

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5809660号
(P5809660)

(45) 発行日 平成27年11月11日(2015.11.11)

(24) 登録日 平成27年9月18日(2015.9.18)

(51) Int.Cl.	F I
HO 4W 48/08 (2009.01)	HO 4W 48/08
HO 4W 48/16 (2009.01)	HO 4W 48/16
HO 4W 16/32 (2009.01)	HO 4W 16/32
HO 4W 56/00 (2009.01)	HO 4W 56/00 1 1 0

請求項の数 10 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2013-99391 (P2013-99391)	(73) 特許権者	392026693
(22) 出願日	平成25年5月9日(2013.5.9)		株式会社NTTドコモ
(65) 公開番号	特開2014-150517 (P2014-150517A)		東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(43) 公開日	平成26年8月21日(2014.8.21)	(74) 代理人	100125689
審査請求日	平成27年7月7日(2015.7.7)		弁理士 大林 章
(31) 優先権主張番号	特願2013-1826 (P2013-1826)	(72) 発明者	原田 浩樹
(32) 優先日	平成25年1月9日(2013.1.9)		東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
早期審査対象出願		(72) 発明者	永田 聡
			東京都千代田区永田町二丁目11番1号
			株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
		(72) 発明者	岸山 祥久
			東京都千代田区永田町二丁目11番1号
			株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信システムおよび通信制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第1セル識別子によって識別される第1セルを収容する第1基地局と、第2周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第2セル識別子によって識別される第2セルを収容する第2基地局と、を含む複数の基地局と、

前記複数の基地局の各々と無線通信を実行可能なユーザ装置とを備え、

前記第1基地局は、

当該第1基地局が収容する前記第1セルを識別する前記第1セル識別子に対応する第1同期信号を第1送信タイミングにて送信する第1送信部を備え、

前記第2基地局は、

当該第2基地局が収容する前記第2セルを識別する前記第2セル識別子に対応する識別信号を送信する第2送信部を備え、

前記ユーザ装置は、

前記第1基地局から受信した前記第1同期信号に基づいて前記第1送信タイミングを検出し、前記第1基地局との同期を確立するタイミングサーチ処理を実行するセルサーチ部を備え、

前記第1基地局は、

当該第1基地局と前記第2基地局との同期状態に関する同期状態情報と、前記第2周波数帯域のうち前記第2基地局が前記識別信号の送信に用いる識別信号周波数に関する周波数情報とを、前記ユーザ装置に通知する情報通知部を備え、

10

20

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、

前記周波数情報に示される前記識別信号周波数に対して、前記識別信号に対応する前記第2セル識別子の特定処理を、前記第1基地局からの前記同期状態情報に基づいて実行する

無線通信システム。

【請求項2】

前記第1基地局および前記第2基地局は相互に同期して無線通信を実行可能であり、

前記第2基地局の前記第2送信部は第2送信タイミングにて第2同期信号を送信し、

前記第1基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期しているか否かを示し、

10

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期していると前記同期状態情報が示す場合、前記第2基地局に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、前記第1送信タイミングに基づいて、前記識別信号に対応する前記第2セル識別子の特定処理を実行する

請求項1の無線通信システム。

【請求項3】

前記第1基地局および前記第2基地局は相互に同期して無線通信を実行可能であり、

前記第2基地局の前記第2送信部は第2送信タイミングにて第2同期信号を送信し、

前記第1基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期しているか否かを示し、

20

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期していると前記同期状態情報が示す場合、前記第1送信タイミングを含む所定期間にわたって前記第2基地局に対するタイミングサーチ処理を実行することにより前記第2送信タイミングを特定し、前記第2送信タイミングに基づいて前記識別信号に対応する前記第2セル識別子の特定処理を実行する

請求項1の無線通信システム。

【請求項4】

前記第2基地局の前記第2送信部は、前記第1基地局の前記第1送信タイミングを送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた第2送信タイミングにて、前記識別信号を送信し、

30

前記第1基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第1基地局の前記第1送信タイミングに対する前記送信オフセット値を示し、

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第1送信タイミングと前記同期状態情報が示す前記送信オフセット値とに基づいて、前記第2基地局に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、前記識別信号に対応する前記第2セル識別子の特定処理を実行する

請求項1の無線通信システム。

【請求項5】

前記第2基地局の前記第2送信部は、前記第1基地局の前記第1送信タイミングを送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた第2送信タイミングにて、前記識別信号を送信し、

40

前記第1基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第1基地局の前記第1送信タイミングに対する前記送信オフセット値を示し、

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第1送信タイミングを、前記同期状態情報が示す前記送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた送信タイミングを含む所定期間にわたって前記第2基地局に対するタイミングサーチ処理を実行することにより前記第2送信タイミングを特定し、前記第2送信タイミングに基づいて前記識別信号に対応する前記第2セル識別子の特定処理を実行する

請求項1の無線通信システム。

【請求項6】

前記第2基地局は、さらに、

50

前記第 1 基地局から受信した無線信号の受信電力を測定する受信電力測定部と、
前記受信電力測定部が測定した前記受信電力が小さいほど、送信オフセット値を大きく
設定するオフセット値設定部とを備え、

前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、前記第 1 基地局の前記第 1 送信タイミングを送信
オフセット値に対応する時間だけ早めた第 2 送信タイミングにて、前記識別信号を送信し

、
前記第 1 基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第 1 基地局と前
記第 2 基地局とが同期しているか否かを示し、

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第 1 基地局と前記第 2 基地局とが同期して
いると前記同期状態情報が示す場合、前記第 2 基地局に対するタイミングサーチ処理を実
行せずに、前記第 1 送信タイミングに基づいて、前記識別信号に対応する前記第 2 セル識
別子の特定処理を実行する

請求項 1 の無線通信システム。

【請求項 7】

前記同期状態情報は、さらに、複数の前記第 2 基地局に対応する複数の前記第 2 セル識
別子を示す識別子リストを含み、

前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記識別子リストに示される複数の前記第 2 セ
ル識別子に対応する複数の前記第 2 基地局のみについて、前記特定処理を実行する

請求項 2 ないし請求項 6 のいずれかの無線通信システム。

【請求項 8】

前記ユーザ装置は、

当該ユーザ装置を識別する端末識別子を示す端末検出信号を送信する端末送信部を備え

、

前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、

前記端末検出信号と共通の信号フォーマットを有する前記識別信号を送信する

請求項 1 の無線通信システム。

【請求項 9】

前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、

複数のサブフレームの各々における前記識別信号の配置を示し、当該第 2 基地局を識別
する識別信号パターンに従って前記識別信号を送信する

請求項 1 の無線通信システム。

【請求項 10】

第 1 周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第 1 セル識別子によって識別される第
1 セルを収容する第 1 基地局と、第 2 周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第 2 セ
ル識別子によって識別される第 2 セルを収容する第 2 基地局と、を含む複数の基地局と、

前記複数の基地局の各々と無線通信を実行可能なユーザ装置とを備える無線通信システ
ムの通信制御方法であって、

前記第 1 基地局において、当該第 1 基地局が収容する前記第 1 セルを識別する前記第 1
セル識別子に対応する第 1 同期信号を第 1 送信タイミングにて送信することと、

前記第 2 基地局において、当該第 2 基地局が収容する前記第 2 セルを識別する前記第 2
セル識別子に対応する識別信号を送信することと、

前記ユーザ装置において、前記第 1 基地局から受信した前記第 1 同期信号に基づいて前
記第 1 送信タイミングを検出し、前記第 1 基地局との同期を確立するタイミングサーチ処
理を実行することと、

前記第 1 基地局において、当該第 1 基地局と前記第 2 基地局との同期状態に関する同期
状態情報と、前記第 2 周波数帯域のうち前記第 2 基地局が前記識別信号の送信に用いる識
別信号周波数に関する周波数情報とを、前記ユーザ装置に通知することと、

前記ユーザ装置において、前記周波数情報に示される前記識別信号周波数に対して、前
記識別信号に対応する前記第 2 セル識別子の特定処理を、前記第 1 基地局からの前記同期
状態情報を用いて実行することとを備える

10

20

30

40

50

通信制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムおよび通信制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

3 G P P (Third Generation Partnership Project) 規格に従う様々な無線通信システムが活用されている。3 G P P 規格のうち L T E / S A E (Long Term Evolution / System Architecture Evolution) 規格に従う無線通信システムにおいて、ユーザ装置は、セルサーチを実行してマクロ基地局との同期を確立し、無線通信を実行する。以上のセルサーチにおいて、ユーザ装置は、マクロ基地局から送信される同期信号と、ユーザ装置に記憶されるレプリカ信号との相関演算を実行することにより、同期信号の送信タイミングと物理セル識別子 (Physical Cell Identity, P C I) とを検出して、マクロ基地局を認識 (識別) する。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開2009-188612号広報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

以上の無線通信システムが、マクロ基地局が無線通信に用いる周波数帯域 (例えば、2 G H z 帯) とは異なる周波数帯域 (例えば、3 . 5 G H z 帯) を用いて無線通信を実行する新たな基地局 (以下、スモール基地局と称する) を備えることを想定する。マクロ基地局が用いる周波数帯域とスモール基地局が用いる周波数帯域との双方においてユーザ装置がセルサーチを実行する構成では、1つの周波数帯域のみに対してセルサーチを実行する構成と比較して、ユーザ装置が実行する相関演算等の処理負荷が大きく、ひいては、ユーザ装置の消費電力が大きい。

