(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6442805号
(P6442805)

(45)発行日　平成30年12月26日(2018.12.26)　(24)登録日　平成30年12月7日(2018.12.7)

| (51)Int.Cl. | | F I | | |
|---|---|---|---|---|
| H04W 36/04 | (2009.01) | H04W | 36/04 | |
| H04W 16/32 | (2009.01) | H04W | 16/32 | |
| H04W 72/04 | (2009.01) | H04W | 72/04 | 111 |
| H04W 92/20 | (2009.01) | H04W | 92/20 | |

請求項の数 12　(全 33 頁)

(21)出願番号　特願2016-552743 (P2016-552743)
(86)(22)出願日　平成26年10月8日 (2014.10.8)
(86)国際出願番号　PCT/JP2014/076916
(87)国際公開番号　WO2016/056075
(87)国際公開日　平成28年4月14日 (2016.4.14)
審査請求日　平成29年3月30日 (2017.3.30)

(73)特許権者　318012780
富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中四丁目１番１号
(74)代理人　100113608
弁理士　平川　明
(74)代理人　100105407
弁理士　高田　大輔
(74)代理人　100175190
弁理士　大竹　裕明
(72)発明者　太田　好明
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】無線通信システム、無線基地局、移動局、及び、無線通信制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複数の無線基地局と、
移動局と、を備え、
前記移動局は、
当該移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、前記複数の無線基地局と無線通信する第１通信回路と、
前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する第１制御部と、
を備え、
前記無線基地局は、
前記無線基地局が、前記制御プレーンと、前記移動局との前記複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線リソースを用いて前記移動局と無線通信する第２通信回路と、
前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記

他の無線基地局との間の前記接続を制御する第２制御部と、
を備える、無線通信システム。
【請求項２】
前記無線基地局は、
前記移動局の前記他の無線基地局へのハンドオーバの決定に応じて、前記他の無線基地局に対して前記制御プレーンの使用許可を示す情報を送信し、
前記他の無線基地局は、
前記使用許可を示す情報の受信に応じて、前記制御プレーンにて前記移動局との間の接続を制御する、請求項１に記載の無線通信システム。
【請求項３】
前記使用許可を示す情報は、前記他の無線基地局に対して前記ハンドオーバを要求するハンドオーバリクエストに含められる、請求項２に記載の無線通信システム。
【請求項４】
前記移動局との間の接続の制御は、前記他の無線基地局が、前記移動局宛に前記制御プレーンにてハンドオーバコマンドを送信する制御を含む、請求項２又は３に記載の無線通信システム。
【請求項５】
前記使用許可を示す情報は、前記無線基地局が前記移動局との間の無線リンクの品質低下を検出してから前記無線リンクに障害が発生したと判定するまでのフェーズにおいて、前記他の無線基地局へ送信される、請求項２～４のいずれか１項に記載の無線通信システム。
【請求項６】
前記無線基地局は、
前記移動局の前記他の無線基地局へのハンドオーバの決定に応じて、前記第２の無線基地局に対して前記移動局のコンテキスト情報を送信し、
前記他の無線基地局は、
前記コンテキスト情報の受信に応じて、前記制御プレーンにて前記移動局との間の接続を制御する、請求項１に記載の無線通信システム。
【請求項７】
前記コンテキスト情報は、前記他の無線基地局に対して前記ハンドオーバを要求するハンドオーバリクエストに含められる、請求項６に記載の無線通信システム。
【請求項８】
前記移動局との間の接続の制御は、前記移動局が、前記他の無線基地局に前記制御プレーンの接続を要求するメッセージを送信する制御を含む、請求項６又は７に記載の無線通信システム。
【請求項９】
前記コンテキスト情報は、前記無線基地局が前記移動局との間の無線リンクの品質低下を検出してから前記無線リンクに障害が発生したと判定するまでのフェーズにおいて、前記他の無線基地局へ送信される、請求項６～８のいずれか１項に記載の無線通信システム。
【請求項１０】
無線基地局が、制御プレーンと、移動局との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、前記移動局と無線通信を行なう通信部と、
前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の無線基地局の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する制御部と、
を備えた、無線基地局。

【請求項１１】
移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、複数の無線基地局と無線通信する通信部と、
前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する制御部と、
を備えた、移動局。
【請求項１２】
移動局は、当該移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、複数の無線基地局と無線通信し、
前記移動局は、前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御し、
前記無線基地局は、前記無線基地局が、前記制御プレーンと、前記移動局との前記複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線リソースを用いて前記移動局と無線通信し、
前記無線基地局は、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記他の無線基地局との間の前記接続を制御する、無線通信制御方法。
【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、無線基地局、移動局、及び、無線通信制御方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
3GPP LTE（3rd Generation Partnership Project Radio Access Network Long Term Evolution）では、マクロセルの他にスモールセルを活用してシステム容量の増大を図る技術に関する議論が行なわれている。「セル」は、無線基地局が送信する無線電波の到達可能範囲（カバレッジ）に応じて形成される無線エリアの一例である。セル内に位置する移動局等の無線機器が、当該セルを形成する無線基地局と無線通信が可能である。
【０００３】
セルは、カバレッジの大きさに応じて呼称が異なってよい。カバレッジの大きさは、無線基地局の最大送信電力の相違によって異なると捉えてよい。例えば、上記の「マクロセル」は、「スモールセル」よりもカバレッジが大きいセルである。
【０００４】
3GPP LTE-Advanced（LTE-A）では、マクロセルに対して１又は複数のスモールセルが重畳的に配置（「オーバーレイ配置」と称してもよい。）される態様の無線通信システムが検討されている。このような態様の無線通信システム（「無線ネットワーク」と称してもよい。）は、「ヘテロジニアスネットワーク」と称されてもよい。
【０００５】
ヘテロジニアスネットワークでは、移動局がマクロセル及びスモールセルの双方に接続して通信する技術が検討されている。また、移動局が異なる２つのスモールセルにそれぞれ接続して通信する技術も検討されている。このように、移動局が２つの異なるセルにそ

れぞれ接続して通信する態様は、２元接続（Dual Connectivity：ＤＣ）と呼ばれることがある。

【０００６】

移動局がマクロセル及びスモールセルの双方に接続する２元接続では、伝送路（「パス」と称してよい。）の設定やハンドオーバ（ＨＯ）の制御等のレイヤ３の制御情報を含む制御プレーンの信号は、例えば、マクロセルを形成する基地局との間で送受信される。一方、ユーザデータを含むデータプレーンの信号は、例えば、マクロセルを形成する基地局及びスモールセルを形成する基地局の双方との間で送受信される。

【０００７】

制御プレーンは、コントロールプレーン（Ｃプレーン）又はＳＲＢ（Signaling Radio Bearer）等と称されてもよい。また、データプレーンは、ユーザプレーン（Ｕプレーン）又はＤＲＢ（Data Radio Bearer）等と称されてもよい。

【０００８】

制御プレーンが接続される基地局は、「プライマリ基地局」と称されてよい。プライマリ基地局と協調して通信しデータプレーンが接続される基地局は、「セカンダリ基地局」と称されてよい。

【０００９】

プライマリ基地局及びセカンダリ基地局は、それぞれ、「アンカー基地局」及び「アシスティング基地局」、あるいは、「マスター基地局」及び「スレーブ基地局」と称されることもある。なお、ＬＴＥ－Ａの最新動向では、「マスター基地局」及び「セカンダリ基地局」の呼称が用いられている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【００１０】

【非特許文献１】3GPP TS36.300 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献２】3GPP TS36.211 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献３】3GPP TS36.212 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献４】3GPP TS36.213 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献５】3GPP TS36.321 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献６】3GPP TS36.322 V11.0.0(2012-09)
【非特許文献７】3GPP TS36.323 V11.2.0(2013-03)
【非特許文献８】3GPP TS36.331 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献９】3GPP TS36.413 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献１０】3GPP TS36.423 V12.0.0(2013-12)
【非特許文献１１】3GPP TR36.842 V12.0.0(2013-12)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

制御プレーンの信号を処理するレイヤの１つにＲＲＣ（Radio Resource Control）レイヤがある。ＲＲＣレイヤは、２元接続を行なう場合、マスター基地局に設けられ、セカンダリ基地局には設けられない場合がある。この場合、ハンドオーバ制御等の、移動局に対する各種制御は、マスター基地局（マクロセル）によって一元的に実施される。

【００１２】

したがって、例えば、ハンドオーバ制御は、マスター基地局間（マクロセル間）で実施される。別言すると、移動局は、マクロセル間を移動した時にハンドオーバ制御に関わる制御プレーンの信号をマスター基地局との間で送受信する。更に別言すると、移動局は、同一マクロセル内に位置する間は、セカンダリ基地局（スモールセル）との間で制御プレーンの信号を送受信しない。

【００１３】

これにより、移動局の移動に伴う呼制御切替の頻度を低減できる。呼制御切替は、「パ

ススイッチ」と称してよく、例えば、ハンドオーバ元の基地局を経由するパスからハンドオーバ先の基地局を経由するパスへの切替制御と捉えてよい。パススイッチは、ハンドオーバ元及びハンドオーバ先の各基地局を収容するコア網に対するシグナリングを伴う。

【００１４】

コア網には、ＭＭＥ（Mobility Management Entity）や、ＳＧＷ（Serving Gateway）等が含まれてよい。ＭＭＥは、制御プレーンの信号を処理し、ＳＧＷは、ユーザプレーンの信号を処理する。

【００１５】

ＭＭＥがパススイッチのシグナリングを受信すると、ＳＧＷと連携して、制御プレーン及びユーザプレーンの接続先切替を実施する。したがって、呼制御切替（パススイッチ）の頻度を低減できることは、コア網に対するシグナリングを削減できることを意味すると捉えてよい。

【００１６】

しかしながら、マクロセルによるＲＲＣレイヤの一元的な制御では、移動局がハンドオーバ先としてセカンダリ基地局（スモールセル）を利用できる環境にあっても、ハンドオーバ先として別のマクロセル（マスター基地局）に再接続せざるを得ない。別言すると、スモールセルを有効利用できないために、無線通信の性能や特性が低下する場合がある。

【００１７】

１つの側面では、本発明の目的の１つは、無線通信の性能や特性を向上することにある。

【課題を解決するための手段】

【００１８】

１つの側面において、無線通信システムは、複数の無線基地局と、移動局と、を備え、前記移動局は、当該移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、前記複数の無線基地局と無線通信する第１通信回路と、前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する第１制御部と、を備え、前記無線基地局は、前記無線基地局が、前記制御プレーンと、前記移動局との前記複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線リソースを用いて前記移動局と無線通信する第２通信回路と、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記他の無線基地局との間の前記接続を制御する第２制御部と、を備える。

【００１９】

また、１つの側面において、無線基地局は、無線基地局が、制御プレーンと、移動局との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、前記移動局と無線通信を行なう通信部と、前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の無線基地局の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する制御部と、を備える。

【００２１】

また、１つの側面において、移動局は、移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、複数の無線基地局と無線通信する通信部と

、前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御する制御部と、を備える。

【００２２】

更に、１つの側面において、無線通信制御方法は、移動局が、当該移動局が、無線基地局との制御プレーンと、前記無線基地局及び他の無線基地局の両方との複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線基地局及びネットワークインタフェースを経由して接続される前記他の無線基地局によって提供される無線リソースを用いて、複数の無線基地局と無線通信し、前記移動局が、前記移動局と前記他の無線基地局との間の他の制御プレーンの制御メッセージが、前記移動局と前記他の基地局との間で直接に送信され、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の制御プレーンによって、前記移動局と前記他の無線基地局との間の接続を制御し、前記無線基地局が、前記無線基地局が、前記制御プレーンと、前記移動局との前記複数のユーザプレーンとを確立する場合に、前記無線リソースを用いて前記移動局と無線通信し、前記無線基地局が、前記無線基地局と前記移動局との間の前記制御プレーンが維持されている間に、前記他の無線基地局と前記移動局との間の前記他の制御プレーンを制御して、前記移動局と前記他の無線基地局との間の前記接続を制御する。

【発明の効果】

【００２３】

１つの側面として、無線通信の性能や特性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【００２４】

【図１】第１実施形態に係る無線通信システムの構成例を示す図である。

【図２】図１に例示する無線通信システムにおける多元接続を説明するための図である。

【図３】第１実施形態に係る無線通信システムの他のセル配置例を説明するための図である。

【図４】（Ａ）はマスター基地局にＲＲＣレイヤが集中配置される態様を説明するための図であり、（Ｂ）はマスター基地局とセカンダリ基地局とにＲＲＣレイヤが分散配置される態様を説明するための図である。

