎に、制御部 6 6 の C P U 6 7 へ通知される。

【 0 0 2 7 】

制御部 6 6 の C P U 6 7 は、指令台 4 0 等の装置から、下り送信の開始指示を受信すると、その時点（下り送信の開始指示の受信直前又は受信直後）にフレーム生成部 6 2 のスーパーフレームカウンタ 6 5 から通知されたフレーム番号に基づいて、基地局無線装置 7 0 が下り送信を開始する無線フレームのフレーム番号（以下、「送信タイミングフレーム番号」という）を設定する。

【 0 0 2 8 】

ここで、送信タイミングフレーム番号は、無線回線制御装置 6 0 から基地局無線装置 7 0 までの伝送時間を考慮して設定することとする。

具体的には、無線回線制御装置 6 0 が下り送信の開始指示を基地局無線装置 7 0 へ送信するのに用いる無線フレームのフレーム番号（以下、「送信タイミング基底フレーム番号」という）を基準にして、送信タイミング基底フレーム番号に対して少なくとも伝送時間分の間隔を置いたフレーム番号を特定し、当該特定したフレーム番号を送信タイミングフレーム番号に設定する。すなわち、送信タイミング基底フレーム番号に、少なくとも伝送時間に相当する無線フレーム数を加算したフレーム番号を、送信タイミングフレーム番号に設定する。

【 0 0 2 9 】

本例では、各基地局無線装置 7 0 の設置後に無線回線制御装置 6 0 との間の伝送時間を測定し、測定値を所定時間単位（例えば 1 0 0 m s 単位）で調整した結果を無線回線制御装置 6 0 のメモリに記憶させておき、送信タイミングフレーム番号を演算する際に参照する構成となっているが、伝送時間に相当する無線フレーム数を無線回線制御装置 6 0 のメモリに記憶させておき、送信タイミングフレーム番号を演算する際に参照する、等の他の構成により実現してもよい。

制御部 6 6 の C P U 6 7 で設定された送信タイミングフレーム番号は、下り送信の開始指示と共に、基地局インターフェース部 6 8 を介して基地局無線装置 7 0 へ送信される。

【 0 0 3 0 】

図 4 を参照して、送信タイミング基底フレーム番号を基準にして送信タイミングフレーム番号を生成する処理を説明する。

図 4 には、上から順に、1 P P S 信号の波形の例、1 P P S 信号の波形の 1 周期（1秒）分を拡大した例、1 P P S 信号の 1 周期に相当する 1 スーパーフレームを整数値で分割して 2 5 個の無線フレーム（フレーム長 4 0 m s ）を形成した例、無線回線制御装置 6 0 における送信タイミング基底フレーム番号の例、基地局無線装置 7 0 (# 1) における送信タイミングフレーム番号の例を示してある。

図 4 の例では、無線回線制御装置 6 0 における送信タイミング基底フレーム番号が“ 1 ”の場合に、無線回線制御装置 6 0 から基地局無線装置 7 0 (# 1) までの伝送時間を考慮して、基地局無線装置 7 0 (# 1) の送信タイミングフレーム番号として“ 3 ”が設定されている。

【 0 0 3 1 】

10

20

30

40

50

図5には、下り送信の開始を指示する際の動作シーケンスの例を示してある。

指令台40は、ユーザから下り送信の指示を受け付けた場合に、無線回線制御装置60へ下り送信の開始指示を送信する（処理T11）。

無線回線制御装置60は、指令台40から下り送信の開始指示を受信すると、送信タイミング基底フレーム番号を基準に送信タイミングフレーム番号を決定して下り送信の開始指示に付与し（処理T12）、送信開始電文として基地局無線装置70に送信する（処理T13）。

なお、本例の動作シーケンスは、指令台40で受けたユーザ指示により下り送信を開始する場合を例にしたものであるが、無線統制台10、通信卓20等の他の装置により手動又は自動で発生する各種の下り送信でも同様である。

【0032】

図6には、基地局無線装置70の機能ブロックの例を示してある。

基地局無線装置70は、GPSアンテナ71と、GPSモジュール73、PLL74、スーパーフレームカウンタ75を備えたフレーム生成部72と、CPU77を備えた制御部76と、無線部78と、を有している。