【0005】

30

以上の事情を考慮して、本発明は、複数の基地局を備える無線通信システムにおいて、ユーザ装置が基地局を認識するための処理負荷を低減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の無線通信システムは、第1周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第1セル識別子によって識別される第1基地局と、第2周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第2セル識別子によって識別される第2基地局と、を含む複数の基地局と、前記複数の基地局の各々と無線通信を実行可能なユーザ装置とを備える。前記第1基地局は、当該第1基地局を識別する前記第1セル識別子を示す第1同期信号を第1送信タイミングにて送信する第1送信部を備え、前記第2基地局は、当該第2基地局を識別する前記第2セル識別子を示す識別信号を送信する第2送信部を備え、前記ユーザ装置は、前記第1基地局から受信した前記第1同期信号に基づいて前記第1送信タイミングを検出し、前記第1基地局との同期を確立するタイミングサーチ処理を実行するセルサーチ部を備え、前記第1基地局は、当該第1基地局と前記第2基地局との同期状態に関する同期状態情報と、前記第2周波数帯域のうち前記第2基地局が前記識別信号の送信に用いる識別信号周波数に関する周波数情報とを、前記ユーザ装置に通知する情報通知部を備え、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記周波数情報に示される前記識別信号周波数に対して、前記識別信号に示される前記第2セル識別子の特定処理を、前記第1基地局からの前記同期状態情報に基づいて実行する。

40

【0007】

50

本発明の好適な態様において、前記第 1 基地局および前記第 2 基地局は相互に同期して無線通信を実行可能であり、前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は第 2 送信タイミングにて第 2 同期信号を送信し、前記第 1 基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第 1 基地局と前記第 2 基地局とが同期しているか否かを示し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第 1 基地局と前記第 2 基地局とが同期していると前記同期状態情報が示す場合、前記第 2 基地局に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、前記第 1 送信タイミングに基づいて、前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 0 8 】

本発明の好適な態様において、前記第 1 基地局および前記第 2 基地局は相互に同期して無線通信を実行可能であり、前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は第 2 送信タイミングにて第 2 同期信号を送信し、前記第 1 基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第 1 基地局と前記第 2 基地局とが同期しているか否かを示し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第 1 基地局と前記第 2 基地局とが同期していると前記同期状態情報が示す場合、前記第 1 送信タイミングを含む所定期間にわたって前記第 2 基地局に対するタイミングサーチ処理を実行することにより前記第 2 送信タイミングを特定し、前記第 2 送信タイミングに基づいて前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 0 9 】

本発明の好適な態様において、前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、前記識別信号を含み前記第 2 同期信号とは異なるセル固有信号をさらに送信し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記セル固有信号が含む前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 1 0 】

本発明の好適な態様において、前記第 1 基地局の前記情報通信部は、前記セル固有信号の送信タイミングを示す構成情報と、前記第 2 基地局が無線通信する際の C P 長情報とを前記ユーザ装置 U E に送信し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記構成情報と前記 C P 長情報とをさらに用いて、前記セル固有信号が含む前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 1 1 】

本発明の好適な態様において、前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、前記第 1 基地局の前記第 1 送信タイミングを送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた前記第 2 送信タイミングにて、前記識別信号を含む第 2 同期信号を送信し、前記第 1 基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第 1 基地局の前記第 1 送信タイミングに対する前記送信オフセット値を示し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第 1 送信タイミングと前記同期状態情報が示す前記送信オフセット値とに基づいて、前記第 2 基地局に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 1 2 】

前記第 2 基地局の前記第 2 送信部は、前記第 1 基地局の前記第 1 送信タイミングを送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた前記第 2 送信タイミングにて、前記識別信号を含む第 2 同期信号を送信し、前記第 1 基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第 1 基地局の前記第 1 送信タイミングに対する前記送信オフセット値を示し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第 1 送信タイミングを、前記同期状態情報が示す前記送信オフセット値に対応する時間だけ遅らせた送信タイミングを含む所定期間にわたって前記第 2 基地局に対するタイミングサーチ処理を実行することにより前記第 2 送信タイミングを特定し、前記第 2 送信タイミングに基づいて前記識別信号に示される前記第 2 セル識別子の特定処理を実行する。

【 0 0 1 3 】

本発明の好適な態様において、前記第 2 基地局は、さらに、前記第 1 基地局から受信し

10

20

30

40

50

た無線信号の受信電力を測定する受信電力測定部と、前記受信電力測定部が測定した前記受信電力が小さいほど、送信オフセット値を大きく設定するオフセット値設定部とを備え、前記第2基地局の前記第2送信部は、前記第1基地局の前記第1送信タイミングを送信オフセット値に対応する時間だけ早めた前記第2送信タイミングにて、前記識別信号を含む第2同期信号を送信し、前記第1基地局の前記情報通知部が通知する前記同期状態情報は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期しているか否かを示し、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記第1基地局と前記第2基地局とが同期していると前記同期状態情報が示す場合、前記第2基地局に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、前記第1送信タイミングに基づいて、前記識別信号に示される前記第2セル識別子の特定処理を実行する。

10

【0014】

本発明の好適な態様において、前記同期状態情報は、さらに、複数の前記第2基地局に対応する複数の前記第2セル識別子を示す識別子リストを含み、前記ユーザ装置の前記セルサーチ部は、前記識別子リストに示される複数の前記第2セル識別子に対応する複数の前記第2基地局のみについて、前記特定処理を実行する。

【0015】

本発明の好適な態様において、前記ユーザ装置は、当該ユーザ装置を識別する端末識別子を示す端末検出信号を送信する端末送信部を備え、前記第2基地局の前記第2送信部は、前記端末検出信号と共通の信号フォーマットを有する前記識別信号を送信する。

【0016】

本発明の好適な態様において、前記第2基地局の前記第2送信部は、複数のサブフレームの各々における前記識別信号の配置を示し、当該第2基地局を識別する識別信号パターンに従って前記識別信号を送信する。

20

【0017】

本発明の通信制御方法は、第1周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第1セル識別子によって識別される第1基地局と、第2周波数帯域にて無線通信を実行可能であり、第2セル識別子によって識別される第2基地局と、を含む複数の基地局と、前記複数の基地局の各々と無線通信を実行可能なユーザ装置とを備える無線通信システムの通信制御方法であって、前記第1基地局において、当該第1基地局を識別する前記第1セル識別子を示す第1同期信号を第1送信タイミングにて送信することと、前記第2基地局において、当該第2基地局を識別する前記第2セル識別子を示す識別信号を送信することと、前記ユーザ装置において、前記第1基地局から受信した前記第1同期信号に基づいて前記第1送信タイミングを検出し、前記第1基地局との同期を確立するタイミングサーチ処理を実行することと、前記第1基地局において、当該第1基地局と前記第2基地局との同期状態に関する同期状態情報と、前記第2周波数帯域のうち前記第2基地局が前記識別信号の送信に用いる識別信号周波数に関する周波数情報とを、前記ユーザ装置に通知することと、前記ユーザ装置において、前記周波数情報に示される前記識別信号周波数に対して、前記識別信号に含まれる前記第2セル識別子の特定処理を、前記第1基地局からの前記同期状態情報を用いて実行することとを備える。

30

【発明の効果】

40

【0018】

本発明によれば、ユーザ装置は、第1基地局から通知される周波数情報および同期状態情報に基づいて、第2基地局が送信する第2同期信号に示される第2セル識別子の特定処理を実行する。スモール基地局P h N Bに対するタイミングサーチ処理が省略されるので、ユーザ装置U Eがスモール基地局P h N Bを認識するための処理負荷が低減される。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】第1実施形態に係る無線通信システムを示すブロック図である。

【図2】基地局が周囲に形成するセルの例を示す図である。

【図3】無線フレームのフォーマットを示す図である。

50

【図 4】物理セル識別子に含まれるローカル識別子およびグループ識別子を示す図である。

【図 5】同期信号を用いた同期確立およびセル認識（セルサーチ）の流れを概略的に示すフロー図である。

【図 6】第 1 実施形態の物理セル識別子の特定処理の一例を示す動作フローである。

【図 7】第 1 実施形態のマクロ基地局とスモール基地局とによる無線信号の送信の一例を示す図である。

【図 8】第 1 実施形態のユーザ装置の構成を示すブロック図である。

【図 9】第 1 実施形態のマクロ基地局の構成を示すブロック図である。

【図 10】第 1 実施形態のスモール基地局の構成を示すブロック図である。

10

【図 11】第 2 実施形態のマクロ基地局とスモール基地局とによる無線信号の送信の一例を示す図である。

【図 12】第 2 実施形態のスモール基地局の物理セル識別子の特定処理の説明図である。

【図 13】第 3 実施形態に係る無線通信システムを示すブロック図である。

【図 14】第 3 実施形態のスモール基地局の構成を示すブロック図である。

【図 15】第 7 実施形態に係る無線通信システムを示すブロック図である。

【図 16】第 7 実施形態における参照信号の説明図である。

【図 17】第 8 実施形態に係る無線通信システムを示すブロック図である。

【図 18】第 8 実施形態のユーザ装置の構成を示すブロック図である。

【図 19】第 8 実施形態の複数のユーザ装置が送信する端末検出信号の説明図である。

20

【図 20】第 8 実施形態のスモール基地局が送信する識別信号の説明図である。

【図 21】第 9 実施形態の 1 つのリソースブロックにおける CSI-RS の配置の説明図である。

【図 22】第 9 実施形態のホッピングパターンの具体例を示す図である。

【図 23】ホッピングパターンの変形例を示す図である。

【図 24】新バージョンユーザ装置と旧バージョンユーザ装置とが混在する変形例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

1. 第 1 実施形態

30

1(1). 無線通信システムの概略

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る無線通信システム CS を示すブロック図である。無線通信システム CS は、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とユーザ装置 UE とを要素として備える。無線通信システム CS は、上記以外の不図示の要素、例えば、交換局、サービングゲートウェイ、及び PDN ゲートウェイ等を備え得る。ネットワーク NW は、無線通信システム CS が備える上記の要素のうち、ユーザ装置 UE 以外の要素を備える。

【0021】

無線通信システム CS 内の各要素は、所定のアクセス技術（Access Technology）、例えば 3GPP（Third Generation Partnership Project）規格に含まれる LTE / SA E（Long Term Evolution / System Architecture Evolution）規格に従って通信を実行する。3GPP 規格に規定された用語に従うと、ユーザ装置 UE は User Equipment であり、マクロ基地局 eNB は evolved Node B であり、交換局は Mobile Management Entity であり、サービングゲートウェイは Serving Gateway であり、PDN ゲートウェイは Packet Data Network Gateway である。また、スモール基地局 PhNB は、マクロ基地局 eNB とは異なる周波数帯域にて無線通信を実行する新たな基地局である（詳細は後述される）。