【図５】マクロセル間のハンドオーバ失敗例を説明するための図である。

【図６】マクロセル間のハンドオーバが失敗した場合の制御プレーンの再接続を説明するための図である。

【図７】図３に例示する無線通信システムにおいてマスター基地局がハンドオーバコマンドの送信に失敗した場合を模式的に示す図である。

【図８】図３に例示する無線通信システムにおいてマスター基地局がハンドオーバコマンドの送信に失敗した場合の制御プレーンの再接続を説明するための図である。

【図９】図３に例示する無線通信システムにおいて移動局のハンドオーバ先をセカンダリ基地局に設定した場合の動作例をシーケンス図である。

【図１０】第１実施形態に係る無線通信制御を説明するための図である。

【図１１】第１実施形態に係る無線通信制御を説明するための図である。

【図１２】第１実施形態に係る無線通信制御の一例を示すシーケンス図である。

【図１３】３ＧＰＰにおいて規定される無線リンク障害（ＲＬＦ）に関わる第１フェーズ及び第２フェーズを説明するための図である。

【図１４】第１実施形態の第１変形例に係る無線通信制御の一例を示すシーケンス図である。

【図１５】第１実施形態の第２変形例に係る無線通信制御の一例を示すシーケンス図である。

【図１６】第２実施形態に係る無線通信システムの無線通信制御を説明するための図である。

【図１７】第２実施形態の無線通信制御の一例を示すシーケンス図である。
【図１８】第２実施形態の無線通信制御の一例を示すシーケンス図である。
【図１９】図１７との比較例を示すシーケンス図である。
【図２０】各実施形態及び変形例に係る無線通信システムの構成例を示すブロック図である。
【図２１】無線基地局のハードウェア構成例を示すブロック図である。
【図２２】移動局のハードウェア構成例を示すブロック図である。
【図２３】実施形態の概要を説明すべくシステム構成例を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。ただし、以下に説明する実施形態は、あくまでも例示であり、以下に明示しない種々の変形や技術の適用を排除する意図はない。また、以下に説明する各実施形態は、適宜に組み合わせて実施しても構わない。なお、以下の実施形態で用いる図面において、同一符号を付した部分は、特に断らない限り、同一若しくは同様の部分を表す。
【００２６】
（概要）
図２３に、本実施形態におけるシステム構成例を示す。図２３に例示するシステムは、例示的に、装置＃１～＃４を備える。「セル」は、該当装置によって形成（あるいは提供）される無線通信可能なエリアの一例である。
【００２７】
例えば、セル＃１は、装置＃１によって提供され、セル＃２は、装置＃２によって提供され、セル＃３は、装置＃３によって提供されてよい。同一装置によって複数のセルが形成される場合は、当該セルを「セクタ」と呼称してもよい。例えば図２３において、セル＃２が装置＃１によって形成される場合、セル＃２は、セクタ＃２と呼称してよい。
本実施形態において、装置＃１の一例である第１無線局は、装置＃３の一例である第３無線局の制御プレーン（Ｃプレーン、コントロールプレーン）を制御してよい。装置＃４は、移動可能な無線局（第４無線局）であってよい。装置＃４の移動に伴って制御プレーンの制御が実施されてよい。
【００２８】
当該制御の１つの方法の一例として、第１無線局＃１が第３無線局＃３に対し制御プレーンに関する第１情報を送信することによって、第３無線局＃３の制御プレーンを制御してよい。
【００２９】
第１情報を受信した第３無線局＃３は、第４無線局＃４の移動（モビリティ）を制御するための制御信号を送信してよい。このように、当該制御信号よって、第４無線局＃４が接続する無線局を制御することができる。当該制御の具体例については、後述する第１実施形態にて説明する。
【００３０】
制御の別の方法として、第１無線局＃１が第３無線局＃３に対し制御プレーンに関する第２情報を送信することによって、第３無線局の制御プレーンを制御してよい。第３情報を受信した第３無線局＃３は、第２無線局＃２に対して第４無線局＃４の移動を制御する第４情報を送信してよい。このように、第４情報によって、第４無線局＃４が接続する無線局を制御することができる。当該制御の具体例については、後述する第２実施形態にて説明する。
【００３１】
以上のような制御によって、例えば、第４無線局の移動に伴う通信の性能や特性の劣化を抑制して、当該通信の性能や特性を向上できる。
【００３２】
（第１実施形態）

図１は、第１実施形態に係る無線通信システムの構成例を示す図である。図１に示す無線通信システム１０は、例示的に、無線基地局１００－１及び１００－２と、無線基地局２００と、移動局３００と、コア網４００と、を備える。なお、本実施形態は、「概要」で説明した内容を具象化した例として捉えてもよく、したがって、「概要」で説明した内容と組み合わせて実施できることは無論のことである。

【００３３】

無線基地局１００－１及び１００－２は、それぞれ例示的に、無線エリアの一例であるマクロセル１０１－１及び１０１－２を形成する。なお、無線基地局１００－１及び１００－２を区別しない場合には、「無線基地局１００」と表記する。同様に、マクロセル１０１－１及び１０１－２を区別しない場合には、「マクロセル１０１」と表記する。マクロセル１０１は、非限定的な一例として、カバレッジ半径が１～数十ｋｍのセルであってよい。なお、ＬＴＥでは、仕様上、約１００ｋｍのセル半径をカバーできる。

【００３４】

マクロセル１０１を形成する無線基地局１００は、第１の無線基地局の一例であり、「マクロ基地局１００」と称してよい。マクロ基地局１００は、「マスター基地局１００」と称してもよく、例示的に、ｅＮＢ（evolved Node B）であってよい。マスター基地局１００としてのｅＮＢは、「ＭｅＮＢ」と称してよい。図１では、例示的に、マスター基地局１００－１を「ＭｅＮＢ＃１」と表記し、マスター基地局１００－２を「ＭｅＮＢ＃２」と表記している。

【００３５】

マクロセル１０１の一方又は双方には、１又は複数の無線基地局２００が設置（オーバーレイ配置）されてよい。無線基地局２００は、例示的に、スモールセル２０１を形成する。スモールセル２０１には、マクロセル１０１よりもカバレッジの小さい、「フェムトセル」、「ピコセル」、「マイクロセル」、「メトロセル」等と称されるセルが含まれてよい。

【００３６】

スモールセル２０１を形成する無線基地局２００は、第２の無線基地局の一例であり、「スモール基地局２００」と称してよい。スモール基地局２００は、マスター基地局１００に対する「セカンダリ基地局２００」と称してもよく、例示的に、ｅＮＢであってよい。セカンダリ基地局２００としてのｅＮＢは、「ＳｅＮＢ」と称してよい。なお、図１には、マクロセル１０１－１及び１０１－２の双方に、同数のスモールセル２０１が配置された様子を例示しているが、マクロセル１０１間で、スモールセル２０１の配置数は異なっていてもよい。

【００３７】

マスター基地局１００及びセカンダリ基地局２００は、それぞれ、コア網４００に通信可能に接続されてよい。当該接続は、例示的に、有線接続であってよい。ただし、無線接続が排除されるわけではない。当該有線接続には、例示的に、Ｓ１インタフェースを用いてよい。なお、コア網４００には、ＭＭＥやＳＧＷが含まれてよい。そのため、コア網４００を便宜的に「ＭＭＥ／ＳＧＷ４００」と表記することがある。

【００３８】

マスター基地局１００同士、及び、マスター基地局１００とセカンダリ基地局２００とは、それぞれ、通信可能に接続されてよい。当該接続は、例示的に、有線接続であってよい。ただし、無線接続が排除されるわけではない。当該有線接続には、例示的に、Ｘ２インタフェースを用いてよい。Ｘ２インタフェースは、基地局間通信インタフェースの一例である。

【００３９】

移動局３００は、マクロセル１０１においてマクロ基地局１００との間で無線通信することが可能であり、スモールセル２０１においてスモール基地局２００と無線通信することが可能である。移動局３００は、ＵＥ（User Equipment）３００と称されてもよい。「無線通信」は、無線リンクを介した通信と捉えてよい。「無線リンク」は、「無線ベアラ

」と称してもよい。ＵＥ３００は、その位置によっては、マクロ基地局１００及びスモール基地局２００の双方と２元接続により無線通信することが可能である。

【００４０】

図２に例示するように、２元接続では、ＵＥ３００は、実線矢印Ｃで表される制御プレーンと、点線矢印Ｕで表されるユーザプレーンと、を含む無線リンクによって、マクロ基地局（マスター基地局）１００と接続されてよい。また、ＵＥ３００は、点線矢印Ｕで表されるユーザプレーンを含む無線リンクによって、スモール基地局（セカンダリ基地局）２００と接続されてよい。

【００４１】

別言すると、ＵＥ３００は、マスター基地局１００及びセカンダリ基地局２００の双方とそれぞれユーザプレーンによって接続され、各ユーザプレーンに対して共通の制御プレーンによって、マスター基地局１００と接続されてよい。

【００４２】

なお、ＵＥ３００が異なるスモールセル２０１にそれぞれ接続する場合、例えば、制御プレーンの信号は、いずれか１つのスモール基地局２００との間で送受信され、データプレーンの信号は、他のスモール基地局２００との間で送受信されてよい。データプレーンの信号は、制御プレーンの信号を送受信するスモール基地局２００を含む複数のスモール基地局２００との間で送受信されてもよい。

【００４３】

また、図１及び図２には、スモールセル２０１のカバレッジ全体がマクロセル１０１内に包含される配置を例示しているが、カバレッジが部分的にマクロセル１０１に包含されるスモールセル２０１が存在していてもよい。例えば図３に示すように、マクロセル１０１－１及び１０１－２の境界にスモールセル２０１が配置されてもよい。

【００４４】

ただし、無線エリアは、本例には限られない。例えば、マクロセル１０１－１及びマクロセル１０１－２は、図３の例では、それぞれ、物理的に別々の基地局１００－１及び１００－２によって形成されているが、物理的に１つの基地局によって形成されてもよい。この場合、「セル」という呼称を使うことは可能であるが、「セクタ」という呼称を使う方が直感的かもしれない。

【００４５】

ここで、図３に実線矢印で示すように、マクロセル１０１－１に位置するＵＥ３００がスモールセル２０１を経由して別のマクロセル１０１－２に移動するケースを想定する。また、図４（Ａ）に例示するように、制御プレーンを処理するＲＲＣレイヤが、マスター基地局１００及びセカンダリ基地局２００のうちマスター基地局１００に限って備えられるケースを想定する。

【００４６】

ただし、セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤを処理する機能を具備しないわけではない。別言すると、セカンダリ基地局２００には、ＲＲＣレイヤを処理する機能が実装されてはいるものの、ＲＲＣレイヤの処理は機能しない状態にある。

【００４７】

例えば、セカンダリ基地局２００は、マスター基地局１００から、多元接続の設定や再設定に関わるＲＲＣシグナリングを受信する場合があり、また、自局２００からマスター基地局１００にＲＲＣシグナリングを送信する場合がある。ＲＲＣシグナリングは、「Ｘ２メッセージ」と呼称されるメッセージとして送信されてよく、当該メッセージは、Ｉｎｔｅｒ－ｎｏｄｅ　ＲＲＣメッセージ等と呼称してよい。

【００４８】

上述のようにＲＲＣレイヤの処理が機能しない状態を、ＲＲＣレイヤの「停止状態」、「禁止状態」、「ディゼーブル状態」あるいは「スリープ状態」等と称してよい。

【００４９】

別言すると、セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤの処理能力を潜在的に有してい

るが、その能力が停止、禁止、ディゼーブルあるいはスリープされている、と捉えてよい。ＲＲＣレイヤがマスター基地局１００に一元的に配置されることは、セカンダリ基地局２００が、このような状態に設定されていると捉えてよい。

【００５０】

なお、図４（Ｂ）は、ＲＲＣレイヤの別の配置例を示しており、ＲＲＣレイヤがマスター基地局１００及びセカンダリ基地局２００の双方に「アンカーＲＲＣ」及び「アシスティングＲＲＣ」として配置される例を示している。ただし、当該配置例は、３ＧＰＰにおいて採用候補にはなったが最終的に採用されなかった配置例である。

【００５１】

図３及び図４（Ａ）の例において、マスター基地局１００とＵＥ３００との間に無線リンク障害（Radio Link Failure：ＲＬＦ）が生じたとする。ＲＬＦは、マスター基地局１００－１がＵＥ３００の移動に追従できずにハンドオーバコマンドの送信に失敗したり、マスター基地局１００とＵＥ３００との間の無線リンク品質がシャドウイング等によって突然悪化したりすると生じ得る。

【００５２】

ＲＬＦが生じると、ＵＥ３００は、自身が主体となって自律的に、接続可能なマスター基地局１００を探索して制御プレーンの接続（別言すると、ＲＲＣレイヤの再接続）を試行する。

【００５３】

例えば図５に示すように、ＵＥ３００が、マクロセル１０１－１から別のマクロセル１０１－２に高速移動したために、マスター基地局１００－１がハンドオーバ（ＨＯ）コマンドの送信に失敗したとする。

【００５４】

すると、図６の（１）及び（２）に例示するように、ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１との間の無線リンク品質が劣化して、制御プレーン及びユーザプレーンによる通信の双方が不能になり（点線矢印参照）、ＲＬＦが生じる。

【００５５】

ＲＬＦが生じると、図６の（３）に例示するように、それまでに設定、確立されていた制御プレーン及びユーザプレーンがすべて解放された状態となる。その後、図６の（４）に例示するように、ＵＥ３００は、マクロセル１０１－２の無線電波が受信可能な位置に移動すると、マスター基地局１００－２に対してＲＲＣレイヤの再接続を試行し、制御プレーンを再確立する。制御プレーンが再確立すると、ユーザプレーンを確立できるようになる。

【００５６】

図２に例示したように、ＵＥ３００がマクロセル１０１及びスモールセル２０１の双方に２元接続した状態で、図７に例示するように、マスター基地局１００－１がＵＥ３００の移動に追従できずにＨＯコマンドの送信に失敗した場合も同様である。

【００５７】

例えば、図８の（１）に例示するように、ＵＥ３００がマスター基地局１００－１及びセカンダリ基地局１００－２の双方に２元接続して制御プレーン（Ｃ）及びユーザプレーン（Ｕ）の通信を行なっているとする。