なお、フレーム生成部72は、無線回線制御装置60のフレーム生成部62と同様（図3参照）、GPSモジュール73、PLL74、スーパーフレームカウンタ75といった各ハードウェアモジュールをHUB基板に実装した構成となっている。

また、基地局無線装置70には、無線アンテナ81を有する空中線共用器80が接続されている。

【0033】

GPSモジュール73は、GPS衛星から送信されてGPSアンテナ71により受信された信号に基づいて、10MHzクロック信号とPPS信号を出力する。

PLL74は、GPSモジュール73から出力される10MHzクロック信号に基づいて、40ms毎のフレームタイミングを示す信号を出力する。

スーパーフレームカウンタ75は、PLL74から出力される40ms信号とGPSモジュール73から出力されるPPS信号とに基づいて、フレームタイミング（40ms周期）毎に、フレーム長40msの無線フレームを識別するフレーム番号を探査して送信タイミングフレーム番号として制御部76のCPU77へ通知する。ここで、スーパーフレームカウンタ75の具体的な動作は、無線回線制御装置60のスーパーフレームカウンタ65と同様であるため、その説明を省略する。

【0034】

制御部76のCPU77は、無線回線制御装置60から下り送信の送信開始電文（送信タイミングフレーム番号が付された下り送信の開始指示）を受信した場合に、当該送信開始電文で指定された送信タイミングフレーム番号とスーパーフレームカウンタ75から通知された送信タイミングフレーム番号とを比較し、これらが一致したタイミングで下り送信を開始する。すなわち、各々の送信タイミングフレーム番号が一致したことを契機にして、下り送信の信号を無線部78へ供給する。

無線部78は、制御部76から供給された下り送信の信号を空中線共用器80へ出力し、無線アンテナ81から無線送信させる。

【0035】

ここで、下り送信の対象となるデータは、下り送信の開始指示と一緒に基地局無線装置70へ供給する形態であってもよく、下り送信の開始指示に先立って基地局無線装置70へ供給しておく形態であってもよい。すなわち、基地局無線装置70が下り送信の開始指示を受信した際に、その受信タイミング（送信タイミングフレーム番号の無線フレーム）で速やかに下り送信を開始できればよい。

基地局無線装置70から送出する下り送信データは、無線チャネルで定義されるSBO（Synchronous Burst）またはSC（Service Channel）のいずれかであり、基地局無線装置70が下り送信の開始指示を受信した際に、送信タイミングフレーム番号に応じて送信を開始する。送信データの内容については、基地局

10

20

30

40

50

無線装置 70 の状態に応じて RICH (Radio Information Channel) の内容が異なることから、同期を取りうる全ての基地局無線装置 70 が必ずしも同一データを送信するとは限らない。尚、データの種別は音声でもデータを含む非音声でもよい。

【0036】

図 7 には、基地局無線装置 70 において送信タイミングを判定する処理フローの例を示してある。

制御部 76 の C P U 77 は、無線回線制御装置 60 から下り送信の送信開始電文を受信すると、当該送信開始電文から送信タイミングフレーム番号 F N 1 を取得する（ステップ S 11）。 10

その後、フレームタイミング毎にスーパーフレームカウンタ 75 から通知される送信タイミングフレーム番号 F N 2 を取得し（ステップ S 12）、送信タイミングフレーム番号 F N 1 と送信タイミングフレーム番号 F N 2 とが一致するか否かを判定する（ステップ S 13）。

【0037】

そして、送信タイミングフレーム番号 F N 1 と送信タイミングフレーム番号 F N 2 とが一致しない場合（ステップ S 13； FALSE）には、次のフレームタイミングまで待機し、スーパーフレームカウンタ 75 から通知される送信タイミングフレーム番号 F N 2 を取得して送信タイミングフレーム番号 F N 1 と比較する処理を繰り返す。

一方、送信タイミングフレーム番号 F N 1 と送信タイミングフレーム番号 F N 2 とが一致した場合（ステップ S 13； TRUE）には、下り送信を開始するよう制御する（ステップ S 14）。 20

すなわち、基地局無線装置 70 は、無線回線制御装置 60 にて設定された送信タイミングフレーム番号のタイミングまで待機し、当該タイミングが到来したことを契機にして下り送信を開始する。