40

【0022】

ユーザ装置 UE は、マクロ基地局 eNB およびスモール基地局 PhNB と無線通信することが可能である。各基地局（eNB, PhNB）は、固有の物理セル識別子 PCI により識別される。なお、後述されるように、各基地局（eNB, PhNB）が固有の識別信

50

号により識別されてもよい。ユーザ装置UEと各基地局(eNB, PhNB)との無線通信の方式は任意である。例えば、下りリンクではOFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)が採用され得、上りリンクではSC-FDMA(Single-Carrier Frequency Division Multiple Access)が採用され得る。マクロ基地局eNBが用いる無線通信の方式と、スモール基地局PhNBが用いる無線通信の方式が異なる構成も採用可能である。

【0023】

マクロ基地局eNBおよびスモール基地局PhNBは、クロック信号を伝送可能なファイバ等の有線インタフェースにより相互に接続される。マクロ基地局eNBおよびスモール基地局PhNBは、クロック信号に従って相互に同期することが可能である。クロック信号は、いずれかの基地局にて(好適には、マクロ基地局eNBにて)生成され他の基地局に送信されてもよいし、各基地局とは別個に配置される不図示のクロック生成部にて生成され各基地局に送信されてもよい。

10

【0024】

また、マクロ基地局eNBおよびスモール基地局PhNBの各々は、コアネットワークに接続される。コアネットワークは、交換局、サービングゲートウェイ、PDNゲートウェイ等を有するパケット通信ネットワークである。なお、スモール基地局PhNBは、コアネットワークと直接に接続されるのではなく、マクロ基地局eNBを経由してコアネットワークに接続されてもよい。

【0025】

20

図2は、各基地局(eNB, PhNB)がその周囲に形成するセルCの例を示す。マクロ基地局eNBはその周囲にマクロセルC1を形成し、スモール基地局PhNBはその周囲にスモールセルC2を形成する。各セルCの中に各基地局のアンテナが模式的に示されている。作図の便宜上、マクロセルC1が示される平面とスモールセルC2が示される平面とが別個に描かれているが、実際には、同一の平面(地表等)上にマクロセルC1とスモールセルC2とが重畳され得る。セルCは、各基地局からの電波がユーザ装置UEに有効に到達する範囲である。したがって、ユーザ装置UEは、在圏するセルCに対応する基地局と無線通信を実行可能である。

【0026】

スモール基地局PhNBは、マクロ基地局eNBと比較して小規模であり無線送信能力(平均送信電力、最大送信電力等)が小さい。また、スモール基地局PhNBが無線通信に用いる周波数帯域(第2周波数帯域、例えば3.5GHz帯)は、マクロ基地局eNBが無線通信に用いる周波数帯域(第1周波数帯域、例えば2GHz帯)よりも周波数が高く、伝搬損失が大きい。したがって、スモールセルC2はマクロセルC1よりも面積が小さい。

30

【0027】

1(2). 無線フレームおよび物理セル識別子

図3は、マクロ基地局eNBおよびスモール基地局PhNBの各々が送信する無線フレームFのフォーマットを示す図である。種々の無線信号(制御信号、ユーザ信号等)が無線フレームFに搭載されて基地局(eNB, PhNB)から送信される。1つの無線フレームFは10個のサブフレームSFを含む。各サブフレームSFの時間長は1ミリ秒であるから、1つの無線フレームFの時間長は10ミリ秒である。各サブフレームSFは、送信順に繰り返して付される#0から#9までのいずれかのサブフレーム番号を有する。物理セル識別子PCIを示す同期信号SSは、無線フレームF内の1番目および6番目のサブフレームSF(SF#0およびSF#5)において送信される。したがって、同期信号SSは5サブフレーム周期で(すなわち5ミリ秒ごとに)送信される。

40

【0028】

同期信号SSに示される物理セル識別子PCIは、基地局ごと(セルごと)に設定され、同期確立、セル認識、チャネル推定、データのスクランブル等の種々の処理に利用される(3GPP TS 36.211 V10.1.0 (2011-03), Chapter 6.11, Synchronization signals参照

50

）。同期信号 SS は、セルのローカル識別子を示す $PS S$ (Primary Synchronization Signal) と、セルのグループ識別子を示す $SS S$ (Secondary Synchronization Signal) とを含む。すなわち、同期信号 SS は識別信号としての機能を有する。

【0029】

図4は、物理セル識別子 PCI に含まれるローカル識別子およびグループ識別子を示す図である。168種類のグループ識別子と3種類のローカル識別子が存在する。各グループ識別子について3種類のローカル識別子が存在するから、504種類 ($= 168 \times 3$) の物理セル識別子 PCI が存在する。

【0030】

1(3) . 同期確立およびセル認識 (セルサーチ)

10

1(3) - 1 . 同期信号を用いた同期確立およびセル認識 (セルサーチ) の概略

図5は、同期信号 SS ($PS S$ および $SS S$) を用いた同期確立およびセル認識 (セルサーチ) の流れを概略的に示すフロー図である。セルサーチは第1段階および第2段階の処理を含む。第1段階では、ユーザ装置 UE が、基地局 (例えば、マクロ基地局 eNB) から受信した無線信号と、ユーザ装置 UE に記憶されている $PS S$ のレプリカ信号との相関演算を実行して、無線信号に含まれる $PS S$ の送信タイミング (サブフレームタイミング) およびローカル識別子を検出する。なお、 $PS S$ の送信タイミング (サブフレームタイミング) を検出する処理を「タイミングサーチ処理」と称する場合がある。

【0031】

第2段階では、ユーザ装置 UE が、第1段階にて検出された送信タイミングに基づいて、受信した無線信号に含まれる $SS S$ と、ユーザ装置 UE に記憶されている $SS S$ のレプリカ信号との相関演算を実行して、無線信号に含まれる $SS S$ の送信タイミング (フレームタイミング) およびグループ識別子を検出する。第1段階および第2段階にて実行される処理により、受信した無線信号内の同期信号 SS が示すローカル識別子およびグループ識別子が同定される。結果として、ユーザ装置 UE は、その同期信号 SS を送信する基地局 (eNB , $PhNB$) の物理セル識別子 PCI を認識する。

20

【0032】

第1段階では、受信した無線信号のどこに同期信号 SS が位置しているかをユーザ装置 UE が認識していないから、ユーザ装置 UE は、受信した無線信号の全体にわたって相関演算を実行する。一方、第2段階では、第1段階で検出された送信タイミングに基づき、受信した無線信号における同期信号 SS (ひいては $SS S$) の位置をユーザ装置が認識できるから、ユーザ装置 UE は、受信した無線信号のうち $SS S$ に相当する部分のみについて相関演算を実行する。そのため、第1段階の演算処理負荷は、第2段階の演算処理負荷と比較して顕著に高い。

30

【0033】

1(3) - 2 . マクロ基地局の送信タイミングを用いたスモール基地局のセルサーチ

図6および図7を参照して、本実施形態におけるスモール基地局 $PhNB$ の物理セル識別子 PCI の特定処理を説明する。図6は、物理セル識別子 PCI の特定処理の一例を示す動作フローである。図7は、相互に同期するマクロ基地局 eNB とスモール基地局 $PhNB$ とによる無線信号の送信の一例を示す図である。

40

【0034】

前述の通り、第1実施形態のマクロ基地局 eNB とスモール基地局 $PhNB$ とは相互に同期している。すなわち、図7に示すように、マクロ基地局 eNB が同期信号 SS を送信する送信タイミングと、スモール基地局 $PhNB$ が同期信号 SS を送信する送信タイミングとの間には、差異が無い (または、以上の送信タイミング間の差異が、無線信号単位 (リソースエレメント等) の時間長と比較して顕著に小さい)。

【0035】

マクロ基地局 eNB は、そのマクロ基地局 eNB を識別する物理セル識別子 PCI を示す同期信号 SS を、図3および図7に示すような送信タイミングにて周期的に送信している ($S10$)。ユーザ装置 UE は、マクロ基地局 eNB から受信した同期信号 SS に基づい

50

て、セル検出（マクロ基地局 eNB を示す物理セル識別子 PCI を特定する処理）とマクロ基地局 eNB との同期確立とを実行する（S20）。より具体的には、前述のように、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS に含まれる PSS に基づいて、ユーザ装置 UE が PSS の送信タイミングおよびローカル識別子を検出する（第 1 段階）。そして、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS に含まれる SSS に基づいて、ユーザ装置 UE が SSS の送信タイミングおよびグループ識別子を検出し、同期信号 SS の送信タイミングおよび物理セル識別子 PCI を特定する。そして、ユーザ装置 UE は、マクロ基地局 eNB との無線接続を確立する（S30）。

【0036】

マクロ基地局 eNB は、その周辺に位置するスモール基地局 PhNB との同期状態に関する同期状態情報と、スモール基地局 PhNB が同期信号 SS の送信に用いる識別信号周波数に関する周波数情報とを、ユーザ装置 UE に通知する（S40）。第 1 実施形態では、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが同期しているため、以上の同期状態情報は、「マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが同期している」ことを示す。ユーザ装置 UE は、受信した同期状態情報および周波数情報を記憶する。

【0037】

スモール基地局 PhNB は、そのスモール基地局 PhNB を識別する物理セル識別子 PCI を示す同期信号 SS を、図 7 に示すような送信タイミングにて周期的に送信している（S50）。ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB から受信した同期信号 SS に基づいて、セル検出（スモール基地局 PhNB を示す物理セル識別子 PCI を特定する処理）を実行する（S60）。以上のセル検出は、ステップ S40 にて通知された同期状態情報および周波数情報を用いて実行される。より具体的には、ユーザ装置 UE は、同期状態情報が「マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが同期している」ことを示す場合、スモール基地局 PhNB に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS の送信タイミングに基づいて、周波数情報に示されるスモール基地局 PhNB の識別信号周波数に対して、ローカル識別子およびグループ識別子の検出処理を実行する。そして、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB との無線接続を確立する（S70）。