【００５８】

なお、図８の（１）において、ユーザプレーンは、マスター基地局１００－１において分岐されて、一方はダイレクトにＵＥ３００と接続され、他方はセカンダリ基地局１００－２経由で当該ＵＥ３００と接続される。分岐されたユーザプレーンは、「スプリットベアラ」と称されてもよい。また、マスター基地局１００を経由するスプリットベアラは、「マスターベアラ（ＭＢ）」と称してよく、セカンダリ基地局２００を経由するスプリットベアラは、「セカンダリベアラ（ＳＢ）」と称してよい。

【００５９】

ユーザプレーンの分岐は、例えば、ＰＤＣＰ（Packet Data Convergence Protocol）レ

イヤの前段でもよいし、ＰＤＣＰレイヤとＲＬＣ（Radio Link Control）レイヤとの間でもよいし、ＲＬＣレイヤとＭＡＣ（Medium Access Control）レイヤとの間でもよい。ただし、これらに限らず、いずれのレイヤにおいてユーザプレーンを分岐してもよい。

【００６０】

さて、上述のような２元接続による通信状態において、図７に例示するように、ＵＥ３００が、マクロセル１０１－１及び１０１－２の境界付近へ高速移動したとする。すると、図８の（２）に示すように、ＵＥ３００とマスター基地局１００－１との間の無線リンク品質が急激に劣化する。

【００６１】

ここで、マスター基地局１００－１が移動局３００に対するＨＯコマンドの送信に失敗すると、最終的に、ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１との間の無線リンクを維持できず、制御プレーン及びユーザプレーン共に通信が不能な状態となる。

【００６２】

通信不能に陥る前に、図７に例示するようにＵＥ３００がスモールセル２０１内に位置していれば、制御プレーンをセカンダリ基地局２００に引き継ぐことで、ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００を介してユーザプレーンの通信を継続できそうである。

【００６３】

しかし、ＲＲＣレイヤが、図４（Ａ）に例示したようにマスター基地局１００に一元的に配置され、セカンダリ基地局２００のＲＲＣレイヤが機能しない状態にあると、セカンダリ基地局２００へ制御プレーンを引き継げない。

【００６４】

結果的に、マスター基地局１００－１は、図８の（３）に例示するように、ＵＥ３００とは通信不能と判断して、ＵＥ３００との間に２元接続で確立していた無線ベアラの設定等をすべて解放してしまう。また、当該解放に伴ってＵＥ３００宛のデータはすべて廃棄される。

【００６５】

その後、図８の（４）に例示するように、ＵＥ３００が、マクロセル１０１－２の無線電波が受信可能な位置に移動すると、マスター基地局１００－２に対してＲＲＣレイヤの再接続を試行し、制御プレーンを再確立することができるようになる。制御プレーンが再確立すると、ユーザプレーンを確立できるようになる。

【００６６】

ここで、ＵＥ３００のハンドオーバ先を、マスター基地局１００－２ではなくセカンダリ基地局２００に設定すれば、ＨＯの失敗率を低減できそうであるが、コア網４００へのパススイッチのシグナリングが生じる。その一例を図９に示す。

【００６７】

図９に例示するように、コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００からＵＥ３００宛のデータが、２元接続により、マスター基地局１００－１経由のＭＢ、及び、セカンダリ基地局１００－２経由のＳＢの双方を介して送信されているとする（処理Ｐ１０１）。

【００６８】

かかる状態において、マスター基地局１００－１が、ＵＥ３００との無線リンクの劣化を検出してハンドオーバの実行を決定すると、セカンダリ基地局２００へＨＯリクエスト（HO REQ）を送信する（処理Ｐ１０２）。

【００６９】

セカンダリ基地局２００は、ＨＯリクエストを受信すると、ＨＯ先基地局としてＵＥ３００との通信に必要な設定等のＨＯの準備を実施する。「ＨＯ先基地局」は、「ターゲット基地局」と称されてもよい。ＨＯの準備が完了すると、セカンダリ基地局２００は、ＨＯレスポンス（HO RES）を、ＨＯ元基地局であるマスター基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ１０３）。「ＨＯ元基地局」は、「ソース基地局」と称されてもよい。ＨＯレスポンスには、ＵＥ３００がターゲット基地局２００を識別する情報要素が含まれてよい。

【００７０】

マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００からＨＯレスポンスを受信すると、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ１０４）。ＨＯコマンドには、ＲＲＣリコンフィグレーション（RRC REC）メッセージを用いてよい。ＲＲＣリコンフィグレーションメッセージには、モビリティコントロールインフォメーション（ＭＣＩ）が含まれてよい。ＭＣＩには、ターゲット基地局２００を識別する情報要素が含まれてよい。

【００７１】

ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１からＨＯコマンドを受信すると、ターゲット基地局であるセカンダリ基地局２００宛にＨＯ完了（RRC CMP）メッセージを送信する（処理Ｐ１０５）。

【００７２】

セカンダリ基地局２００は、移動局３００からＨＯ完了メッセージを受信すると、コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００宛にパススイッチ要求を送信（シグナリング）する（処理Ｐ１０６）。

【００７３】

ＭＭＥ／ＳＧＷ４００は、セカンダリ基地局２００からパススイッチのシグナリングを受信すると、それまでマスター基地局１００－１と接続していたＭＢの接続をセカンダリ基地局２００に切り替える。ＭＭＥ／ＳＧＷ４００は、パススイッチの完了に応じてパススイッチの確認応答メッセージ（Path SW ACK）をセカンダリ基地局２００宛に送信する（処理Ｐ１０７）。

【００７４】

これにより、以降、ＵＥ３００宛のデータは、セカンダリ基地局２００経由のＭＢ及びＳＢにてＵＥ３００へ送信される（処理Ｐ１０８）。

【００７５】

このように、ＵＥ３００のハンドオーバ先をセカンダリ基地局２００に設定して、ＵＥ３００をマスター基地局１００－１からセカンダリ基地局２００に単純にＨＯさせると、コア網４００との間でパススイッチに関わる信号の送受信が発生する。

【００７６】

そのため、マクロセル１０１にスモールセル２０１が配置される環境であっても、ＨＯの実施はマクロセル１０１間に限ることで、コア網４００へのシグナリングをできるだけ削減する、という思想にそぐわない（逆行する）。

【００７７】

そこで、本実施形態では、図１０に例示するように、マスター基地局１００が、セカンダリ基地局２００に、ＲＲＣレイヤの使用を一時的あるいは通常のように許可する（処理Ｐ１１）。許可を受けたセカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００との間の制御プレーンの信号を処理するＲＲＣレイヤを制御する（処理Ｐ１２）。

【００７８】

したがって、セカンダリ基地局２００は、ハンドオーバ元のマスター基地局１００に代わり、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを（ダイレクトに）送信できる。ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００が送信したＨＯコマンドを受信することができる。

【００７９】

これにより、ＨＯ元のマスター基地局１００は、セカンダリ基地局２００に制御プレーンの処理を引き継ぐことができる。そのため、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００との間の、ユーザプレーンのＳＢを維持したまま、ＵＥ３００との制御プレーン（ＲＲＣ）の再接続を試行できる。また、セカンダリ基地局２００は、コア網４００との間でパススイッチのためのシグナリングを送受信しなくてよい。

【００８０】

例えば図１１の（１）に示すように、ＵＥ３００がマスター基地局１００－１及びセカンダリ基地局１００－２の双方に２元接続して制御プレーン及びユーザプレーンの通信を行なっているとする。

【００８１】

このような２元接続による通信状態において、図１０に例示するように、ＵＥ３００が、マクロセル１０１－１及び１０１－２の境界付近へ高速移動したとする。すると、図１１の（２）に例示するように、ＵＥ３００とマスター基地局１００－１との間の無線リンク品質が急激に劣化する。

【００８２】

マスター基地局１００－１は、ＵＥ３００との間の無線リンク品質の劣化を検出すると、図１１の（３）に例示するように、セカンダリ基地局２００にＲＲＣレイヤの使用を許可して、制御プレーン及びユーザプレーンをセカンダリ基地局２００に引き継ぐ。そして、図１１の（４）に例示するように、ＲＲＣレイヤの使用が許可されたセカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続を制御する。

【００８３】

このように、セカンダリ基地局２００とのユーザプレーンが切断されないため、ＵＥ３００は、マスター基地局１００との無線リンクが切断されても、セカンダリ基地局２００を介してデータ通信の継続が可能である。

【００８４】

したがって、図６や図８に例示したように無線リンク（制御プレーン及びユーザプレーン）を一から接続し直すよりも、データ通信の遅延を低減できる。また、ユーザプレーンのデータの廃棄も防ぐことができる。

【００８５】

更に、セカンダリ基地局２００は、コア網４００へパススイッチのためのシグナリングを送信しなくてよいので、コア網４００へのシグナリングによるオーバヘッドの増加を回避できる。

【００８６】

また、セカンダリ基地局２００（スモールセル２０１）の有効利用を図ることができるので、通信の負荷分散を図ることができ、無線通信システム１０の効率的な運用を実現できる。

【００８７】

総じて、無線通信システム１０の通信の性能や特性を向上できる。

【００８８】

なお、上述した例では、「ＲＲＣレイヤの使用を許可する」との表現を用いたが、「ＲＲＣレイヤを起動（アクティベイト）する」、あるいは「ＲＲＣレイヤを有効化（イネーブル）する」等の表現を用いてもよい。

【００８９】

セカンダリ基地局２００は、許可や起動あるいは有効化を示す制御情報をマスター基地局１００から受信すれば、ＲＲＣレイヤの処理を開始してＵＥ３００との制御プレーンの接続制御を開始してよい。

【００９０】

次に、図１０及び図１１を用いて上述した処理を実現するシーケンスの一例を図１２に示す。図１２に例示するように、コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００からＵＥ３００宛のデータが、２元接続により、マスター基地局１００－１経由のＭＢ、及び、セカンダリ基地局１００－２経由のＳＢの双方を介して送信されているとする（処理Ｐ２１）。

【００９１】

かかる状態において、マスター基地局１００－１が、ＵＥ３００との間の無線リンク品質の劣化を検出し（処理Ｐ２２）、ＨＯの実行を決定すると、セカンダリ基地局２００へＨＯリクエスト（HO REQ）を送信する（処理Ｐ２３）。なお、無線リンク品質の劣化は、所定の品質閾値との比較で検出されてよい。無線リンク品質の劣化は、無線リンクの不具合（radio problem）と称してもよい。

【００９２】

マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００宛のＨＯリクエストに、ＲＲＣレイヤによる制御プレーンの接続制御を開始してよいことを示す制御情報を含めてよい。

図１２では、当該制御情報を、例示的に、「RRC activation」と表記している。以下、「RRC activation」という明示的な情報が送信されると仮定するが、通常のＨＯリクエストそのものが当該制御情報に相当すると考えてもよい。その場合、ＨＯリクエストに「RRC activation」は付随しない設定としてもよい。

【００９３】

なお、「RRC activation」を示す制御情報は、ＨＯリクエストとは個別にマスター基地局１００からセカンダリ基地局２００へ送信しても構わない。ただし、「RRC activation」を示す制御情報をＨＯリクエストに含めることで、ＨＯの処理遅延を低減できる。

【００９４】

セカンダリ基地局２００は、「RRC activation」を含むＨＯリクエストを受信すると、自局２００がＵＥ３００のＨＯ先基地局（ターゲット基地局）に設定されたことを認識する。また、「RRC activation」を受信することにより、セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤの使用が許可されたことを認識する。

【００９５】

これにより、セカンダリ基地局２００は、ターゲット基地局としてＵＥ３００との通信に必要な設定等のハンドオーバの準備を実施し、また、ＲＲＣレイヤを用いた制御プレーンの接続制御が可能な状態となる。したがって、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００宛にＲＲＣレイヤのメッセージ（例えば、ＨＯコマンド）を送信することが可能な状態となる。

【００９６】

ＨＯの準備が完了すると、セカンダリ基地局２００は、ＨＯレスポンス（HO RES）を、ＨＯ元基地局であるマスター基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ２４）。当該ＨＯレスポンスは、「RRC activation」の受信に対する確認応答メッセージでもあると捉えてよい。あるいは、確認応答メッセージに相当する情報要素をＨＯレスポンスに明示的に含めてもよい。

【００９７】

ＨＯレスポンスの送信後、セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤの処理によって、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ２５）。当該ＨＯコマンドには、ＲＲＣリコンフィグレーション（RRC REC）メッセージを用いてよい。ＲＲＣリコンフィグレーションメッセージには、モビリティコントロールインフォメーション（ＭＣＩ）が含まれてよい。ＭＣＩには、ターゲット基地局であるセカンダリ基地局２００を識別する情報要素が含まれてよい。

【００９８】

ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００が送信したＨＯコマンドの受信に成功すると、セカンダリ基地局２００宛にＲＲＣレイヤの接続完了（RRC CMP）メッセージを送信する（処理Ｐ２６）。なお、ＵＥ３００でのＨＯコマンドの受信成功率を向上するために、セカンダリ基地局２００は、ＨＯコマンドの送信頻度を増やしたり、ＨＯコマンドの送信電力を増加したりしてもよい。