【0038】

次に、図 8 を参照して、複数の基地局無線装置 70 が同じタイミングで下り送信を開始する処理を説明する。

図 8 には、上から順に、無線回線制御装置 60 における送信タイミング基底フレーム番号の例、基地局無線装置 70 (# 1) における送信タイミングフレーム番号の例、基地局無線装置 70 (# 2) における送信タイミングフレーム番号の例、・・・、基地局無線装置 70 (# N) における送信タイミングフレーム番号の例を示してある。 30

図 8 の例では、無線回線制御装置 60 が、下り送信を行う対象となる複数の基地局無線装置 70 (# 1) ~ (# N) との間の伝送時間の最大値分の間隔を置いて送信タイミングフレーム番号を設定し、基地局無線装置 70 (# 1) ~ (# N) に対して通知している。

【0039】

つまり、無線回線制御装置 60 から最も遠い基地局無線装置 70 の伝送時間に合わせて送信タイミングフレーム番号を設定しており、無線回線制御装置 60 から最も遠い基地局無線装置 70 に下り送信の開始指示が到達するのを他の基地局無線装置 70 に待機させようとしている。 40

これにより、全ての基地局無線装置 70 が同じタイミングで下り送信を開始できるため、同一波送信のずれによる干渉を抑制することが可能となり、不感地帯を低減することができる。

【0040】

ここで、本例の無線通信システムでは、無線回線制御装置 60 及び基地局無線装置 70 の各々が、GPS 信号を受信して処理する機能を有し、共通の手法によりフレームタイミングを生成する構成となっているため、各装置が独立してフレームタイミングを生成しながらも、正確にフレームタイミングを同期させることができる。また、秒を刻むタイミングを示す 1PPS 信号の周期（1 秒周期）をスーパーフレームに割り当て、これを 10MHz クロック信号に基づいて所定数に分割して無線フレームを形成し、1PPS 信号の周 50

期でリセットされるフレーム番号を付与していくので、各フレームタイミングのフレーム位置（フレーム番号）を各装置で容易に一致させることができる。しかも、本例では、これらの処理をハードウェアで行うので、ソフトウェアで行う場合のCPU負荷やメモリ不足等に起因する処理遅延が生じることが無く、無線回線制御装置60及び基地局無線装置70の各装置間での正確なタイミング同期を実現することができる。

【0041】

なお、上記の説明では、無線回線制御装置60から最も遠い基地局無線装置70の伝送時間に合わせて送信タイミングフレーム番号を設定したが、例えば伝送時間に閾値を設けておき、伝送時間が閾値以上となる基地局無線装置70が存在する場合には、これを除外して送信する基地局無線装置70に応じて送信タイミングフレーム番号を変更し、変更された送信タイミングフレーム番号に基づいて下り送信の開始指示を行うようにしてもよい。
10

すなわち、無線回線制御装置60は、伝送時間が閾値以上の基地局無線装置70が存在する場合に、当該基地局無線装置70を除外して、送信する基地局無線装置70に応じて送信タイミングフレーム番号を変更し、変更された送信タイミングフレーム番号に基づいて同じ開始タイミングが設定された下り送信の開始指示を送信する。

【0042】

このような構成によれば、無線回線制御装置60から遠すぎる基地局無線装置70の存在によって、基地局無線装置70に対する下り送信の開始指示の伝達が本来の予定より遅れてしまうことを防止できる。このため、例えば、基地局無線装置70から移動局無線装置90への音声データの下り送信が本来の予定より遅れて開始され、移動局無線装置90で音声出力が頭切れしてしまう、といった事態が発生することを防止できる。
20

なお、伝送時間が閾値以上の基地局無線装置70については、次のスーパーフレームで当該基地局無線装置70に割り当てられる無線フレームで下り送信を開始できるように送信タイミングフレーム番号を設定し、通知すればよい。

【0043】

次に、拡張例として、基地局無線装置70が下り送信の対象となるデータを受信してから下り送信の開始指示を受信するまでの経過時間に上限を設ける構成について説明する。

すなわち、基地局無線装置70が、下り送信の対象となるデータを受信してからの経過時間を計時する送信開始保護タイマを備え、下り送信の開始指示を受信しないまま送信開始保護タイマがタイムアウトした場合（経過時間の上限値を上回った場合）に、下り送信を開始する。
30

ここで、経過時間の上限値は、それぞれの基地局無線装置70で同じであってもよく、異なっていてもよい。ただし、経過時間の上限値は、無線回線制御装置60が送信タイミングフレーム番号を決定する際に考慮している伝送時間よりも長い必要がある。