【0038】

ステップ S60 のセル検出において、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB からの無線信号に含まれる同期信号 SS の位置（送信タイミング）をサーチする必要がある。換言すると、ユーザ装置 UE は、セルサーチの第 1 段階を省略することが可能である。これは、前述のようにマクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが同期しており、両者の同期信号 SS の送信タイミングが共通しているから、ユーザ装置 UE は、ステップ S20 にて取得したマクロ基地局 eNB の同期信号 SS の送信タイミングをスモール基地局 PhNB の同期信号 SS の送信タイミングと見なしてセル検出（レプリカ信号との相関演算）を実行できるからである。

【0039】

1(4) . 各要素の構成

1(4) - 1 . ユーザ装置の構成

図 8 は、第 1 実施形態に係るユーザ装置 UE の構成を示すブロック図である。ユーザ装置 UE は、無線通信部 110 と記憶部 120 と制御部 130 とを備える。音声・映像等を出力する出力装置及びユーザからの指示を受け付ける入力装置等の図示は便宜的に省略されている。無線通信部 110 は、マクロ基地局 eNB およびスモール基地局 PhNB と無線通信を実行するための要素であり、送受信アンテナと、無線信号（電波）を受信して電気信号に変換する受信回路と、制御信号、ユーザ信号等の電気信号を無線信号（電波）に変換して送信する送信回路とを含む。記憶部 120 は、通信制御に関する情報、特に、同期を確立した基地局（eNB, PhNB）の同期信号 SS の送信タイミング、ならびに、前述の同期状態情報および周波数情報を記憶する。制御部 130 は、ユーザ信号および制御信号の送受信を実行する他、セルサーチ部 132 を備える。セルサーチ部 132 は、前

10

20

30

40

50

述した複数のセルサーチ、すなわち、通常の２段階セルサーチ（図５）およびマクロ基地局 eNB の送信タイミングを用いたスモール基地局 P hNB のセルサーチ（図６等）を実行する。制御部 130 及び制御部 130 内の各要素は、ユーザ装置 UE 内の不図示の CPU（Central Processing Unit）が、記憶部 120 に記憶されたコンピュータプログラムを実行し、そのコンピュータプログラムに従って機能することにより実現される機能ブロックである。

【0040】

1（４）- ２． マクロ基地局の構成

図９は、第１実施形態に係るマクロ基地局 eNB の構成を示すブロック図である。マクロ基地局 eNB は、無線通信部 210 とネットワーク通信部 220 と記憶部 230 と制御部 240 とを備える。無線通信部 210 は、ユーザ装置 UE と無線通信を実行するための要素であり、ユーザ装置 UE の無線通信部 110 と同様の構成を有する。ネットワーク通信部 220 は、ネットワーク NW 内の他のノード（スモール基地局 P hNB、交換局等）と通信を実行するための要素であり、他のノードと信号を送受信する。記憶部 230 は、通信制御に関する情報を記憶する。制御部 240 は、ユーザ信号および制御信号の送受信を実行する他、送信部 242 と情報通知部 244 とを備える。送信部 242 は、マクロ基地局 eNB を識別する物理セル識別子 PCI を示す同期信号 SS を、無線通信部 210 を介して送信する。情報通知部 244 は、前述の同期状態情報および周波数情報を、無線通信部 210 を介してユーザ装置に通知する。制御部 240 及び制御部 240 内の各要素は、マクロ基地局 eNB 内の不図示の CPU が、記憶部 230 に記憶されたコンピュータプログラムを実行し、そのコンピュータプログラムに従って機能することにより実現される機能ブロックである。

【0041】

1（４）- ３． スモール基地局の構成

図１０は、第１実施形態に係るスモール基地局 P hNB の構成を示すブロック図である。スモール基地局 P hNB は、無線通信部 310 とネットワーク通信部 320 と記憶部 330 と制御部 340 とを備える。無線通信部 310 は、ユーザ装置 UE と無線通信を実行するための要素であり、マクロ基地局 eNB の無線通信部 210 と同様の構成を有する。ネットワーク通信部 320 は、ネットワーク NW 内の他のノード（マクロ基地局 eNB 等）と通信を実行するための要素であり、他のノードと信号を送受信する。記憶部 330 は、通信制御に関する情報を記憶する。制御部 340 は、ユーザ信号および制御信号の送受信を実行する他、送信部 342 を備える。送信部 342 は、スモール基地局 P hNB を識別する物理セル識別子 PCI を示す同期信号 SS を、無線通信部 310 を介して送信する。制御部 340 及び制御部 340 内の各要素は、スモール基地局 P hNB 内の不図示の CPU が、記憶部 330 に記憶されたコンピュータプログラムを実行し、そのコンピュータプログラムに従って機能することにより実現される機能ブロックである。

【0042】

1（５）． 本実施形態の効果

以上の本実施形態の構成によれば、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 P hNB に対するタイミングサーチ処理を実行しなくても、マクロ基地局 eNB の同期信号 SS の送信タイミングに基づいて、スモール基地局 P hNB が送信する同期信号 SS に示される物理セル識別子 PCI の特定処理を実行することが可能である。結果として、スモール基地局 P hNB に対するタイミングサーチ処理が省略されるので、ユーザ装置 UE がスモール基地局 P hNB を認識するための処理負荷が低減される。

【0043】

２． 第２実施形態

本発明の第２実施形態を以下に説明する。以下に例示する各実施形態において、作用、機能が第１実施形態と同等である要素については、以上の説明で参照した符号を流用して各々の説明を適宜に省略する。

【0044】

10

20

30

40

50

第1実施形態では、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが相互に同期して同時に同期信号 SS を送信する。第2実施形態では、図11に示すように、マクロ基地局 eNB の同期信号 SS の送信タイミングを、送信オフセット値 OV に相当する時間だけ遅らせた送信タイミングにて、スモール基地局 PhNB (送信部 342) が同期信号 SS を送信する。

【0045】

以下、図12を参照して、本実施形態におけるスモール基地局 PhNB の物理セル識別子 PCI の特定処理を説明する。ユーザ装置 UE が実行するマクロ基地局 eNB に関してのセル検出および同期確立 (ステップ S12 からステップ S32) は、第1実施形態のステップ S10 からステップ S30 と同様であるから説明を割愛する。

10

【0046】

マクロ基地局 eNB は、その周辺に位置するスモール基地局 PhNB との同期状態に関する同期状態情報と、スモール基地局 PhNB が同期信号 SS の送信に用いる識別信号周波数に関する周波数情報とを、ユーザ装置 UE に通知する (S42)。第2実施形態では、マクロ基地局 eNB の送信タイミングとスモール基地局 PhNB の送信タイミングとの間に、送信オフセット値 OV に相当する時間差が存在するので、以上の同期状態情報は、マクロ基地局 eNB の送信タイミングに対する送信オフセット値 OV を示す。ユーザ装置 UE は、受信した同期状態情報および周波数情報を記憶する。

【0047】

スモール基地局 PhNB は、そのスモール基地局 PhNB を識別する物理セル識別子 PCI を示す同期信号 SS を、図11に示すような送信タイミングにて周期的に送信している (S52)。ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB から受信した同期信号 SS に基づいて、セル検出 (スモール基地局 PhNB を示す物理セル識別子 PCI を特定する処理) を実行する (S62)。以上のセル検出は、ステップ S42 にて通知された同期状態情報 (送信オフセット値 OV) および周波数情報を用いて実行される。より具体的には、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB に対するタイミングサーチ処理を実行せずに、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS の送信タイミングと送信オフセット値 OV とに基づいて、周波数情報に示されるスモール基地局 PhNB の識別信号周波数に対して、ローカル識別子およびグループ識別子の検出処理を実行する。そして、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB との無線接続を確立する (S72)。

20

30

【0048】

ステップ S62 のセル検出において、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB からの無線信号に含まれる同期信号 SS の位置 (送信タイミング) をサーチする必要がない。換言すると、ユーザ装置 UE は、セルサーチの第1段階を省略することが可能である。これは、前述のように、マクロ基地局 eNB の送信タイミングとスモール基地局 PhNB の送信タイミングとの間に送信オフセット値 OV に相当する時間差が存在するから、ユーザ装置 UE は、ステップ S22 にて取得したマクロ基地局 eNB の同期信号 SS の送信タイミングに送信オフセット値 OV を加算することで、スモール基地局 PhNB の同期信号 SS の送信タイミングを取得できるからである。

以上の構成によれば、第1実施形態と同様の技術的効果が奏される。

40

【0049】

3. 第3実施形態

本発明の第3実施形態を以下に説明する。第1実施形態では、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが、クロック信号を伝送可能なインタフェース (光ファイバ等) によって相互に接続され相互に同期する。第3実施形態では、スモール基地局 PhNB が、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS を受信して、マクロ基地局 eNB と同期する。

【0050】

図13は、第3実施形態に係る無線通信システム CS を示すブロック図である。スモール基地局 PhNB は、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS を受信して送信タイミングを検出し、マクロ基地局 eNB と同期する。ただし、第3実施形態においては、第1実施

50

形態と異なり、マクロ基地局 eNB から送信された無線信号がスモール基地局 PhNB に到達して処理されるのに要する時間だけ、同期タイミングに遅延が生じる。したがって、第3実施形態のスモール基地局 PhNB は、マクロ基地局 eNB からの距離に応じて、同期信号 SS の送信タイミングを早める。