【００９９】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００からＲＲＣレイヤの接続完了メッセージを受信すると、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続（ＲＲＣ接続）が成功する。したがって、セカンダリ基地局２００は、処理Ｐ２１でＳＢを通じてＵＥ３００宛に送信していたデータを、当該ＳＢを維持したまま（切断することなく）、継続してＵＥ３００宛に送信することができる（処理Ｐ２７）。

【０１００】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続が成功すると、ＨＯ元基地局であるマスター基地局１００－１へリソース解放（RES REL）メッセージを送信してよい（処理Ｐ２８）。マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との通信に用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい。

【０１０１】
なお、セカンダリ基地局２００は、自局２００の形成するスモールセル２０１からＵＥ３００が離脱したことを検出すると、使用許可を受けたＲＲＣレイヤの使用を終了してよい。ＵＥ３００のスモールセル２０１からの離脱は、例えば、当該ＵＥ３００からの信号の受信電力が所定の電力閾値を下回ったことを検出することで検出してよい。
【０１０２】
ＵＥ３００のスモールセル２０１からの離脱検出に応じて、セカンダリ基地局２００は、例えば、ＲＲＣレイヤの使用許可を送信したマスター基地局１００にＵＥ３００の離脱の旨を通知してよい。当該通知を受信したマスター基地局１００は、セカンダリ基地局２００に制御情報を送信して、ＲＲＣレイヤの使用を停止、禁止、ディゼーブル、あるいはスリープの状態に制御してよい。
【０１０３】
あるいは、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００の離脱を検出すると、自律的に、ＲＲＣレイヤの使用を停止、禁止、ディゼーブル、あるいはスリープの状態に制御してよい。セカンダリ基地局２００は、自律的にＲＲＣレイヤの状態を制御した旨を、使用許可の送信元であるマスター基地局１００へ送信してよい。
【０１０４】
図１２に例示したＨＯリクエストの送信（処理Ｐ２３）は、例示的に、マスター基地局１００－１においてＵＥ３００との間の無線リンク品質の低下が検出されてから、ＲＬＦが生じたと判定（検出）されるまでの期間において実施されてよい。「無線リンク品質の低下」は、「無線リンクの不具合（radio problem）」と称してもよい。
【０１０５】
当該期間は、３ＧＧＰ（TS36.300 Section 10.1.6）において図１３に例示するように「第１フェーズ」として規定される。第１フェーズには、無線リンクの不具合が検出されてから時間$Ｔ_{1}$をカウントする$Ｔ_{1}$タイマが規定されている。$Ｔ_{1}$タイマが満了してもＲＲＣレイヤの接続がリカバリされなければ、ＲＬＦが検出される。
【０１０６】
$Ｔ_{1}$タイマの満了前に、マスター基地局１００からセカンダリ基地局２００へＲＲＣレイヤの使用許可を示す情報を含むＨＯリクエストが送信されることで、ＵＥ３００は、ＲＬＦ検出前に確実にセカンダリ基地局２００にＨＯすることができる。
【０１０７】
なお、図１３において、ＲＬＦが検出されると、第１フェーズから第２フェーズへの遷移が生じる。第２フェーズには、ＲＬＦが検出されてから時間$Ｔ_{2}$をカウントする$Ｔ_{2}$タイマが規定されている。$Ｔ_{2}$タイマが満了してもＲＲＣレイヤの接続がリカバリされなければ、ＲＲＣレイヤはアイドル状態となる。
【０１０８】
（第１実施形態の第１変形例）
ＵＥ３００は、当該ＵＥ３００のコンテキスト情報（以下「ＵＥコンテキスト」とも称する。）を記憶、管理している無線基地局であれば、当該無線基地局と無線リンクを確立できるので、当該無線基地局にＨＯすることができる。なお、ＵＥコンテキストには、例示的に、ＵＥ３００の識別情報（ＩＤ）や無線基地局とのセキュリティ認証に用いられる情報等が含まれてよい。
【０１０９】
ＵＥコンテキストは、ＵＥ３００が無線基地局と無線リンクを確立して通信を開始するのに最低限必要な情報と捉えてもよい。例えば、ＵＥ３００の通信能力（UE capability、メモリサイズ等）を示す情報がＵＥコンテキストに相当してよい。
【０１１０】
したがって、例えばＵＥ３００のＨＯの決定に応じて、マスター基地局１００がセカンダリ基地局２００へ当該ＵＥ３００のＵＥコンテキストを送信すれば、ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００に対してＲＲＣレイヤ（制御プレーン）の再接続を試行できる。

【０１１１】
図１４に、ＵＥ３００からセカンダリ基地局２００に対してＲＲＣレイヤの再接続を実施するシーケンスの一例を示す。図１４に例示するように、コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００からＵＥ３００宛のデータが、２元接続により、マスター基地局１００－１経由のＭＢ、及び、セカンダリ基地局１００－２経由のＳＢの双方を介して送信されているとする（処理Ｐ３１）。
【０１１２】
かかる状態において、マスター基地局１００－１が、ＵＥ３００との間の無線リンクの不具合を検出し（処理Ｐ３２）、ＨＯの実行を決定すると、セカンダリ基地局２００へＨＯリクエスト（HO REQ）を送信する（処理Ｐ３３）。
【０１１３】
マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００宛のＨＯリクエストに、ＨＯ対象のＵＥ３００のＵＥコンテキストを含めてよい。当該ＨＯリクエストには、ＵＥコンテキストと共に、既述の「RRC activation」を示す制御情報を含めてよい。
【０１１４】
なお、ＵＥコンテキストは、ＨＯリクエストとは個別にマスター基地局１００からセカンダリ基地局２００へ送信しても構わない。ただし、ＵＥコンテキストをＨＯリクエストに含めることで、ＨＯの処理遅延を低減できる。ＵＥコンテキストを含むＨＯリクエストの送信は、図１２の例と同様に、図１３に例示した$T_1$タイマの満了前に実施されてよい。
【０１１５】
セカンダリ基地局２００は、ＵＥコンテキストを含むＨＯリクエストを受信すると、自局２００がＵＥ３００のＨＯ先基地局（ターゲット基地局）に設定されたことを認識する。また、ＵＥコンテキストの受信をもって、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００向けのＲＲＣレイヤの使用が許可されたと認識してよい。
【０１１６】
別言すると、ＵＥコンテキストは、既述の「RRC activation」を示す制御情報と兼用されてよい。ただし、ＵＥコンテキストとは個別に既述の「RRC activation」を示す制御情報が明示的にＨＯリクエストに設定されてもよい。
【０１１７】
ＨＯリクエストの受信に応じて、セカンダリ基地局２００は、ターゲット基地局としてＵＥ３００との通信に必要な設定等のＨＯの準備を実施し、また、ＵＥ３００向けのＲＲＣレイヤを用いた制御プレーンの接続制御が可能な状態になる。したがって、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００から例えばＲＲＣレイヤの接続要求を受信可能な状態となる。
【０１１８】
ＨＯの準備が完了すると、セカンダリ基地局２００は、ＨＯレスポンス（HO RES）を、ＨＯ元基地局であるマスター基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ３４）。当該ＨＯレスポンスは、ＵＥコンテキスト及び「RRC activation」の受信に対する確認応答メッセージでもあると捉えてよい。あるいは、確認応答メッセージに相当する情報要素をＨＯレスポンスに明示的に含めてもよい。
【０１１９】
マスター基地局１００－１は、ＨＯレスポンスをセカンダリ基地局２００から受信すると、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信してよい（処理Ｐ３５）。当該ＨＯコマンドには、ＲＲＣリコンフィグレーション（RRC REC）メッセージを用いてよい。ＲＲＣリコンフィグレーションメッセージには、ＭＣＩが含まれてよい。ＭＣＩには、ターゲット基地局であるセカンダリ基地局２００を識別する情報要素が含まれてよい。
【０１２０】
ここで、ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１が送信したＨＯコマンドの受信に失敗したとする。ＵＥ３００は、例示的に、所定の時間が経過してもＨＯコマンドの受信に

成功しなければ、セカンダリ基地局２００に対して自律的にＲＲＣレイヤの接続を試行してよい。例えば、ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００宛にＲＲＣレイヤ接続要求（RRC CON REQ）メッセージを送信してよい（処理Ｐ３６）。

【０１２１】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥコンテキストを既に受信しているので、当該ＵＥ３００が送信したＲＲＣレイヤ接続要求メッセージを正常に受信できる状態にある。セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤ接続要求メッセージを受信すると、例えば、その確認応答（RRC CON REQ ACK）メッセージをＵＥ３００宛に送信する。ＵＥ３００は、当該確認応答メッセージを受信すると、例えば、ＲＲＣレイヤの接続要求完了（RRC CON REQ CMP）メッセージをセカンダリ基地局２００宛に送信する（処理Ｐ３７）。

【０１２２】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００からＲＲＣレイヤの接続要求完了メッセージを受信すると、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続（ＲＲＣ接続）が成功する。したがって、セカンダリ基地局２００は、処理Ｐ３１でＳＢを通じてＵＥ３００宛に送信していたデータを、当該ＳＢを維持したまま（切断することなく）、継続してＵＥ３００宛に送信することができる（処理Ｐ３８）。

【０１２３】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続が成功すると、ＨＯ元基地局であるマスター基地局１００－１へリソース解放（RES REL）メッセージを送信してよい（処理Ｐ３９）。マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との通信に用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい。

【０１２４】

以上のように、第１変形例によれば、マスター基地局１００－１がＨＯ対象のＵＥ３００のＵＥコンテキストをセカンダリ基地局２００に転送してＵＥ３００向けＲＲＣレイヤの接続制御をセカンダリ基地局２００に許可する。

【０１２５】

したがって、仮にＵＥ３００がマスター基地局１００－１からのＨＯコマンドの受信に失敗しても、ＵＥ３００が自律的（あるいは主導的に）セカンダリ基地局２００に対してＲＲＣレイヤの接続を試行することで、ＲＲＣレイヤの再接続が可能になる。

【０１２６】

なお、セカンダリ基地局２００でのＲＲＣレイヤの接続要求メッセージの受信成功率を向上するために、ＵＥ３００は、当該接続要求メッセージの送信頻度や送信電力を増加してもよい。

【０１２７】

また、ＵＥ３００のスモールセル２０１からの離脱検出に応じて、セカンダリ基地局２００は、例えば、ＲＲＣレイヤのＵＥコンテキストの転送元であるマスター基地局１００にＵＥ３００の離脱の旨を通知してよい。当該通知を受信したマスター基地局１００は、セカンダリ基地局２００に制御情報を送信して、ＲＲＣレイヤの使用を停止、禁止、ディゼーブル、あるいはスリープの状態に制御してよい。

【０１２８】

あるいは、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００の離脱を検出すると、自律的に、ＲＲＣレイヤの使用を停止、禁止、ディゼーブル、あるいはスリープの状態に制御してよい。セカンダリ基地局２００は、自律的にＲＲＣレイヤの状態を制御した旨を、使用許可の送信元であるマスター基地局１００へ送信してよい。

【０１２９】

セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００の離脱検出に応じて、マスター基地局１００から受信したＵＥコンテキストを破棄してよい。ＵＥコンテキストの破棄は、マスター基地局１００からの制御に従って実施されてもよいし、セカンダリ基地局２００が自律的に実施してもよい。

【０１３０】
（第１実施形態の第２変形例）
図１２により上述したシーケンス例と、図１４により上述したシーケンス例と、は組み合わせて実施してよい。別言すると、セカンダリ基地局２００が主導的にＵＥ３００とのＲＲＣレイヤの接続を試行することと、ＵＥ３００が主導的にセカンダリ基地局２００とのＲＲＣレイヤの接続を試行すること、とは、組み合わせて実施してよい。すなわち、第１実施形態と、第１実施形態の第１変形例と、は組み合わせて適用できる、ということである。
【０１３１】
例えば、図１３に例示した$T_1$タイマの期間において、セカンダリ基地局２００が主導的にＲＲＣレイヤの接続を試行し、図１３に例示した$T_2$タイマの期間において、ＵＥ３００が主導的にＲＲＣレイヤの接続を試行することとしてよい。
【０１３２】
図１５に、当該組み合わせのシーケンス例を示す。図１５に例示するように、コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００からＵＥ３００宛のデータが、２元接続により、マスター基地局１００－１経由のＭＢ、及び、セカンダリ基地局１００－２経由のＳＢの双方を介して送信されているとする（処理Ｐ４１）。
【０１３３】
かかる状態において、マスター基地局１００－１が、ＵＥ３００との間の無線リンクの不具合を検出し（処理Ｐ４２）、ハンドオーバの実行を決定すると、セカンダリ基地局２００へＨＯリクエストを送信する（処理Ｐ４３）。
【０１３４】
セカンダリ基地局２００は、マスター基地局１００－１からＨＯリクエストを受信すると、ＨＯレスポンスをマスター基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ４４）。マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００からＨＯレスポンスを受信すると、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ４５）。
【０１３５】
ここで、ＵＥ３００が当該ＨＯコマンドの受信に失敗したとする。マスター基地局１００－１は、ＵＥ３００からＲＲＣレイヤの接続完了メッセージを所定期間に受信できないと、$T_1$タイマの期間において、セカンダリ基地局２００に、再度、ＨＯリクエストを送信する（処理Ｐ４６）。マスター基地局１００－１は、当該ＨＯリクエストに、ＵＥコンテキストを含めてよい。
【０１３６】
セカンダリ基地局２００は、ＵＥコンテキストを含むＨＯリクエストを受信すると、ＵＥ３００向けＲＲＣレイヤの使用が許可されたことを認識する。これにより、セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００向けＲＲＣレイヤを用いた制御プレーンの接続制御が可能な状態となり、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信可能な状態となる。
【０１３７】
セカンダリ基地局２００は、受信したＨＯリクエストに対する確認応答としてＨＯレスポンスをマスター基地局１００－１へ送信し（処理Ｐ４７）、ＵＥ３００向けＲＲＣレイヤの処理によって、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ４８）。
【０１３８】
ここで、当該ＨＯコマンドの受信にＵＥ３００が失敗したため、セカンダリ基地局２００において$T_1$タイマが満了してＲＬＦが検出されたとする。すると、セカンダリ基地局２００は、$T_2$タイマによるカウントを開始する。ＲＬＦの検出に応じて、セカンダリ基地局２００は、マスター基地局１００－１へリソース解放メッセージを送信してよい（処理Ｐ４９）。
【０１３９】
マスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との通信に用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい

。
【０１４０】
一方、ＵＥ３００は、ＲＬＦの検出後の$T_2$タイマの期間において、セカンダリ基地局２００に対してＲＲＣレイヤの再接続を試行してよい。例えば、ＵＥ３００は、セカンダリ基地局２００宛にＲＲＣレイヤ接続要求メッセージを送信してよい（処理Ｐ５０）。
【０１４１】
セカンダリ基地局２００は、ＵＥコンテキストを既に受信しているので、当該ＵＥ３００が送信したＲＲＣレイヤ接続要求メッセージを正常に受信できる状態にある。セカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤ接続要求メッセージを受信すると、例えば、その確認応答（RRC CON REQ ACK）メッセージをＵＥ３００宛に送信する。ＵＥ３００は、当該確認応答メッセージを受信すると、例えば、ＲＲＣレイヤの接続要求完了（RRC CON REQ CMP）メッセージをセカンダリ基地局２００宛に送信する（処理Ｐ５１）。
【０１４２】
セカンダリ基地局２００は、ＵＥ３００からＲＲＣレイヤの接続要求完了メッセージを受信すると、ＵＥ３００との間の制御プレーンの接続（ＲＲＣ接続）が成功する。したがって、セカンダリ基地局２００は、処理Ｐ４１でＳＢを通じてＵＥ３００宛に送信していたデータを、当該ＳＢを維持したまま（切断することなく）、継続してＵＥ３００宛に送信することができる（処理Ｐ５２）。
【０１４３】
以上のように、第２変形例によれば、$T_1$タイマの期間にＵＥ３００がＨＯコマンドの受信に失敗したためにＲＬＦが発生してＲＲＣ接続が解除されてしまっても、ＵＥ３００が主導的にセカンダリ基地局２００との間でＲＲＣレイヤの再接続を試行できる。
【０１４４】
したがって、既述の実施形態及び第１変形例と同様の作用効果が得られるほか、ＵＥ３００とセカンダリ基地局２００との間のＲＲＣレイヤの接続成功率を向上できる。
【０１４５】
なお、上述した処理Ｐ４８で送信されるＨＯコマンドのＵＥ３００での受信成功率を向上するために、セカンダリ基地局２００は、当該ＨＯコマンドの送信頻度や送信電力を増加してよい。
【０１４６】
また、上述した処理Ｐ５０で送信されるＲＲＣレイヤの接続要求メッセージのセカンダリ基地局２００での受信成功率を向上するために、ＵＥ３００は、当該接続要求メッセージの送信頻度や送信電力を増加してよい。
【０１４７】
ＵＥ３００がスモールセル２０１から離脱した場合の処理は、既述の処理と同様でよい。
【０１４８】
また、図１５の例とは逆に、$T_1$タイマの期間において、ＵＥ３００が主導的にＲＲＣレイヤの接続を試行し、$T_2$タイマの期間において、セカンダリ基地局２００が主導的にＲＲＣレイヤの接続を試行するようにしてもよい。
【０１４９】
（第１実施形態の第３変形例）
第１実施形態の第１変形例では、ＵＥコンテキストが、ＨＯの決定に応じて、セカンダリ基地局２００に送信されるものと仮定した。しかし、そもそも多元接続を実施しているということは、セカンダリ基地局２００が既にＵＥコンテキストを保持している、と考えることもできる。
【０１５０】
例えば、多元接続の設定時に、マスター基地局１００は、セカンダリ基地局２００に対してＵＥコンテキストを送信してよい。このような場合は、第１実施形態の第１変形例のようにＨＯリクエストにＵＥコンテキストを含めなくてもよい。

【０１５１】
本第３変形例も、既述の第１実施形態、及び、第１実施形態の第１変形例及び第２変形例のいずれかと組み合わせて作動させることが可能である。
【０１５２】
（第２実施形態）
上述した第１実施形態及び各変形例では、ＵＥ３００のＨＯに伴ってマスター基地局１００からＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が、ＨＯコマンドをＵＥ３００宛にダイレクトに送信する例について説明した。別言すると、ＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が、ＵＥ３００との間のＲＲＣ接続をダイレクトに制御する例について説明した。
【０１５３】
これに対し、第２実施形態では、ＵＥ３００のＨＯに伴ってＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が、主導的に、マスター基地局１００にＵＥ３００宛のＨＯコマンドを送信させる例について説明する。
【０１５４】
別言すると、ＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が、マスター基地局１００を介して間接的にＵＥ３００とのＲＲＣ接続を制御する例について説明する。このようにセカンダリ基地局２００が主体となってＵＥ３００のＨＯを制御する例は、「SeNB initiated handover」と称してよい。
【０１５５】
なお、本第２実施形態は、「概要」で説明した内容を具象化した例の１つとして捉えてもよく、したがって、「概要」で説明した内容と組み合わせて実施できることは無論のことである。また、本第２実施形態は、既述の第１～第３変形例を含む第１実施形態と組み合わせて実施することも可能である。
【０１５６】
例えば、ＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００は、第１実施形態の動作を実施するのか、あるいは、第２実施形態の動作を実施するのか、を判断及び決定し、決定した動作を実施してよい。
【０１５７】
第２実施形態では、例えば図１６に示すように、マクロセル１０１－１及びスモールセル２０１に２元接続（ＤＣ）しているＵＥ３００が、マクロセル１０１－１から別のマクロセル１０１－２へ移動（ＨＯ）することを想定する。
【０１５８】
この場合、ＵＥ３００との間の２元接続のうち、スモールセル２０１とのユーザプレーンの接続は維持したまま、制御プレーンの接続（ＲＲＣ接続）をマクロセル１０１－１からマクロセル１０１－２へ変更する。このような２元接続のＨＯを「ＤＣ－ＨＯ」と称してよい。
【０１５９】
ＤＣ－ＨＯに際して、ソース基地局であるマスター基地局１００－１は、セカンダリ基地局２００に対して、ＤＣ－ＨＯのトリガを与えると共にＲＲＣレイヤの使用を許可する。ＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００は、ＲＲＣレイヤのメッセージをターゲット基地局１００－２との間で送受信できるようになる。したがって、セカンダリ基地局２００は、ターゲット基地局１００－２によるＵＥ３００との間のＲＲＣ接続を制御できるようになる。
【０１６０】
図１７に、第２実施形態に係るＤＣ－ＨＯシーケンスの一例を示す。図１７に例示するように、ＤＣ－ＨＯ実行前では、ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１からＭＢにて制御プレーンの信号を受信し、セカンダリ基地局２００からＳＢにてユーザプレーンの信号を受信している（処理Ｐ５１ａ）。
【０１６１】

その後、ＵＥ３００がマスター基地局１００－１から離れてゆき、別のマクロセル１０１－２へ移動すると、マスター基地局１００－１は、ＤＣ－ＨＯの実行を決定する。すると、マスター基地局１００－１は、ＤＣ－ＨＯのターゲットであるマクロセル１０１－２のマスター基地局１００－２と、セカンダリ基地局２００と、に対してそれぞれＨＯリクエストを送信する（処理Ｐ５２ａ及びＰ５３）。

【０１６２】

当該ＨＯリクエストには、例示的に、ＤＣ－ＨＯのトリガとなる情報（DC=true）と、セカンダリ基地局２００にＲＲＣレイヤの使用を許可する情報（S=init）と、が含められてよい。

【０１６３】

なお、「DC=true」との表記は、ＤＣ－ＨＯのトリガとなる情報の概念的あるいは便宜的な記載であって、当該情報は、実際には、様々な形態をとってよい。その一例として、当該情報は、セカンダリベアラの識別子であったり、対応するコア網の識別子であったり、レイヤ２（Ｌ２）エンティティに関する情報であったり、論理チャネル識別子（ロジカルチャネル識別子）等であってもよい。Ｌ２エンティティの一例としては、ＰＤＣＰエンティティ、ＲＬＣエンティティ、及び、ＭＡＣエンティティ等が挙げられる。

【０１６４】

ＤＣ－ＨＯのターゲット基地局であるマスター基地局１００－２は、ソース基地局１００－１からＨＯリクエスト（DC=true, S=init）を受信すると、自局１００－２がターゲット基地局となることを認識する。また、ターゲット基地局１００－２は、ＲＲＣレイヤの使用が許可されたセカンダリ基地局２００から２元接続の維持又は解除（DC=true or release）を示すメッセージの受信可能性を認識する。

【０１６５】

一方、セカンダリ基地局２００は、ソース基地局１００－１からＨＯリクエスト（DC=true, S=init）を受信すると、ＤＣ－ＨＯがトリガされ、ＲＲＣレイヤを使用できる状態となる。すると、セカンダリ基地局２００は、２元接続の維持（DC=ture）を示すＲＲＣレイヤのメッセージ（SeNB MOD）をターゲット基地局１００－２に送信する（処理Ｐ５４）。

【０１６６】

当該メッセージを受信したターゲット基地局１００－２は、ＨＯレスポンスをソース基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ５５）。また、ターゲット基地局１００－２は、セカンダリ基地局２００へ２元接続の維持を受け付けたことを示すＲＲＣレイヤのメッセージ（SeNB CMP）をセカンダリ基地局２００へ送信する（処理Ｐ５６）。なお、処理Ｐ５５と処理Ｐ５６との処理順序は不問である。

【０１６７】

一方、ターゲット基地局１００－２からＨＯレスポンスを受信したソース基地局１００－１は、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ５７）。当該ＨＯコマンドを受信したＵＥ３００は、ＲＲＣ接続完了を示すＲＲＣレイヤのメッセージ（RRC CMP）をターゲット基地局１００－２へ送信する（処理Ｐ５８）。

【０１６８】

ターゲット基地局１００－２がＵＥ３００から当該メッセージを受信することにより、ターゲット基地局１００－２とＵＥ３００との間にＲＲＣ接続が確立する。別言すると、ＵＥ３００との間のＭＢの接続元がソース基地局１００－１からターゲット基地局１００－２に変更される。

【０１６９】

以降、ＵＥ３００は、制御プレーンの信号をターゲット基地局１００－２から受信し、ユーザプレーンの信号をセカンダリ基地局２００から受信する（処理Ｐ５９）。なお、ＲＲＣ接続完了を示すメッセージを受信したターゲット基地局１００－２は、ソース基地局２００－１に対してリソース解放（RES REL）メッセージを送信してよい（処理Ｐ６０）。

【０１７０】
ソース基地局１００－１は、ターゲット基地局１００－２からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との通信に用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい。リソース解放メッセージは、処理Ｐ５８と処理Ｐ５９との間に送信されてもよい。
【０１７１】
以上のようにして、ＤＣ－ＨＯに際して、ＵＥ３００との間の２元接続のうちの制御プレーンの接続（ＲＲＣ接続）が、ソース基地局１００－１からＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が主体となって制御される。
【０１７２】
したがって、例えばソース基地局１００－１がターゲット基地局１００－２にＨＯリクエストを送信し、ターゲット基地局１００－２がセカンダリ基地局２００との間でＲＲＣ接続の変更をネゴシエーションする場合（図１９参照）よりも、処理遅延を低減できる。
【０１７３】
例えば、図１７と図１９（点線枠）とを比較してみると分かるように、図１７の例の方が、ＨＯリクエストの送信からＵＥ３００にＨＯコマンドが送信されるまでの間の基地局間通信（別言すると、Ｘ２インタフェースを介した通信）を１回分削減できる。
【０１７４】
したがって、Ｘ２インタフェースを介した通信の遅延時間が仮に１０ｍｓ程度であるとすると、図１９の例よりも図１７の例の方が少なくとも１０ｍｓ程度、ＤＣ－ＨＯを高速化できる。
【０１７５】
なお、図１６において、ＵＥ３００がマクロセル１０１－１からスモールセル２０１に移動した後、スモールセル２０１からマクロセル１０１－２へ離脱すると、２元接続は解除され、マクロセル１０１－２との間の１元接続となる。この場合のＤＣ－ＨＯシーケンスの一例を図１８に示す。
【０１７６】
図１８に例示するように、ＤＣ－ＨＯ実行前では、ＵＥ３００は、マスター基地局１００－１からＭＢにて制御プレーンの信号を受信し、セカンダリ基地局２００からＳＢにてユーザプレーンの信号を受信している（処理Ｐ６１）。
【０１７７】
その後、ＵＥ３００がマスター基地局１００－１から離れてゆき、別のマクロセル１０１－２へ移動すると、マスター基地局１００－１は、ＤＣ－ＨＯの実行を決定する。すると、マスター基地局１００－１は、ＤＣ－ＨＯのターゲットであるマクロセル１０１－２のマスター基地局１００－２と、セカンダリ基地局２００と、に対してそれぞれＨＯリクエストを送信する（処理Ｐ６２及びＰ６３）。
【０１７８】
ターゲット基地局１００－２へのＨＯリクエストには、例示的に、ＤＣ－ＨＯのトリガとなる情報（DC=true）が含められてよい。セカンダリ基地局２００へのＨＯリクエストには、ＤＣ－ＨＯのトリガとなる情報（DC=true）と、セカンダリ基地局２００にＲＲＣレイヤの使用を許可する情報（S=init）と、が含められてよい。
【０１７９】
なお、第１実施形態でも記載したように、ＨＯリクエストそのものがＲＲＣレイヤの使用を許可する情報に相当すると考えて、ＨＯリクエストに「S=init」は付随させない、という設定にしてもよい。更に、「DC=true」は、前述したように、あくまでも概念的あるいは便宜的な記載である。
【０１８０】
ＤＣ－ＨＯのターゲット基地局１００－２は、ソース基地局１００－１からＨＯリクエスト（DC=true）を受信すると、自局１００－２がターゲット基地局となることを認識する。また、ターゲット基地局１００－２は、ＲＲＣレイヤの使用が許可されたセカンダリ基地局２００から２元接続の維持又は解除（DC=true or release）が依頼される可能性を