【0044】

通常は、図9(a)に示すように、送信開始保護タイマがタイムアウトするまでに下り送信の開始指示を受信できるので、下り送信の開始指示を受信したことに応じて移動局無線装置90への下り送信を開始する。

これに対し、無線回線制御装置60におけるGPSモジュール63の故障等でフレーム生成ができない場合や、基地局無線装置70において無線回線制御装置60からの送信タイミングフレーム番号を取り逃した場合には、移動局無線装置90への下り送信を開始できない。そこで、図9(b)に示すように、送信開始保護タイマがタイムアウトするまでに下り送信の開始指示を受信できない場合には、送信開始保護タイマのタイムアウト後に速やかに移動局無線装置90への下り送信を開始する。
40

【0045】

図10には、基地局無線装置70に送信開始保護タイマを設ける構成における動作シーケンスの例を示してある。

指令台40は、ユーザから下り送信の指示を受け付けた場合に、無線回線制御装置60へ下り送信の開始指示を送信する（処理T21）。
50

無線回線制御装置 60 は、指令台 40 から下り送信の開始指示を受信すると、送信タイミング基底フレーム番号を基準に送信タイミングフレーム番号を決定して下り送信の開始指示に付与し（処理 T22）、送信開始電文として基地局無線装置 70 に送信する（処理 T23）。

【0046】

基地局無線装置 70 は、下り送信の対象となるデータを受信したことに応じて送信開始保護タイマを起動し（処理 T24）、送信開始電文を受信して送信タイミングフレーム番号を取得できたか否かの判定を繰り返す（処理 T25）。

そして、送信開始保護タイマがタイムアウトするまでに送信タイミングフレーム番号を取得できた場合には、当該取得した送信タイミングフレーム番号に該当する無線フレームから下り送信を開始する（処理 T27）。一方、送信タイミングフレーム番号を取得することなく送信開始保護タイマがタイムアウトした場合（処理 T26）には、その直後の無線フレームから下り送信を開始する（処理 T27）。

【0047】

このような構成により、基地局は、無線回線制御装置 60 からの下り送信の開始指示を受信できない場合でも、送信開始保護タイマのタイムアウトによって自動的に下り送信を開始することになる。このため、無線回線制御装置 60 における GPS モジュール 63 の故障等でフレーム生成ができない場合や、基地局無線装置 70 において無線回線制御装置 60 からの送信タイミングフレーム番号を取り逃した場合でも、下り送信が開始されたまま放置される等の事態が発生することを回避できる。

【0048】

ここで、これまでの説明では、1 秒周期のスーパーフレームを 25 個に分割して 40 ms 周期の無線フレームを形成しているが、各フレームのフレーム長はこれに限らず任意であり、無線通信システムの用途等に応じて適宜に設定すればよい。

また、本例の無線通信システムでは、1 つの無線フレームの長さを 40 ms としているが、これは狭帯域デジタル通信方式を規定している「 A R I B S T D T - 61 」に従つたものである。40 ms の無線フレームの生成は、 $1/n$ 秒間隔のパルスを用いる場合には $n = 25$ とすると制御しやすいが、必ずしも $n = 25$ でなくともよい。

【0049】

次に、本発明を適用した無線通信システムによるシミュレーション結果について、本発明を適用しない場合と比較して説明する。

図 11 には、公共業務用の狭帯域 SCP (Single Channel Per Carrier) 無線システムにおいて、同一周波数を用いて非同期で同時送信する場合の干渉の様子を示してある。同図では、基地局無線装置 70 (#1) のサービスエリア A1 と、基地局無線装置 70 (#2) のサービスエリア A2 との重なり部分に移動局無線装置 90 が存在する場合を想定している。

【0050】

なお、各基地局無線装置 70 は、非同期のアプローチ回線により無線回線制御装置 60 と接続されている。このアプローチ回線は、回線品質を確保するために、通信事業者の有線回線や自営の光回線、マイクロ波多重無線装置などを用いて構成される。