【0051】

図14は、第3実施形態に係るスモール基地局 PhNB の構成を示すブロック図である。スモール基地局 PhNB の制御部340は、更に、同期検出部344と受信電力測定部346とオフセット値設定部348とを備える。同期検出部344は、前述の実施形態のユーザ装置 UE のセルサーチ部132と同様に、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS の送信タイミングを検出し、送信部342に供給する。受信電力測定部346は、無線通信部310を介して受信されたマクロ基地局 eNB からの無線信号（参照信号）の受信電力を測定する。オフセット値設定部348は、受信電力測定部346が測定した受信電力が小さいほど、送信オフセット値OVを大きく設定して、送信部342に供給する。送信部342は、同期検出部344から供給されたマクロ基地局 eNB の送信タイミングを、オフセット値設定部348から供給された送信オフセット値OVに対応する時間だけ早めた送信タイミングにて、スモール基地局 PhNB の同期信号 SS を送信する。

【0052】

以上から理解されるように、第3実施形態のスモール基地局 PhNB は、マクロ基地局 eNB からの無線信号の受信電力が小さいほど、送信タイミングをより早くして（より前倒しして）無線信号（同期信号 SS）の送信を実行する。無線信号は空間を伝搬するに従い減衰するので、スモール基地局 PhNB におけるマクロ基地局 eNB からの無線信号の受信電力が小さいことは、マクロ基地局 eNB からスモール基地局 PhNB までの距離が大きいことを意味する。したがって、以上のスモール基地局 PhNB によれば、マクロ基地局 eNB からの距離に応じた送信タイミングの修正（前倒し）が実現される。結果として、マクロ基地局 eNB の送信タイミングとスモール基地局 PhNB の送信タイミングとの差異が低減される。

【0053】

4. 第4実施形態

本発明の第4実施形態を以下に説明する。第1実施形態では、マクロ基地局 eNB が同期信号 SS を送信する送信タイミングと、スモール基地局 PhNB が同期信号 SS を送信する送信タイミングとが相互に同期している（図7）。168種類のSSSは互いに直交していないので、複数のSSSが同じ送信タイミングで送信されると互いに干渉する。したがって、第1実施形態にて説明されたマクロ基地局 eNB の送信タイミングを用いたスモール基地局 PhNB のセルサーチ（図6）を実行する場合、無線環境等によってはグループ識別子（ひいては物理セル識別子PCI）を十分な精度で特定できない可能性がある。

【0054】

そこで、第4実施形態のスモール基地局 PhNB（送信部342）は、そのスモール基地局 PhNB に対応する物理セル識別子PCIを示す信号（識別信号）を含むセル固有信号を送信する。セル固有信号は同期信号 SS とは異なる信号であり、例えば、同期信号 SS 以外の参照信号である。参照信号の例としては、CRS（Cell Specific Reference Signal）、CSI-RS（CSI Reference Signal）、PRS（Positioning Reference Signal）、MBSFN-RS（MBSFN Reference Signal）等がある。以上の参照信号の詳細は、例えば、3GPP TS 36.211 V10.1.0 (2011-03), Chapter 6.10, Reference signalsに記載されている。例えば、CRSは6パターンの周波数シフトを有するため、衝突による干渉がSSSと比較して少ない。また、CRSはシステム帯域幅全体にシンボルが拡散されているため、相関演算の際、より多くの相関エネルギーを取得することが可能である。なお、スモール基地局 PhNB に対応する物理セル識別子PCIを示す任意の信号がセル固有信号として採用され得る。

【0055】

ユーザ装置UE（セルサーチ部132）は、セル検出（図6のステップS60）において、セル固有信号が含む識別信号に示されるスモール基地局PhNBの物理セル識別子PCIを特定する。セル固有信号の位置（送信タイミング）は、スモール基地局PhNBの同期信号SSに対する相対的な位置（送信タイミング）として定まる。また、前述の通り、マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期しており、両者の同期信号SSの送信タイミングは共通している。したがって、ユーザ装置UE（セルサーチ部132）は、ステップS20にて取得したマクロ基地局eNBの同期信号SSの送信タイミングをスモール基地局PhNBの同期信号SSの送信タイミングと見なして、上記のセル固有信号に対してセル検出を実行できる。なお、ユーザ装置UE（セルサーチ部132）は、同期信号SSとセル固有信号の組合せ、または複数のセル固有信号の組合せに対してセル検出を実行してもよい。

10

【0056】

本実施形態の構成によれば、同期信号SSとは異なるセル固有信号を用いてスモール基地局PhNBのセル検出を実行できるので、相互に干渉するSSのみを用いてグループ識別子（物理セル識別子PCI）を特定する構成と比較して、より精度高くグループ識別子（物理セル識別子PCI）を特定することが可能となる。

【0057】

5. 第5実施形態

本発明の第5実施形態を以下に説明する。第5実施形態は、参照信号（CSI-RS）を用いたスモール基地局PhNBのセルサーチの詳細に関する。第5実施形態のマクロ基地局eNB（情報通知部244）は、前述の同期状態情報および周波数情報に加えて、スモール基地局PhNBが送信するCSI-RSの構成に関する情報（参照信号構成情報、CSI-RS Configuration）と、スモール基地局PhNBによる無線通信におけるCP長（サイクリックプレフィックス長）とを、ユーザ装置UEに送信する。

20

【0058】

CSI-RSは、物理セル識別子PCIを含む種々のパラメータを用いて生成される参照信号系列である。CSI-RSが送信される無線リソース（時間および周波数）は固定されておらず、物理セル識別子PCIとは独立して定められる（3GPP TS 36.211 V10.1.0 (2011-03), Chapter 6.11.1, Cell-specific reference signals参照）。上述の参照信号構成情報は、CSI-RSが送信される無線リソースを示す。

30

【0059】

CP長は、サイクリックプレフィックスの時間長である。サイクリックプレフィックスは、OFDMによる無線通信時に、遅延波の影響を避けるために有効シンボルの前に挿入されるガード区間である。CP長は、「通常（normal）」または「拡張（extended）」のいずれかである。前述したSSの無線フレームF上の位置（SSに対する位置）は、CP長に応じて定まる（図3および図7では不図示）。

【0060】

図6を再度参照して、本実施形態のスモール基地局PhNBのセルサーチを説明する。ユーザ装置UEとマクロ基地局eNBとの無線接続の確立（ステップS10～S30）については、前述の実施形態と同様であるから、説明を省略する。マクロ基地局eNB（情報通知部244）は、上述のように、同期状態情報、周波数情報、参照信号構成情報、およびCP長情報をユーザ装置UEに通知する（S40）。本実施形態の周波数情報は、同期信号SSの送信に用いられる周波数と、CSI-RSの送信に用いられる周波数とを、識別信号周波数として示す。

40

【0061】

スモール基地局PhNBは、そのスモール基地局PhNBを識別する物理セル識別子PCIを示す同期信号SSと上述のCSI-RSとを周期的に送信している（S50）。ユーザ装置UEは、スモール基地局PhNBから受信した同期信号SSおよびCSI-RSに基づいて、セル検出を実行する（S60）。以上のセル検出は、同期状態情報、周波数情報、参照信号構成情報、およびCP長情報を用いて実行される。より具体的には、ユーザ装

50

置UEは、同期状態情報が「マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期している」ことを示す場合、スモール基地局PhNBに対するタイミングサーチ処理を実行せずに、マクロ基地局eNBからの同期信号SSの送信タイミングおよび参照信号構成情報に基づいて、周波数情報に示されるスモール基地局PhNBの識別信号周波数に対して、ローカル識別子、グループ識別子、およびCSI-RSの検出処理を実行する。そして、ユーザ装置UEは、スモール基地局PhNBとの無線接続を確立する(S70)。なお、以上の動作は、スモール基地局PhNBの送信タイミングがオフセットされる第2実施形態の構成においても、適用可能である。また、以上の構成は、セル識別に使用可能な任意の信号(他の参照信号、スモールセル発見用の信号(Discovery Signal)等)についても、適用可能である。

10

【0062】

ユーザ装置UEは、マクロ基地局eNBから参照信号構成情報を通知されているので、CSI-RSが送信される無線リソースを認識している。したがって、ステップS60のセル検出において、ユーザ装置UEは、CSI-RSの検出処理(スモール基地局PhNBから送信されるCSI-RSと、ユーザ装置UEに記憶されているレプリカ信号との相関演算)を実行できる。また、ユーザ装置UEは、マクロ基地局eNBからCP長情報を通知されているので、SSSの無線フレームF上の位置(PSSに対する位置)を認識している。したがって、ステップS60のセル検出において、ユーザ装置UEは、SSSの位置(送信タイミング)が「通常」のCP長に対応するのか「拡張」のCP長に対応するのかを特定する必要がない。

20

【0063】

以上の構成によれば、第1実施形態と同様の技術的効果が奏される。さらに、参照信号(CSI-RS)を用いてスモール基地局PhNBのセル検出を実行するので、相互に干渉するSSSのみを用いてセル検出を実行する構成と比較して、より精度高くセルを特定することが可能となる。また、スモール基地局PhNBが複数の送信点を有し、各送信点が参照信号(CSI-RS)によって識別される場合であっても、以上の構成によればスモール基地局PhNBだけでなく各送信点をも識別することが可能である。

【0064】

6. 第6実施形態

本発明の第6実施形態を以下に説明する。マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとの同期は、常に厳密であるとは限らない。マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとの同期の精度が低い場合も想定され得る。そのような場合、第1実施形態のように前述の同期状態情報が「マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期している」ことを示していても、実際には、マクロ基地局eNBからの同期信号SSの送信タイミングと、スモール基地局PhNBからの同期信号SSの送信タイミングとがずれている可能性がある。

30

【0065】

そこで、ユーザ装置UE(セルサーチ部132)は、スモール基地局PhNBに関するセルサーチの第1段階(タイミングサーチ処理)の代わりに、マクロ基地局eNBからの同期信号SSの送信タイミングに基づいた検出処理(トラッキング処理)を実行する。より具体的には、ユーザ装置UEは、スモール基地局PhNBについてのセル検出(図6のステップS60)において、同期状態情報が「マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期している」ことを示す場合、マクロ基地局eNBからの同期信号SSの送信タイミングを含む所定期間(例えば、以上の送信タイミングを中心とする5マイクロ秒)にわたって(すなわち、期間を限定して)タイミングサーチ処理を実行してスモール基地局PhNBの送信タイミングを特定した上で、前述のセル検出を実行する。