認識する。

【０１８１】

一方、セカンダリ基地局２００は、ソース基地局１００－１からＨＯリクエスト（DC=true, S=init）を受信すると、ＤＣ－ＨＯがトリガされ、ＲＲＣレイヤを使用できる状態となる。セカンダリ基地局２００は、スモールセル２０１からのＵＥ３００の離脱を検出すると、２元接続の解除（DC=Release）を示すＲＲＣレイヤのメッセージ（SeNB MOD）をターゲット基地局１００－２に送信する（処理Ｐ６４）。

【０１８２】

当該メッセージを受信したターゲット基地局１００－２は、ＨＯレスポンスをソース基地局１００－１へ送信する（処理Ｐ６５）。また、ターゲット基地局１００－２は、セカンダリ基地局２００へ２元接続の解除を受け付けたことを示すＲＲＣレイヤのメッセージ（SeNB CMP）をセカンダリ基地局２００へ送信する（処理Ｐ６６）。なお、処理Ｐ６５と処理Ｐ６６との処理順序は不問である。

【０１８３】

一方、ターゲット基地局１００－２からＨＯレスポンスを受信したソース基地局１００－１は、ＵＥ３００宛にＨＯコマンドを送信する（処理Ｐ６７）。当該ＨＯコマンドを受信したＵＥ３００は、ＲＲＣ接続完了を示すＲＲＣレイヤのメッセージ（RRC CMP）をターゲット基地局１００－２へ送信する（処理Ｐ６８）。

【０１８４】

ターゲット基地局１００－２がＵＥ３００から当該メッセージを受信することにより、ターゲット基地局１００－２とＵＥ３００との間にＲＲＣ接続が確立する。

【０１８５】

一方、セカンダリ基地局２００は、処理Ｐ６６でターゲット基地局１００－２が送信したメッセージ（SeNB CMP）を受信すると、２元接続解除前に、受信済みのユーザプレーンの信号をＳＢにてターゲット基地局１００－２へ転送する（処理Ｐ６９）。

【０１８６】

ユーザプレーンの信号の転送が完了すると、セカンダリ基地局２００は、ターゲット基地局１００－２へリソース解放メッセージを送信してよい（処理Ｐ７０）。ターゲット基地局１００－２は、セカンダリ基地局２００からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との間のＳＢに用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい。

【０１８７】

以降、ＵＥ３００は、ターゲット基地局１００－２との間でＭＢの１元接続によりターゲット基地局１００－２から信号を受信する（処理Ｐ７１）。なお、ターゲット基地局１００－２は、セカンダリ基地局２００に対してＳＢのリソース解放要求（REL REQ）メッセージを通知してよい（処理Ｐ７２）。セカンダリ基地局２００は、ＳＢのリソース解放要求メッセージをターゲット基地局１００－２から受信すると、ＳＢの無線リソースの割り当て等を解放してよい。

【０１８８】

また、ターゲット基地局１００－２は、ソース基地局１００－１に対してリソース解放（RES REL）メッセージを送信してよい（処理Ｐ７３）。ソース基地局１００－１は、ターゲット基地局１００－２からリソース解放メッセージを受信すると、ＵＥ３００との間の通信に用いていた無線リソースの割り当て等を解放してよい。

【０１８９】

以上のようにして、ＤＣ－ＨＯに際して、ＵＥ３００との間の２元接続の解除が、ソース基地局１００－１からＲＲＣレイヤの使用許可を受けたセカンダリ基地局２００が主体となって制御される。

【０１９０】

したがって、図１７と図１９との比較で説明した例と同様に、基地局間通信（別言すると、Ｘ２インタフェースを介した通信）の回数を削減できるので、処理遅延を低減して２元接続解除処理の高速化を図ることができる。

【０１９１】
（無線通信システムの構成）
図２０は、上述した各実施形態及び変形例に係る無線通信システムの構成例を示すブロック図である。図２０に示すように、マクロ基地局１００は、例示的に、上位レイヤ通信装置４に接続されており、上位レイヤ通信装置４を介してコア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）４００及び他のマクロ基地局１００と通信可能である。なお、図２０には、図示を省略しているが、スモール基地局２００も、マクロ基地局１００と同様に、上位レイヤ通信装置に接続されてよく、当該上位レイヤ通信装置を介してコア網４００と通信可能であってよい。
【０１９２】
マクロ基地局１００及びスモール基地局２００は、例えばＸ２インタフェースを利用して相互通信可能に接続されている。マクロ基地局１００及びスモール基地局２００は、それぞれ、移動局３００と無線リンクにより通信可能に接続される。
【０１９３】
（マクロ基地局）
マクロ基地局１００は、例示的に、通信部１１及び制御部１４を備える。通信部１１は、スモール基地局２００、移動局３００及び上位レイヤ通信装置４とそれぞれ通信可能である。通信部１１は、既述の実施形態で説明した制御プレーン及びユーザプレーンの通信を行なうことが可能である。別言すると、通信部１１は、ＵＥ３００との間で、スモール基地局２００を介した接続とスモール基地局２００を介さない接続とを含む多元接続により無線通信を行なうことが可能である。当該通信には、既述のＨＯに関わるコマンドやメッセージ等の信号の送受信が含まれてよい。
【０１９４】
通信部１１は、例示的に、受信部１２及び送信部１３を備える。受信部１２は、上位レイヤ通信装置４から制御データ及びユーザデータの一方又は双方を受信する。制御データは、制御プレーンの信号に相当し、ユーザデータは、ユーザプレーンの信号に相当する、と捉えてよい。
【０１９５】
受信部１２は、受信した制御データ及びユーザデータの一方又は双方を送信部１３へ出力することが可能である。なお、制御データはマクロ基地局１００が自ら生成したデータであってもよい。制御データには、既述のＨＯに関わるコマンドやメッセージ等のデータが含まれてよい。
【０１９６】
送信部１３は、制御部１４の制御に応じて、上位レイヤ通信装置４、スモール基地局２００及び移動局３００のいずれかへ制御データやユーザデータを送信可能である。例えば、送信部１３は、移動局３００宛ての制御データを移動局３００へ送信することが可能である。また、送信部１３は、移動局３００宛てのユーザデータをＭＢにて移動局３００へ送信すると共に、他のユーザデータをＳＢにてスモール基地局２００へ送信することが可能である。
【０１９７】
制御部１４は、受信部１２及び送信部１３を含む通信部１１の動作を統括的に制御する。また、制御部１４は、通信状態に応じてデータ通信を制御することが可能である。制御部１４による制御には、既述の無線リンクの不具合検出や、不具合検出に応じたＨＯに関わる制御、ＲＬＦの検出、$T_1$タイマ及び$T_2$タイマのカウント等が含まれてよい。制御部１４は、スモール基地局２００の制御プレーン（ＲＲＣレイヤ）を制御して、ＵＥ３００とスモール基地局２００との間の接続を制御する制御部の一例である。
【０１９８】
（スモール基地局）
一方、スモール基地局２００は、例示的に、通信部２１及び制御部２４を備える。通信部２１は、マクロ基地局１００及び移動局３００とそれぞれ通信することが可能である。通信部２１は、既述の実施形態で説明した制御プレーン及びユーザプレーンの通信を行な

うことが可能である。別言すると、通信部２１は、ＵＥ３００との間の多元接続の１つを成す接続によりＵＥ３００と無線通信することが可能である。当該通信には、既述のＨＯに関わるコマンドやメッセージ等の信号の送受信が含まれてよい。

【０１９９】

通信部２１は、例示的に、受信部２２及び送信部２３を備える。受信部２２は、マクロ基地局１００から例えばＸ２インタフェースを介してユーザデータを受信し、受信したユーザデータを送信部２３へ出力することが可能である。

【０２００】

送信部２３は、受信部２２から受信した移動局３００宛てのユーザデータを移動局３００へ送信することが可能である。また、送信部２３は、制御部２４の制御に応じて、マクロ基地局１００へ制御データやユーザデータを送信可能である。

【０２０１】

制御部２４は、受信部２２及び送信部２３を含む通信部２１の動作を統括的に制御する。また、制御部２４は、通信状態に応じてデータ通信を制御することが可能である。制御部２４による制御には、既述のＨＯに関わる制御、ＲＬＦの検出、$T_1$タイマ及び$T_2$タイマのカウント等が含まれてよい。制御部２４は、多元接続によりＵＥ３００と無線通信するマクロ基地局１００から、制御プレーンの制御を受けて、ＵＥ３００との間の接続を制御する制御部の一例である。

【０２０２】

（移動局）

移動局３００は、例示的に、通信部３１及び制御部３４を備える、通信部３１は、マクロ基地局１００及びスモール基地局２００とそれぞれ無線通信することが可能である。別言すると、通信部３１は、複数の無線基地局１００及び２００と多元接続により無線通信することが可能である。通信部３１は、既述の実施形態で説明した制御プレーン及びユーザプレーンの通信を行なうことが可能である。当該通信には、既述のＨＯに関わるコマンドやメッセージ等の信号の送受信が含まれてよい。

【０２０３】

通信部３１は、例示的に、受信部３２及び送信部３３を備える。受信部３２は、マクロ基地局１００から制御データ及びユーザデータを受信し、また、スモール基地局２００からユーザデータを受信することが可能である。例えば、受信部３２は、マクロ基地局１００からＭＢにて送信されるユーザデータを受信し、マクロ基地局１００からＳＢにて送信されるユーザデータをスモール基地局２００経由で受信することができる。

【０２０４】

制御部３４は、受信部３２及び送信部３３を含む通信部３１の動作を統括的に制御する。また、制御部３４は、通信状態に応じてデータ通信を制御することが可能である。制御部３４による制御には、既述の無線リンクの不具合検出や、ＨＯに関わる制御、ＲＬＦの検出、$T_1$タイマ及び$T_2$タイマのカウント等が含まれてよい。制御部３４は、マクロ基地局１００から制御プレーンの制御を受けたスモール基地局２００との間で、制御プレーンを用いた接続を制御する制御部の一例である。

【０２０５】

マクロ基地局１００、スモール基地局２００及び移動局３００の通信部１１、２１及び３１は、それぞれ、複数のリンクレイヤに対応するリンクレイヤプロトコルを用いて通信することが可能である。リンクレイヤプロトコルの一例としては、ＰＤＣＰ（Packet Data Convergence Protocol）レイヤ、ＲＬＣ（Radio Link Control）レイヤ、ＭＡＣ（Medium Access Control）レイヤ及びＰＨＹ（Physical）レイヤ等に対応するリンクレイヤプロトコルが挙げられる。

【０２０６】

なお、ＲＬＣレイヤでは再送（Automatic Repeat Request）制御が規定されており、無線伝送においてエラーが生じたユーザデータに関する再送が実施される。再送が所定回数以内に成功すれば受信成功と判定されるが、再送回数が所定回数を超えるとエラーと判定

され、ＲＬＦが検出される。ＲＬＦが検出される前の無線リンクの不具合検出は、当該再送回数を基に検出してもよい。

【０２０７】

また、既述の例では、移動局３００がマクロ基地局１００及びスモール基地局２００の２つの無線基地局にそれぞれ接続する２元接続を例にしたが、移動局３００が３つ以上の無線基地局にそれぞれ接続する多元接続でも、既述の例と同様の処理が可能である。

【０２０８】

（ハードウェア構成例）

次に、既述の例におけるマクロ基地局１００、スモール基地局２００及び移動局３００のハードウェア構成例を以下に説明する。

【０２０９】

（無線基地局）

図２１は、無線基地局のハードウェア構成例を示すブロック図である。図２１に例示する無線基地局は、例示的に、既述のマクロ基地局１００及びスモール基地局２００に対応し、例えば、アンテナ５０１、制御部５０２、ＲＦ（Radio Frequency）回路５０３、メモリ５０４、ＣＰＵ５０５及びネットワークインタフェース５０６を備える。

【０２１０】

アンテナ５０１は、例えば、移動局３００との間で無線電波を送受信する。

【０２１１】

制御部５０２は、例えば、図２０に例示したマクロ基地局１００の制御部１４及びスモール基地局２００の制御部２４の機能を実現する。制御部５０２は、ＣＰＵやＭＰＵ等の演算能力を備えたプロセッサを用いて構成されてよい。