【0051】

ここで、公共業務用の狭帯域 SCP 無線システムでは、サービスエリアの重なり部分で異なる基地局から同時に送信される無線を希望波（Desired）と妨害波（Undesired）とみなすと、希望波と妨害波の比（DU比）が 21 dB 以上であることが「電波法関係審査基準別紙 2 目的別審査基準 第 2 公共業務用無線局」で定められている。なお、21 dB の内容は、妨害波の情報がランダム雑音としたときの音声符号化の限界性能である BER (Bit Error Rate ; 符号誤り率) = 3 % におけるフェージング環境下での理論所要 CIR (Carrier to Interference Rate ; 搬送波対干渉波比) = 15 dB に、固定劣化マージンの 6 dB を加味したものである。

10

20

30

40

50

【0052】

図11には、移動局無線装置90の位置を基準にして、DU比<21dBとなるエリアA3と、DU比<10dBとなるエリアA4を示してある。DU比<21dBの環境下では音声を正しく再生できない可能性があり、特に、DU比<10dBではフェージング環境下では音声を再生できない可能性が高い。

公共業務用のSCPC無線システムにおいては、一般的に音声が正しく再生できない場合は無音としており、現象としては、音声の途切れまたは無音の連続が発生する。

フェージングが無い場合でも、DU比の限界は概ね10dB程度であり、複数の基地局からの距離が同程度の場合にはDU比を確保できないため、受信レベルが十分であっても無線としては利用できない。

10

【0053】

図12には、3つの基地局が非同期で同時送信した場合のシミュレーションで得られたBERの分布例を、(a)単一受信、(b)ダイバーシチ受信のそれぞれについて示してある。また、図12では、各々の基地局の位置を印で示してある。

なお、シミュレーションは、以下の条件で行っている。

[基地局配置] 3基地局、10km間隔

[基地局アンテナ高] 15m

[端末局アンテナ高] 3m

[周波数] 270MHz

[伝搬損失モデル] Hata、中小都市モデル

20

[伝搬モデル] レイリーフェージング

各基地局からのパスには遅延広がりが無いものとする

[最大ドプラ周波数] 15Hz 60km/h (@270MHz)相当

[端末局雑音指数] 8dB

[外部雑音(都市雑音)] なし

[実行放射電力] 5W

[送信/受信アンテナ利得] 0dB

【0054】

公共業務用の狭帯域SCPC無線システムで利用可能なBERは、概ね $10^{-2.5}$ 以下である。

30

各基地局が非同期送信した場合の単一受信では、図12(a)に示されるように、BERは基地局の近辺を除いて $10^{-2.5}$ 以上となっており、広い範囲で受信に利用できない。

また、各基地局が非同期送信した場合のダイバーシチ受信では、図12(b)に示されるように、単一受信の場合よりもBERが若干良化しているものの、受信に利用できないエリアが大半である。

また、単一受信およびダイバーシチ受信のいずれにおいても、各基地局の間の中間的なエリアは受信に全く利用できない。

このように、各基地局から非同期送信を行う場合には、各基地局を中心とした個別のエリアでは受信に利用できるが、各基地局の間の中間的なエリアを含む広い範囲で受信に利用できないことが分かる。

40

【0055】

図13には、3つの基地局が同期送信した場合のシミュレーションで得られたBERの分布例を、(a)単一受信、(b)ダイバーシチ受信のそれぞれについて示してある。また、図13では、各々の基地局の位置を印で示してある。

なお、シミュレーションは、非同期送信した場合と同じ条件で行っている。

【0056】

各基地局が同期送信した場合の単一受信では、図13(a)に示されるように、非同期送信した場合の単一受信(図12(a))と比べて、BERが $10^{-2.5}$ 以下となるエリアが非常に広範囲に拡大している。

また、各基地局が同期送信した場合のダイバーシチ受信でも、図13(b)に示される

50

ように、非同期送信した場合のダイバーシチ受信（図12（b））と比べて、BERが $10^{-2.5}$ 以下のエリアが非常に広範囲に拡大している。

また、単一受信およびダイバーシチ受信のいずれにおいても、非同期送信では受信に全く利用できなかった各基地局の中間的なエリアが、同期送信により受信に利用できるようになっている。

このように、非同期送信の場合には全く受信に利用できなかったエリアが、各基地局が同期送信することにより無線の干渉が低減され、良好に受信可能になることが分かる。

【0057】

以上、本発明に関して実施形態を基に説明したが、本発明に係るシステムや装置などの構成としては、必ずしも以上に示したものに限られず、種々の構成が用いられてもよい。
10 また、本発明は、例えば、本発明に係る処理を実行する方法や方式、このような方法や方式を実現するためのプログラム、このようなプログラムを記憶した記憶媒体、などの形式で提供することも可能である。