40

【0066】

以上の事情は、スモール基地局PhNBの送信タイミングがオフセットされている第2実施形態でも同様である。すなわち、マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとの同期の精度が低い場合、同期状態情報が示す送信オフセット値OVに対応する時間だけマ

50

クロ基地局 eNB の送信タイミングを遅らせた送信タイミング（計算上のスモール基地局 PhNB の送信タイミング）と、スモール基地局 PhNB からの同期信号 SS の実際の送信タイミングとが、ずれている可能性がある。

【0067】

そこで、ユーザ装置 UE は、スモール基地局 PhNB についてのセル検出（図12のステップS62）において、マクロ基地局 eNB からの同期信号 SS の送信タイミングを、送信オフセット値 OV に対応する時間だけ遅らせた送信タイミング（すなわち、計算上のスモール基地局 PhNB の送信タイミング）を含む所定期間（例えば、以上の送信タイミングを中心とする5マイクロ秒）にわたって（すなわち、期間を限定して）タイミングサーチ処理を実行してスモール基地局 PhNB の送信タイミングを特定した上で、前述のセル検出を実行する。

10

【0068】

以上の構成によれば、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB との同期の精度が低い場合であっても、前述の実施形態と同様の技術的效果が奏される。

【0069】

7. 第7実施形態

本発明の第7実施形態を以下に説明する。第7実施形態では、図15に示すように、マクロ基地局 eNB の配下に複数のスモール基地局 PhNB が存在するケースを想定する。これら複数のスモール基地局 PhNB は、接続先のマクロ基地局 eNB と同期している。

【0070】

20

図16に示すように、複数のスモール基地局 PhNB は、共通の参照信号（例えば、CSI-RS）を同じ送信タイミングで送信する。以上の参照信号は、ユーザ装置 UE がスモール基地局 PhNB と同期を確立するために用いる同期用参照信号である。さらに、図16に示すように、複数のスモール基地局 PhNB の各々は、送信タイミングまたは系列の異なる参照信号（例えば、CSI-RS）を送信する。以上の参照信号は、ユーザ装置 UE がスモール基地局 PhNB を識別するために用いる識別用参照信号である。

【0071】

なお、マクロ基地局 eNB とスモール基地局 PhNB とが同期していることに鑑み、マクロ基地局 eNB のみが以上の同期用参照信号を送信してもよい。その場合、スモール基地局 PhNB は、自身を示す識別用参照信号のみを送信すればよい。

30

【0072】

以上の構成によれば、共通の同期用参照信号を用いることにより、複数のスモール基地局 PhNB との同期を同時に検出することが可能となる。さらに、各スモール基地局 PhNB が異なる識別用参照信号を送信するので、ユーザ装置 UE は各スモール基地局 PhNB を識別することが可能となる。

【0073】

8. 第8実施形態

本発明の第8実施形態を以下に説明する。第8実施形態では、図17に示すように、無線通信システム CS において、ユーザ装置 UE 同士が直接的に無線通信を実行する。図18は、第8実施形態に係るユーザ装置 UE の構成を示すブロック図である。ユーザ装置 UE の制御部 130 は、そのユーザ装置を識別する端末識別子を示す端末検出信号を送信する端末送信部 134 をさらに備える。

40

【0074】

図19は、複数のユーザ装置 UE が送信する端末検出信号の説明図である。各ユーザ装置 UE（端末送信部 134）は、そのユーザ装置 UE に割り当てられたリソースブロック RB において、端末検出信号を送信する。図19において、リソースブロック RB のハッチングは、それぞれ異なるユーザ装置 UE に対応する。第8実施形態において、端末検出信号は、SC-FDMA を用いて送信される上りリンク信号である。ユーザ装置 UE からの信号がシングルキャリアで送信されることにより、ピーク対平均電力比（PAPR）の低減が実現される。

50

【 0 0 7 5 】

図 2 0 は、スモール基地局 P h N B が送信する識別信号の説明図である。スモール基地局 P h N B (送信部 3 4 2) は、複数のリソースブロック R B において、ユーザ装置 U E が送信する端末検出信号と共通の信号フォーマットを有する識別信号を送信する。「信号フォーマットが共通」とは、信号長、選択され得る信号の系列数、信号の送受信時に用いられる変復調方法などが共通することを意味する。

【 0 0 7 6 】

図 2 0 において、リソースブロック R B のハッチングの種類は、送信元となるスモール基地局 P h N B により異なる。図 2 0 から理解されるように、複数のリソースブロック R B が、1 つの時間軸上で又は 1 つの周波数軸上で送信され得る。以上の構成によれば、複数のリソースブロック R B による時間領域又は周波数領域のダイバーシチ効果が実現される。

10

【 0 0 7 7 】

第 8 実施形態においてスモール基地局 P h N B が送信する識別信号は、S C - F D M A を用いて送信されると好適である。また、以上の識別信号は、ユーザ装置 U E が受信可能な周波数帯域において送信されると好適である。したがって、スモール基地局 P h N B において上りリンク周波数と下りリンク周波数とが相違する場合 (すなわち、F D D が採用される場合) 、識別信号は、下りリンク周波数において S C - F D M A を用いて送信されてもよい。複数のリソースブロック R B が 1 つの周波数軸上で送信される前述の場合には、複数のシングルキャリアが識別信号の送信に使用されてもよい。一方、スモール基地局 P h N B において上りリンク周波数と下りリンク周波数とが共通する場合 (すなわち、T D D が採用される場合) 、識別信号は、共通の周波数で送信されてもよい。

20

また、専用の無線リソースを用いて識別信号が送信されてもよい。専用の無線リソースにおいては、識別信号以外の信号の送信が停止されると好適である。

【 0 0 7 8 】

以上の構成によれば、ユーザ装置 U E を検出するための端末検出信号と、スモール基地局 P h N B を検出するための識別信号が共通の信号フォーマットを有する。したがって、ユーザ装置 U E は、スモール基地局 P h N B の検出と他のユーザ装置 U E の検出とを単一のメカニズムにて実行することが可能である。

【 0 0 7 9 】

30

9 . 第 9 実施形態

本発明の第 9 実施形態を以下に説明する。第 5 実施形態では、参照信号 (C S I - R S) を用いてスモール基地局 P h N B のセル検出が実行される。第 9 実施形態では、複数の C S I - R S により構成されるホッピングパターン (識別信号パターン) に基づいてスモール基地局 P h N B のセル検出が実行される。

【 0 0 8 0 】

第 9 実施形態のスモール基地局 P h N B (送信部 3 4 2) は、そのスモール基地局 P h N B に固有のホッピングパターンに従って C S I - R S を送信する。ホッピングパターンは、複数のサブフレーム S F の各々における C S I - R S の配置を示す。ユーザ装置 U E は、複数のサブフレーム S F に亘る C S I - R S の配置 (ホッピングパターン) に基づいてスモール基地局 P h N B を識別することが可能である。

40

【 0 0 8 1 】

図 2 1 は、1 つのリソースブロック R B における C S I - R S の配置の説明図である。リソースブロック R B 内に複数のリソースエレメント R E が含まれる。C S I - R S は、図 2 1 中で 0 から 1 9 までの番号が付されたリソースエレメント R E (R E # 0 ~ R E # 1 9) のいずれかで送信される (複数の番号が選択されてもよい) 。なお、C S I - R S が送信されないリソースブロック R B が存在してもよい。

【 0 0 8 2 】

図 2 2 は、ホッピングパターンの具体例を示す図である。スモール基地局 P h N B は、図示の通り、R E # 5 - R E # 9 - R E # 6 - R E # 3 - R E # 8 という順番 (ホッピン

50

グパターン)でCSI-RSを送信する。ユーザ装置UEは、マクロ基地局eNBから各
スモール基地局PhNBが用いるホッピングパターンを通知されている。そのため、ユー
ザ装置UEは、以上のホッピングパターンを検出することにより、スモール基地局PhNB
を識別することができる。

【0083】

ホッピングパターンの繰り返し周期は、従来のCSI-RSの繰り返し周期(例えば、
80 ms)に等しく設定されてもよいし、他の周期、例えば、従来のCSI-RSの繰り返し
周期の整数倍と等しく設定されてもよい。

【0084】

なお、第9実施形態において、第7実施形態と同様に、複数のスモール基地局PhNB
が共通の同期用CSI-RSを送信し、各スモール基地局PhNBがそれぞれ異なる識別
用CSI-RSを送信してもよい。

10

【0085】

以上の構成によれば、CSI-RSが送信されるリソースエレメントREのみに基づい
てスモール基地局PhNBを識別する構成と比較して、より多くの識別用パターンが提供
されるので、より多くのスモール基地局PhNBを設置することが可能である。

【0086】

10. 変形例

以上の実施の形態は多様に変形される。具体的な変形の態様を以下に例示する。以上の
実施の形態および以下の例示から任意に選択された2以上の態様は、相互に矛盾しない限
り適宜に併合され得る。

20

【0087】

10(1). 変形例1

以上の実施形態の無線通信システムCS(ネットワークNW)は、マクロ基地局eNB
とスモール基地局PhNBとを備えるヘテロジニアスネットワークであるが、単一種別
の基地局(例えば、マクロ基地局eNB)のみを備えるホモジニアスネットワークが採
用されてもよい。その場合、使用される周波数帯域は1つであってもよい。

【0088】

10(2). 変形例2

以上の実施形態では、光ファイバ等のクロック信号を伝送可能なインタフェースまたは
無線インタフェースを介してマクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期する
が、マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期を確立するための手段は任意
である。例えば、GPS衛星から送信される電波(GPS信号)が示す時刻に基づいて、
マクロ基地局eNBとスモール基地局PhNBとが同期を確立してもよい。