【０２１２】

ネットワークインタフェース５０６は、例示的に、他の無線基地局と通信可能に接続するためのインタフェースである。例えば、マクロ基地局１００とスモール基地局２００とは、ネットワークインタフェース５０６を介して有線接続されてよい。

【０２１３】

ＣＰＵ５０５、メモリ５０４及びＲＦ回路５０３は、例えば、図２０に例示したマクロ基地局１００の通信部１１及びスモール基地局２００の通信部２１の機能を実現する。例えば、メモリ５０４には、通信部１１又は通信部２１の機能を実現するためのプログラムやデータ等が記憶されてよい。ＣＰＵ５０５は、メモリ５０４に記憶されたプログラムやデータを適宜に読み出してＲＦ回路５０３等と協働することで、通信部１１又は通信部２１の機能を実現する。

【０２１４】

（移動局）

図２２は、移動局のハードウェア構成例を示すブロック図である。図２２に示す移動局は、例示的に、既述の移動局３００に対応し、例えば、アンテナ５１１、制御部５１２、ＲＦ回路５１３、メモリ５１４及びＣＰＵ５１５を備える。

【０２１５】

アンテナ５１１は、例えば、マクロ基地局１００及びスモール基地局２００の一方又は双方との間で無線電波を送受信する。

【０２１６】

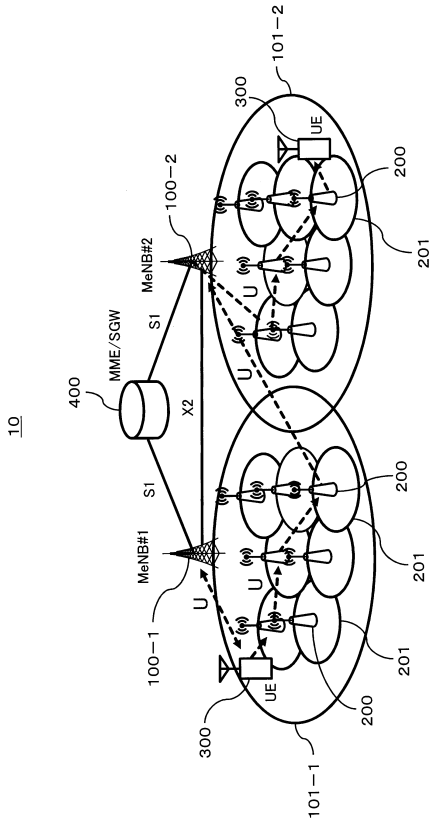
制御部５１２は、例えば、図２０に例示した移動局３００の制御部３４の機能を実現する。

【０２１７】

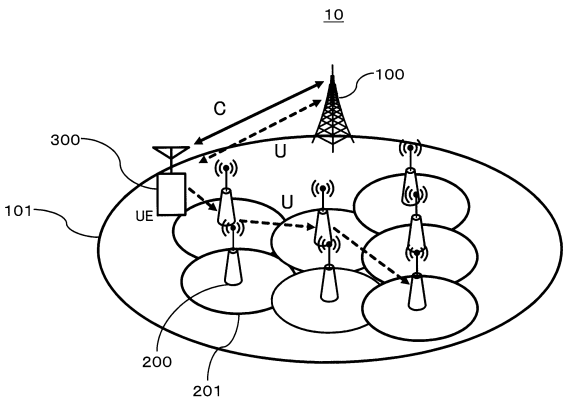
ＣＰＵ５１５、メモリ５１４及びＲＦ回路５１３は、例えば、図２０に例示した移動局３００の通信部３１の機能を実現する。すなわち、例えば、メモリ５１４には、通信部３１の機能を実現するためのプログラムやデータ等が記憶されてよい。ＣＰＵ５１５は、メモリ５１４に記憶されたプログラムやデータを適宜に読み出してＲＦ回路５１３等と協働することで、通信部３１の機能を実現する。

【符号の説明】
【０２１８】
４　上位レイヤ通信装置
１０　無線通信システム
１１，２１，３１　通信部
１２，２２，３２　受信部
１３，２３，３３　送信部
１４，２４，３４　制御部
１００－１，１００－２　無線基地局（マクロ基地局）
１０１－１，１０１－２　マクロセル
２００　無線基地局（スモール基地局）
２０１　スモールセル
３００　移動局（ＵＥ）
４００　コア網（ＭＭＥ／ＳＧＷ）
５０１，５１１　アンテナ
５０２，５１２　制御部
５０３，５１３　ＲＦ回路
５０４，５１４　メモリ
５０５，５１５　ＣＰＵ
５０６　ネットワークインタフェース

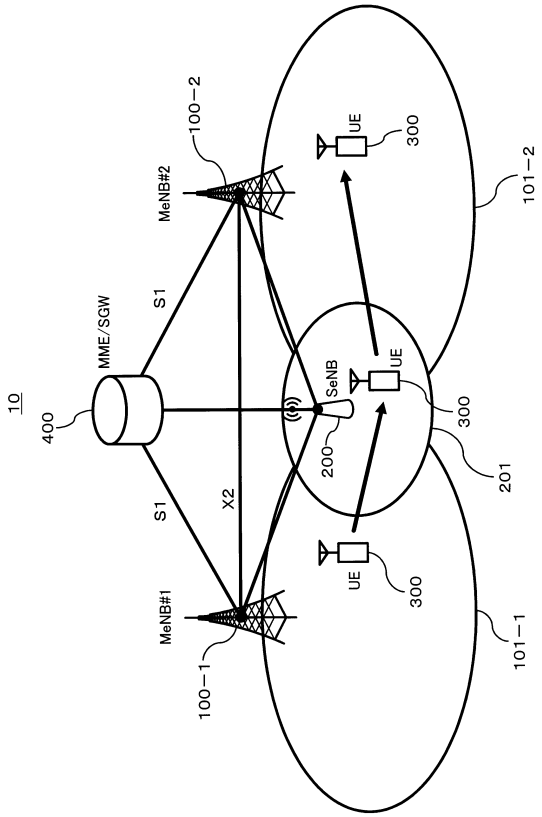
【図１】



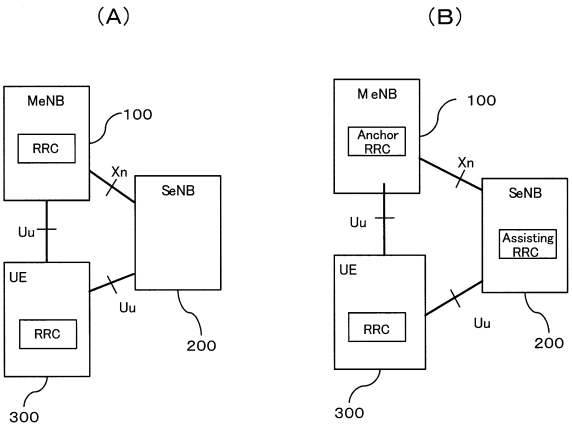

【図２】



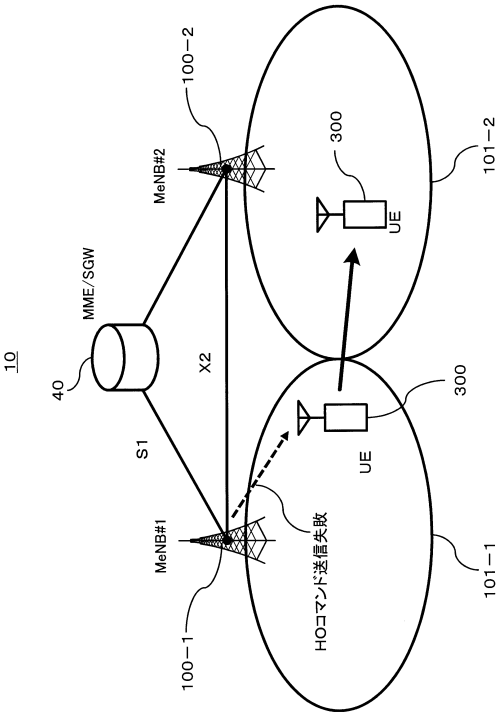
【図３】


10
400
MME/SGW
S1
S1
X2
MeNB#2
MeNB#1
100−2
100−1
SeNB
200
UE
300
101−2
101−1
201

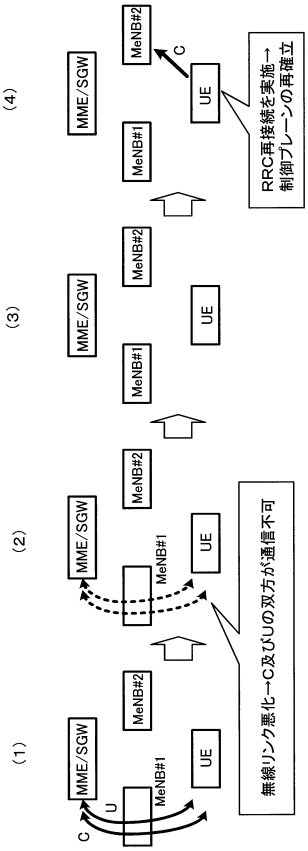
【図４】


(A)
(B)
MeNB
RRC
100
Xn
SeNB
Uu
UE
RRC
200
300
M eNB
Anchor RRC
Assisting RRC

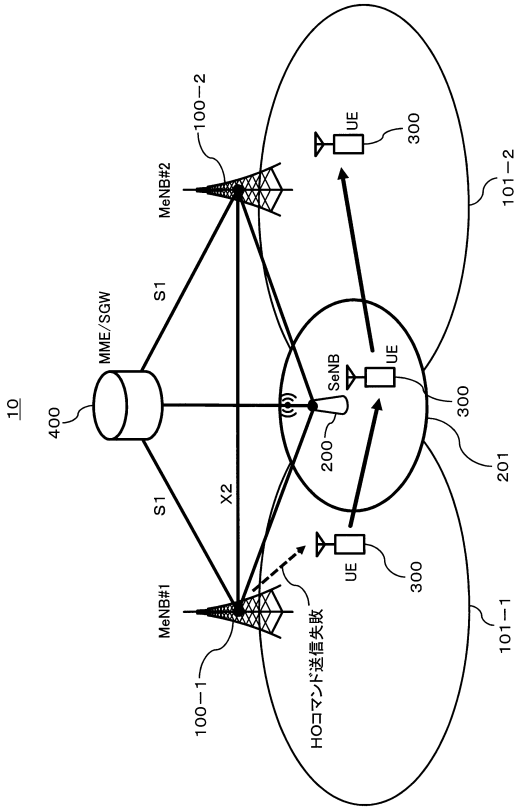
【図５】


10
40
MME/SGW
S1
X2
MeNB#2
MeNB#1
100−2
100−1
UE
300
101−2
101−1
HOコマンド送信失敗

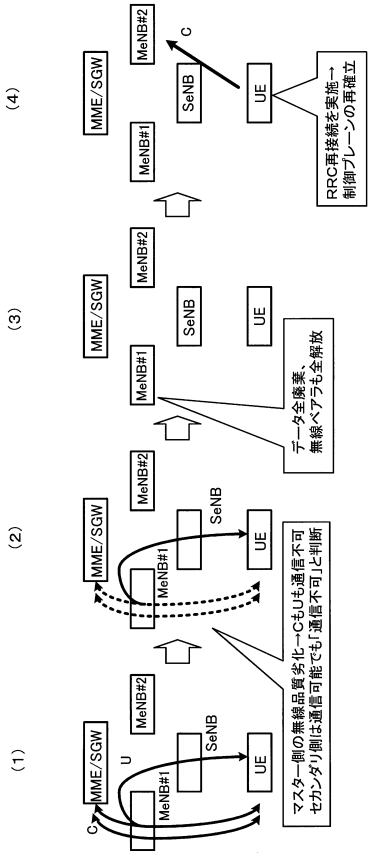
【図６】


(1)
(2)
(3)
(4)
MME/SGW
MeNB#1
MeNB#2
UE
C
U
無線リンク悪化→C及びUの双方が通信不可
RRC再接続を実施→
制御プレーンの再確立

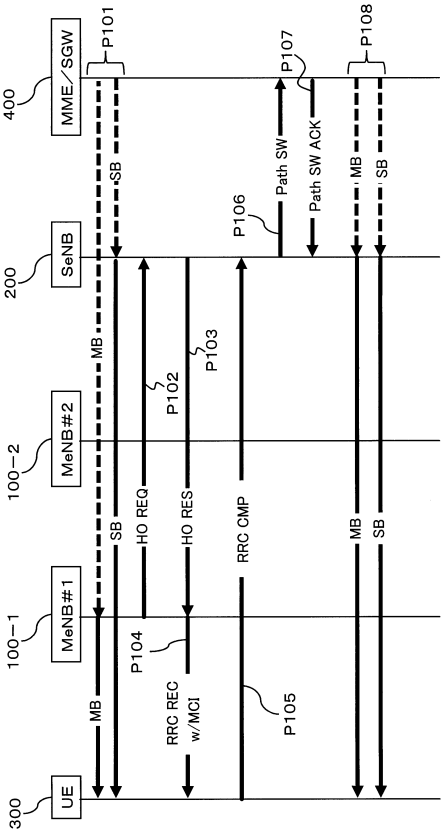
【図７】


10
400
MME/SGW
S1
S1
X2
100−2
MeNB#2
100−1
MeNB#1
SeNB
200
UE
300
101−2
101−1
201
HOコマンド送信失敗