【産業上の利用可能性】

【0058】

本発明は、同一周波数を用いて下り送信を行う複数の基地局無線装置と、前記複数の基地局無線装置を制御する無線回線制御装置と、を有する種々の形式の無線通信システムに適用することができる。

【符号の説明】

【0059】

10 10：無線統制台、 20：通信卓、 30：管理監視制御卓、 40：指令台、 5
0：指令制御装置、 60：無線回線制御装置、 70：基地局無線装置、 90：移動
局無線装置、

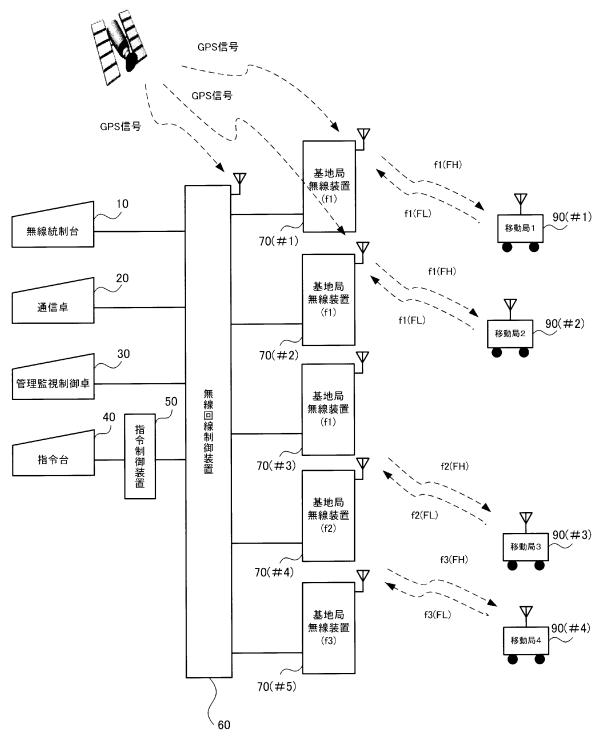
61：GPSアンテナ、 62：フレーム生成部、 63：GPSモジュール、 64
：PLL、 65：スーパーフレームカウンタ、 66：制御部、 67：CPU、 6
8：基地局インターフェース部、

71：GPSアンテナ、 72：フレーム生成部、 73：GPSモジュール、 74
：PLL、 75：スーパーフレームカウンタ、 76：制御部、 77：CPU、 7
8：無線部、 80：空中線共用器、 81：無線アンテナ