30

【0089】

10(3). 変形例3

マクロ基地局eNB(情報通知部244)が、そのマクロ基地局eNBの周辺に存在す
る複数のスモール基地局PhNBの物理セル識別子PCIを示す識別子リストを、同期状
態情報に含めてユーザ装置UEに通知してもよい(ステップS40、ステップS42)。ユーザ
装置UE(セルサーチ部132)は、通知された識別子リストに示される物理セル識別子
PCIに対応するスモール基地局PhNBのみを対象としてセル検出(レプリカ信号との
相関演算)を実行すればよい(ステップS60、ステップS62)。以上の場合、セル検出を実
行すべきセル識別子PCIの数が限定されるので、ユーザ装置UEの処理負荷がより低減
される。

40

【0090】

10(4). 変形例4

以上の実施形態では、スモール基地局PhNBが物理セル識別子PCIによって識別さ
れるが、スモール基地局PhNBを識別するための識別子は任意である。物理セル識別子
PCIとは異なるスモール基地局PhNB識別専用の識別子が採用されてもよい。

【0091】

50

10 (5) . 変形例 5

1つのマクロ基地局 eNB の配下に複数のスモール基地局 PhNB が存在し得る。複数のスモール基地局 PhNB が存在する場合、それらのスモール基地局 PhNB は相互に同期して同期信号 SS を送信してもよいし、それぞれ異なる送信オフセット値 OV に基づいて同期信号 SS を送信してもよい。複数のスモール基地局 PhNB がそれぞれ異なる送信オフセット値 OV に基づいて同期信号 SS を送信する場合、マクロ基地局 eNB (情報通知部 244) は、各オフセット値 OV を同期状態情報としてユーザ装置 UE に通知する。

【 0092 】

10 (6) . 変形例 6

参照信号構成情報 (CSI-RS Configuration) は、単一のスモール基地局 PhNB または送信点に対して 1 つ設定されてもよいし、複数設定されてもよい。複数の参照信号構成情報が単一のスモール基地局 PhNB または送信点に対して設定される場合には、1 つの参照信号構成情報が設定される場合と比較して、より精度高くセルを特定することが可能となる。

【 0093 】

10 (7) . 変形例 7

第 6 実施形態では、ユーザ装置 UE が同期信号 SS を用いてセルサーチ (タイミングサーチ処理) を実行する。しかし、ユーザ装置 UE は、周期的に送信される任意の信号を用いてセルサーチ (タイミングサーチ処理) を実行することが可能である。例えば、第 4 実施形態において説明された参照信号 (CRS , CSI - RS , PRS , MBSFN - RS 等) がセルサーチに用いられ得る。また、同期信号 SS と以上の参照信号の組合せ、または複数の参照信号の組合せを用いてセルサーチが実行されてもよい。

【 0094 】

10 (8) . 変形例 8

第 9 実施形態に関して、図 23 に示すように、サブフレーム SF 内のリソースエレメント RE だけでなく、CSI - RS を送信するリソースブロック RB をもホッピングさせるホッピングパターンが採用されてもよい。以上の構成によれば、より多くのホッピングパターンが提供されるので、より多くのスモール基地局 PhNB を設置することが可能である。

【 0095 】

10 (9) . 変形例 9

第 9 実施形態において、図 24 に示すように、CSI - RS のホッピングパターン (図 24 の「UE N 用」) にてスモール基地局 PhNB を識別する新バージョンユーザ装置 UE N と、CSI - RS が送信されるリソースエレメント RE (図 24 の「UE O 用」) のみに基づいてスモール基地局 PhNB を識別する旧バージョンユーザ装置 UE O との双方が混在してもよい。

【 0096 】

10 (10) . 変形例 10

ユーザ装置 UE は、マクロ基地局 eNB およびスモール基地局 PhNB と無線通信が可能な任意の装置である。ユーザ装置 UE は、例えば、フィーチャーフォンまたはスマートフォン等の携帯電話端末でもよく、デスクトップ型パーソナルコンピュータでもよく、ノート型パーソナルコンピュータでもよく、UMPC (Ultra-Mobile Personal Computer) でもよく、携帯用ゲーム機でもよく、その他の無線端末でもよい。

【 0097 】

10 (11) . 変形例 11

無線通信システム CS 内の各要素 (ユーザ装置 UE 、マクロ基地局 eNB 、スモール基地局 PhNB) において CPU が実行する各機能は、CPU の代わりに、ハードウェアで実行してもよいし、例えば FPG A (Field Programmable Gate Array) 、DSP (Digital Signal Processor) 等のプログラマブルロジックデバイスで実行してもよい。

【 符号の説明 】

10

20

30

40

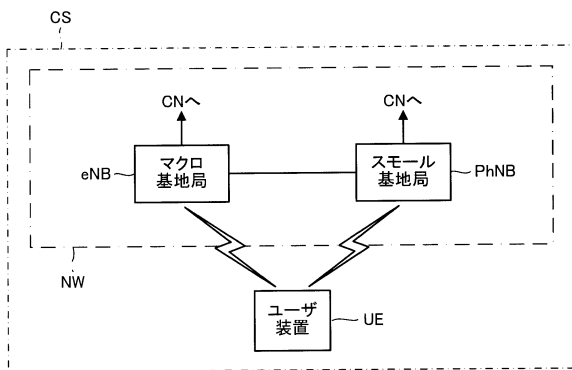
50

【 0 0 9 8 】

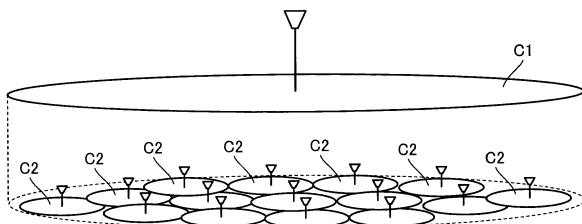
U E ユーザ装置、 1 1 0 無線通信部、 1 2 0 記憶部、 1 3 0 制御部、
 1 3 2 セルサーチ部、 e N B マクロ基地局、 2 1 0 無線通信部、 2 2 0
 ネットワーク通信部、 2 3 0 記憶部、 2 4 0 制御部、 2 4 2 送信部、 2 4 4
 情報通知部、 P h N B スモール基地局、 3 1 0 無線通信部、 3 2 0 ネット
 ワーク通信部、 3 3 0 記憶部、 3 4 0 制御部、 3 4 2 送信部、 3 4 4
 同期検出部、 3 4 6 受信電力測定部、 3 4 8 オフセット値設定部、 C セル、
 C 1 マクロセル、 C 2 スモールセル、 C S 無線通信システム、 F 無線フ
 レーム、 N W ネットワーク、 O V 送信オフセット値、 P C I 物理セル識別子
 、 S F サブフレーム、 S S 同期信号。

10

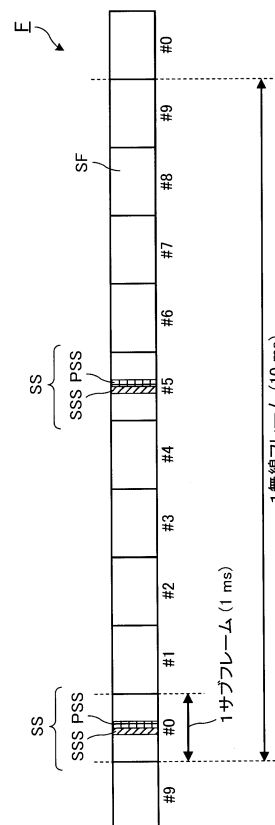
【 図 1 】



【 図 2 】



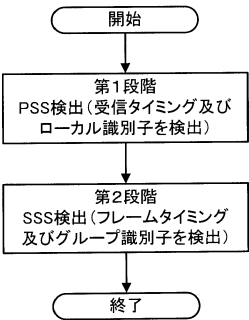
【 図 3 】



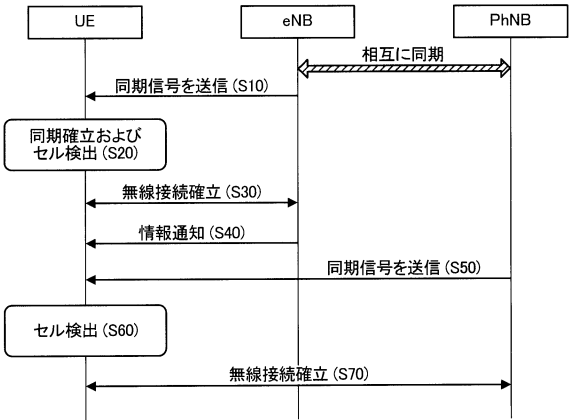
【図 4】

グループ識別子 (SSS)	ローカル識別子 (PSS)
0	0
	1
	2
1	0
	1
	2
2	0
	1
	2
⋮	⋮
167	0
	1
	2

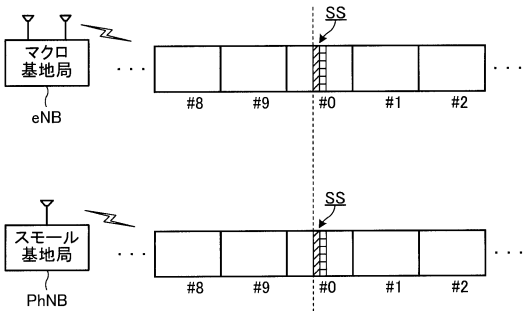
【図 5】



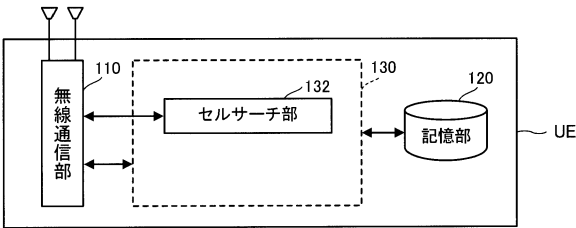
【図 6】



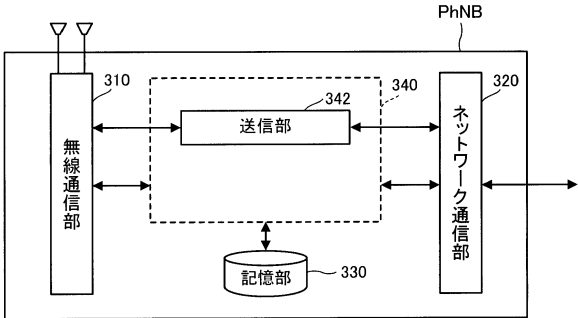
【図 7】



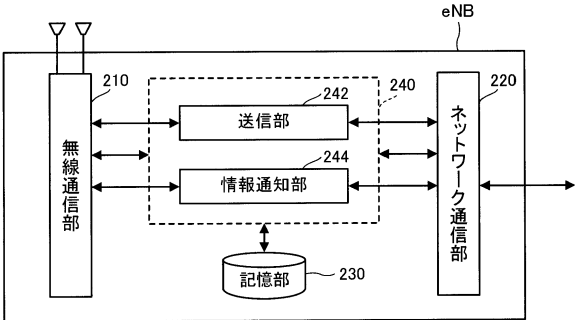
【図 8】



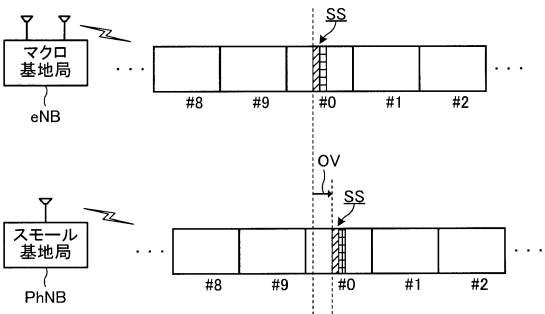
【図 10】



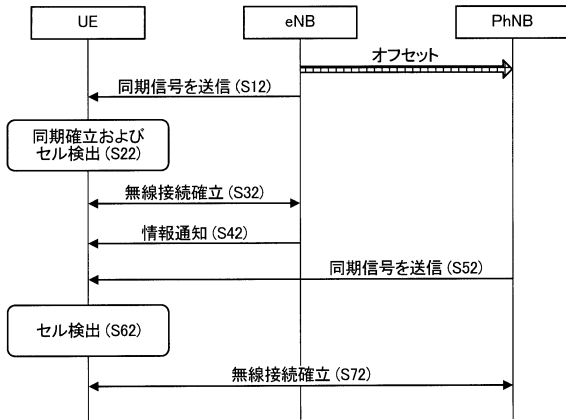
【図 9】



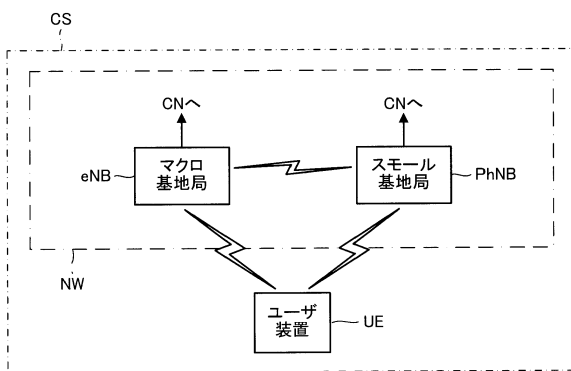
【図 11】



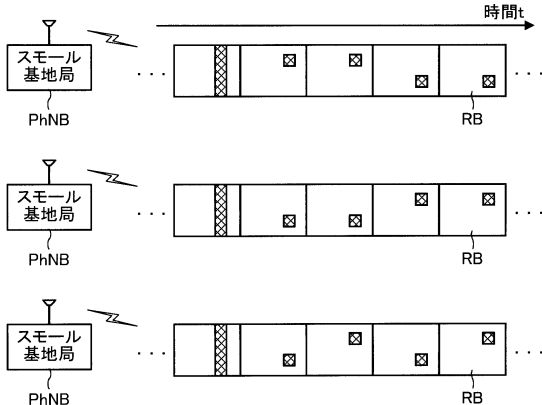
【図 12】



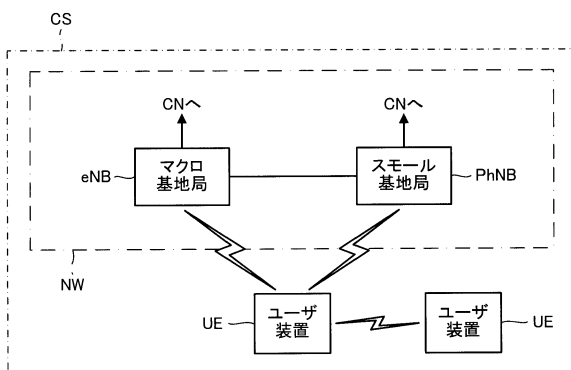
【図 13】



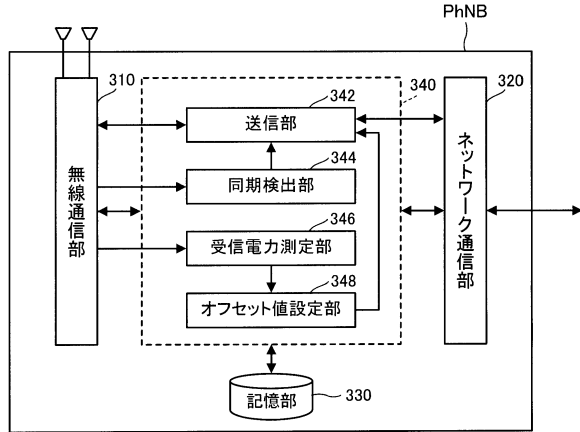
【図 16】



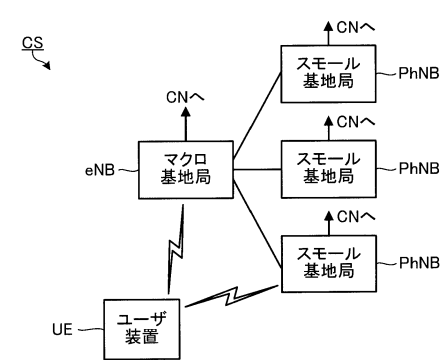
【図 17】



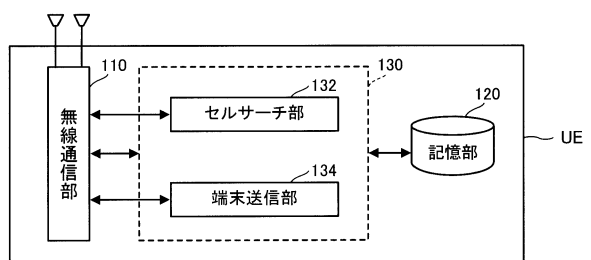
【図 14】



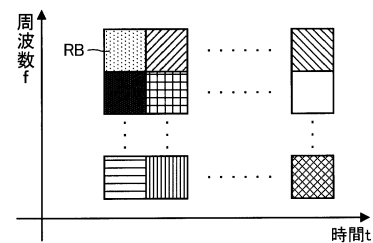
【図 15】



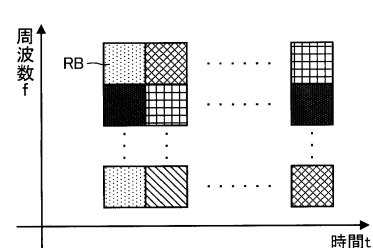
【図 18】



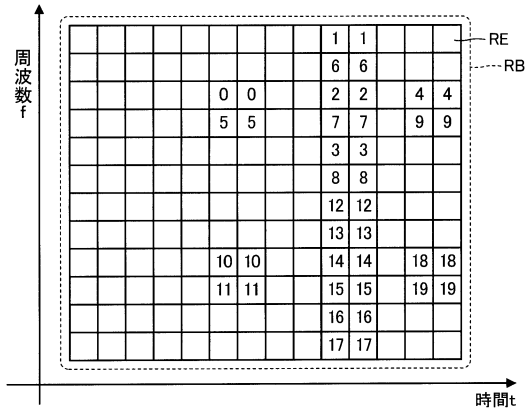
【図 19】



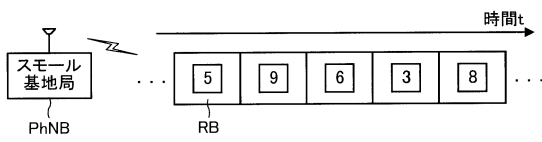
【図 20】



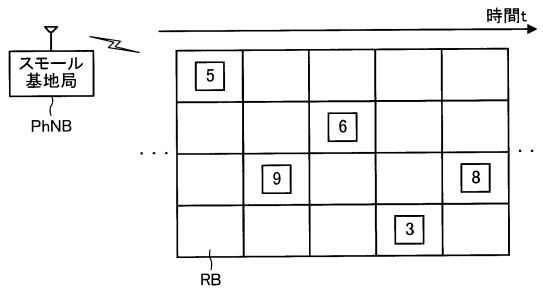
【図 2 1】



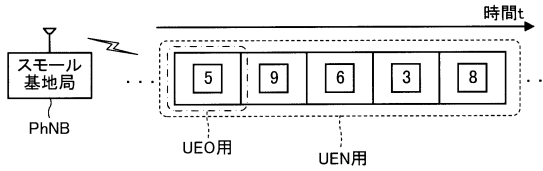
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

(72)発明者 奥村 幸彦

東京都千代田区永田町二丁目 1 1 番 1 号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内

(72)発明者 石井 啓之

アメリカ合衆国、9 4 3 0 4、カリフォルニア州、パロ アルト、ヒルビューアベニュー 3 2 4
0 ドコモイノベーションズ内

審査官 深津 始

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 0 / 0 8 7 1 7 2 (W O , A 1)

特開 2 0 1 0 - 4 5 5 4 5 (J P , A)

特開 2 0 1 2 - 1 9 1 4 4 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 4 W	4 / 0 0	- H 0 4 W	9 9 / 0 0
H 0 4 B	7 / 2 4	- H 0 4 B	7 / 2 6
3 G P P	T S G	R A N	W G 1 - 4
		S A	W G 1 - 2
		C T	W G 1