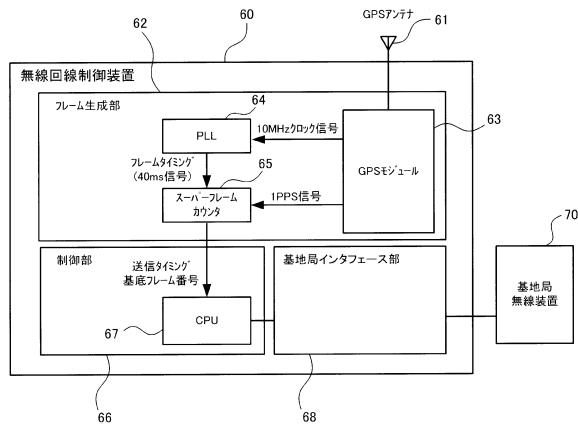
10

20

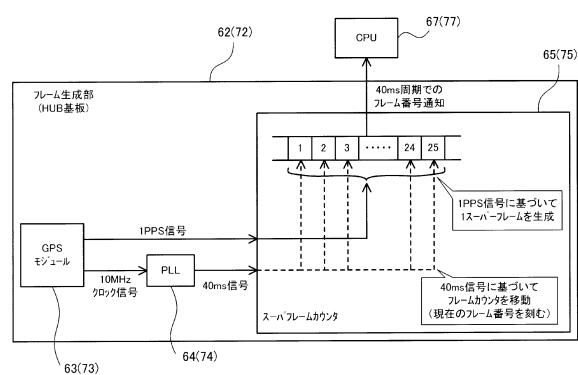
【図1】



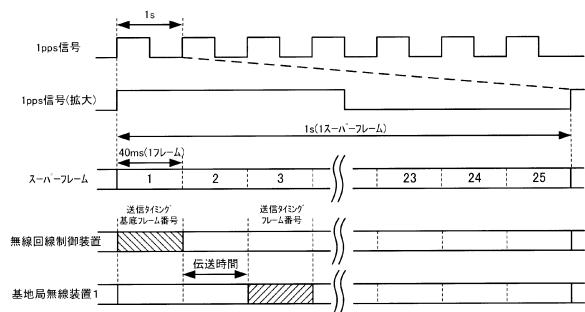
【図2】



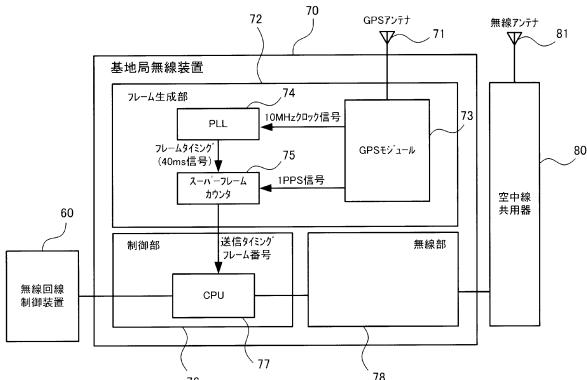
【図3】



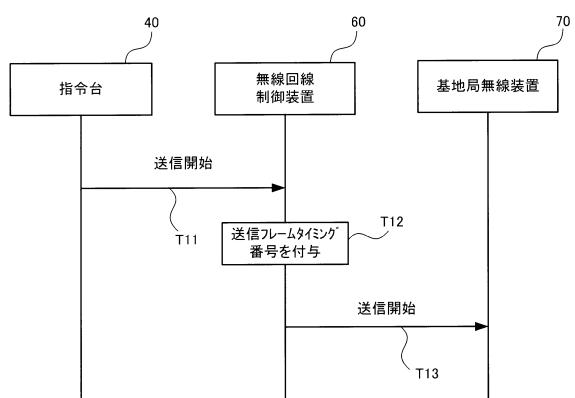
【図4】



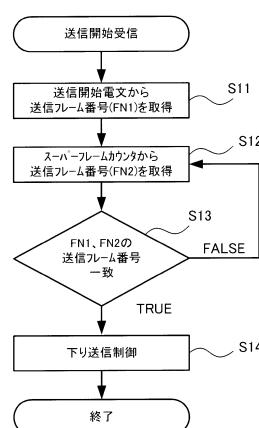
【図6】



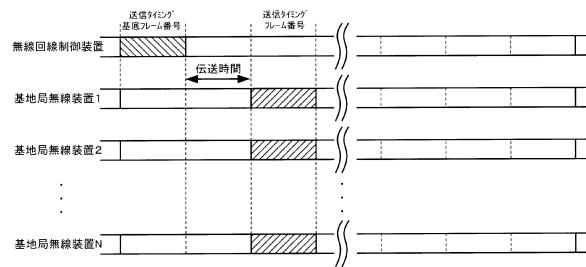
【図5】



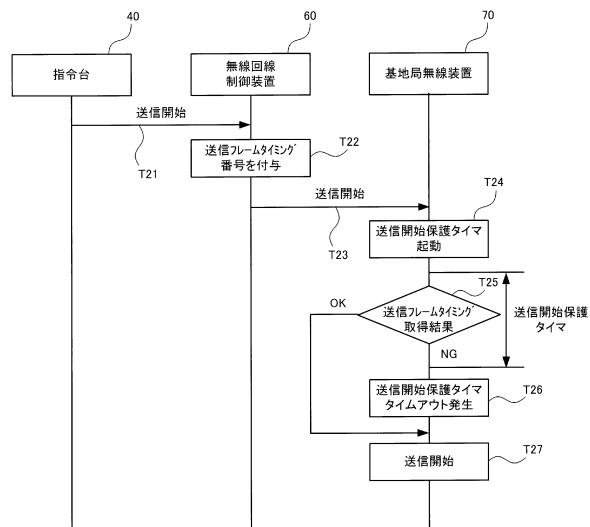
【図7】



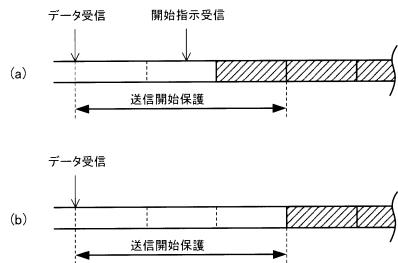
【図 8】



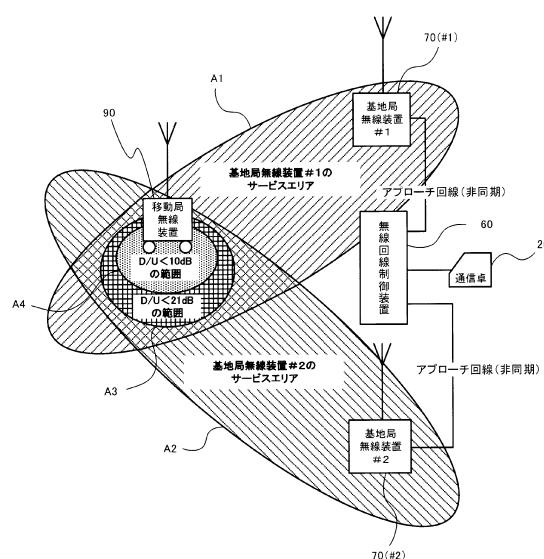
【図 10】



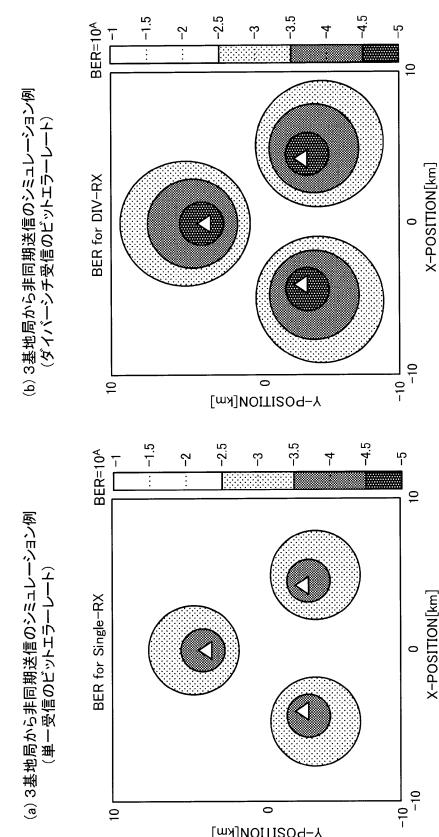
【図 9】



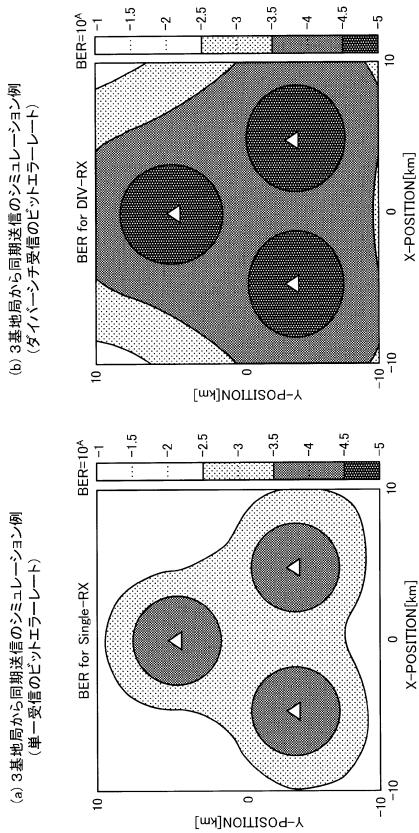
【図 11】



【図 12】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 細野 雅実
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
(72)発明者 内田 実
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
(72)発明者 加藤 数衛
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
(72)発明者 佐藤 広樹
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
(72)発明者 財部 正平
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内
(72)発明者 日向野 貴光
東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内

審査官 斎藤 浩兵

(56)参考文献 特開平05-308334(JP,A)
特開2009-038444(JP,A)
特表2013-534092(JP,A)
特開2012-164222(JP,A)
特表2010-502057(JP,A)
特開2009-253628(JP,A)
特開2004-120586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24 - 7/26
H04W 4/00 - 99/00
3GPP TSG RAN WG1 - 4
SA WG1 - 4
CT WG1, 4