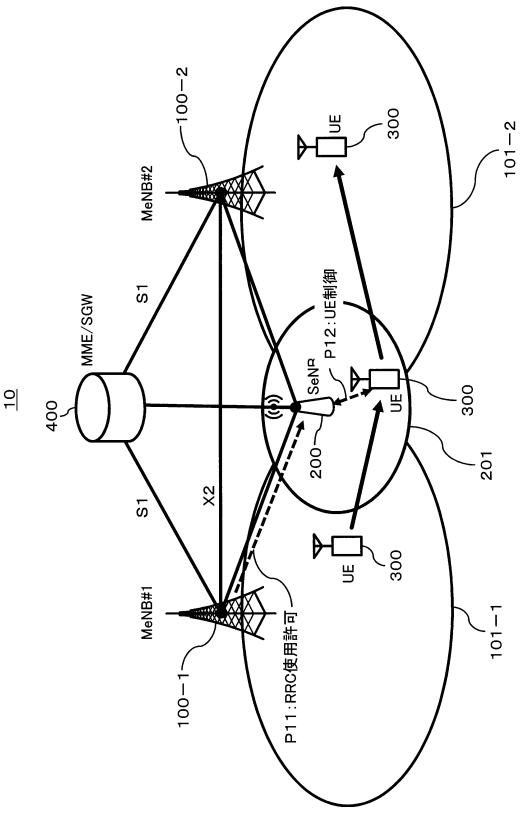
【図８】


(1)
(2)
(3)
(4)
MME/SGW
MeNB#1
MeNB#2
SeNB
UE
C
U
マスター側の無線品質劣化→CもUも通信不可
セカンダリ側は通信可能でも「通信不可」と判断
データ全廃棄、
無線ベアラも全解放
RRC再接続を実施→
制御プレーンの再確立

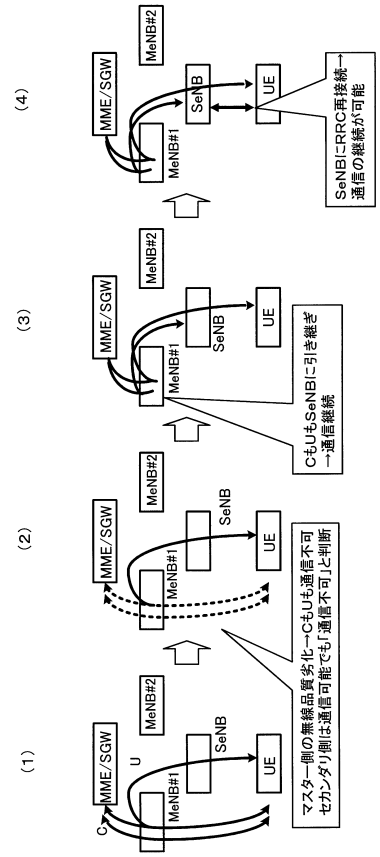
【図９】


400
MME／SGW
200
SeNB
100−2
MeNB#2
100−1
MeNB#1
300
UE
P101
P102
P103
P104
P105
P106
P107
P108
MB
SB
HO REQ
HO RES
RRC CMP
RRC REC
w/MCI
Path SW
Path SW ACK

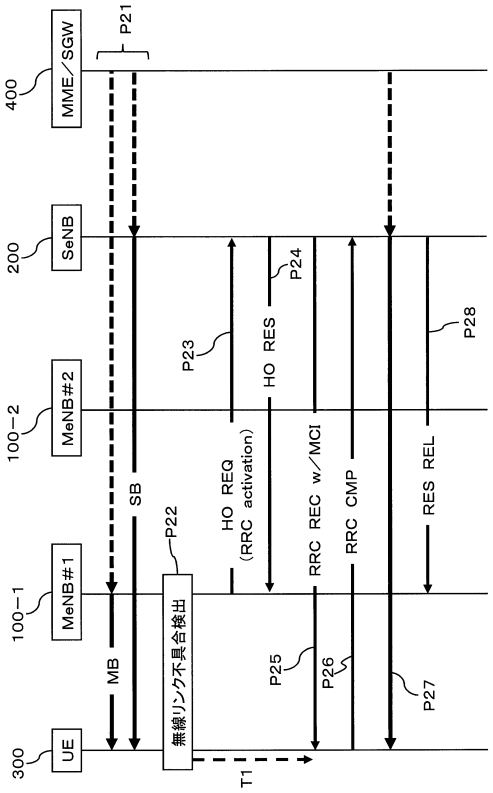
【図１０】


10
400
MME/SGW
S1
X2
100−2
MeNB#2
100−1
MeNB#1
SeNB
200
UE
300
101−2
101−1
201
P11：RRC使用許可
P12：UE制御

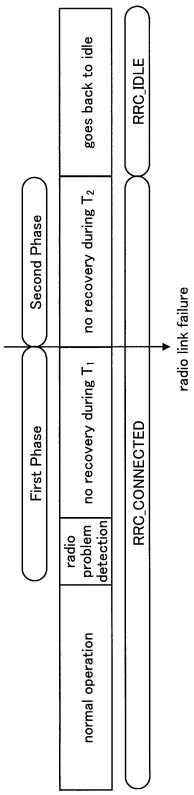
【図１１】



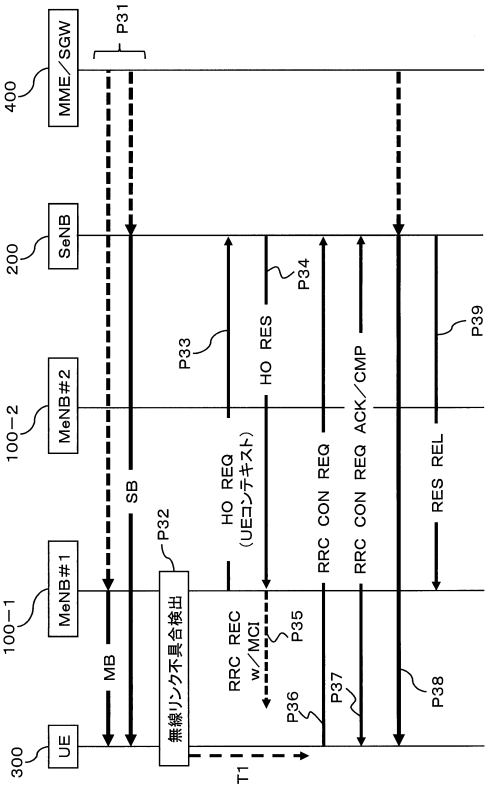

【図１２】



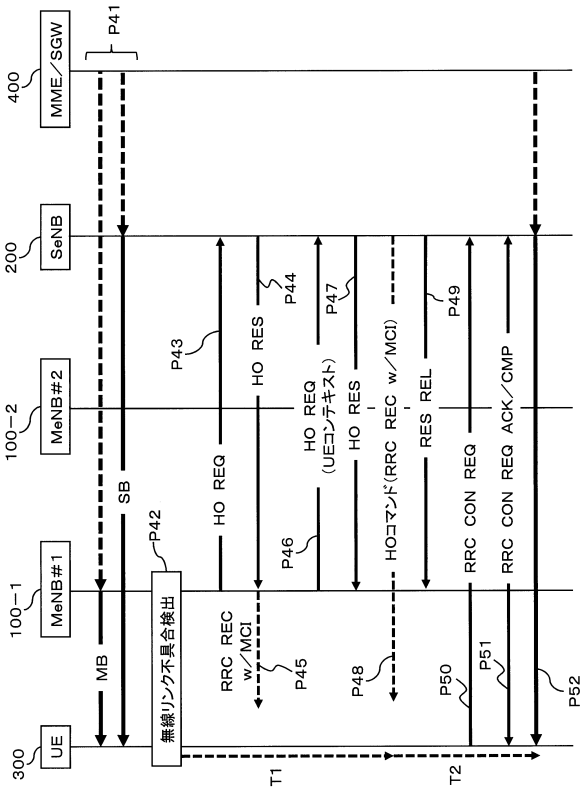

【図１３】



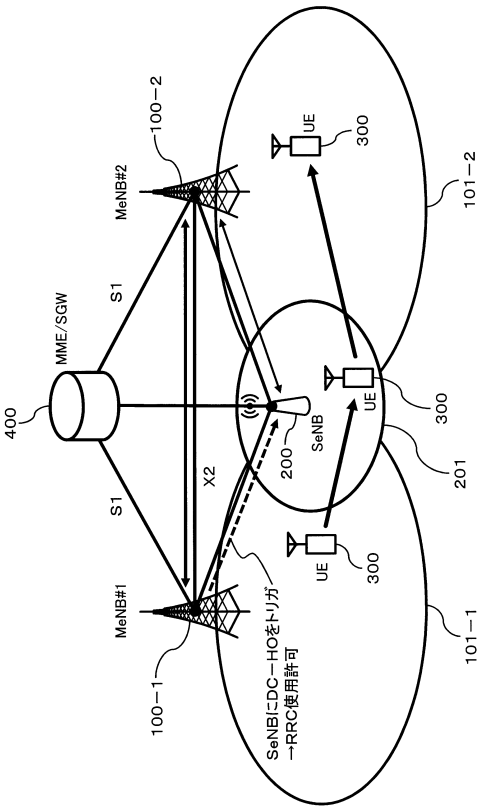

【図１４】



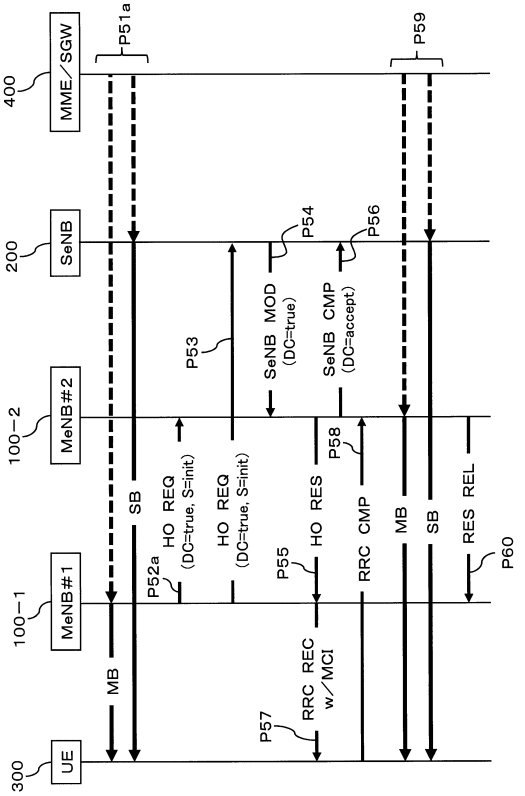
【図１５】



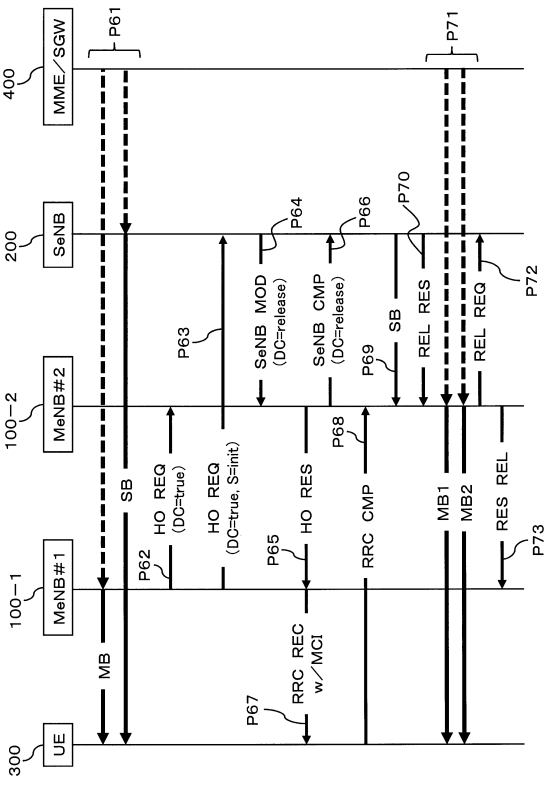

【図１６】



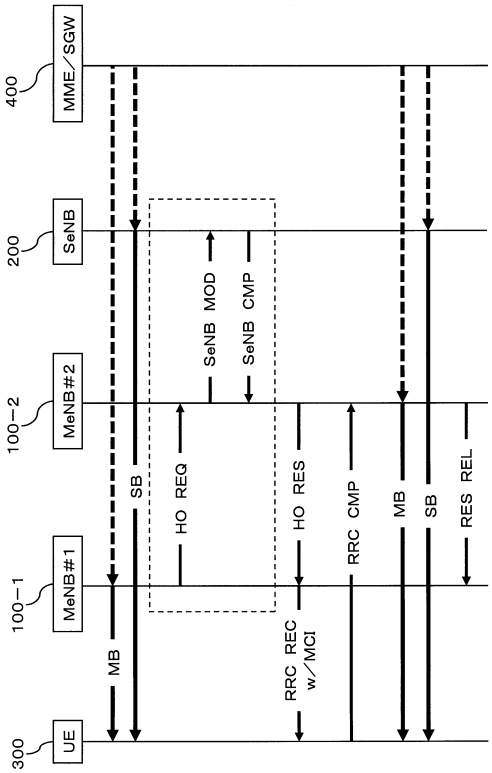

【図１７】



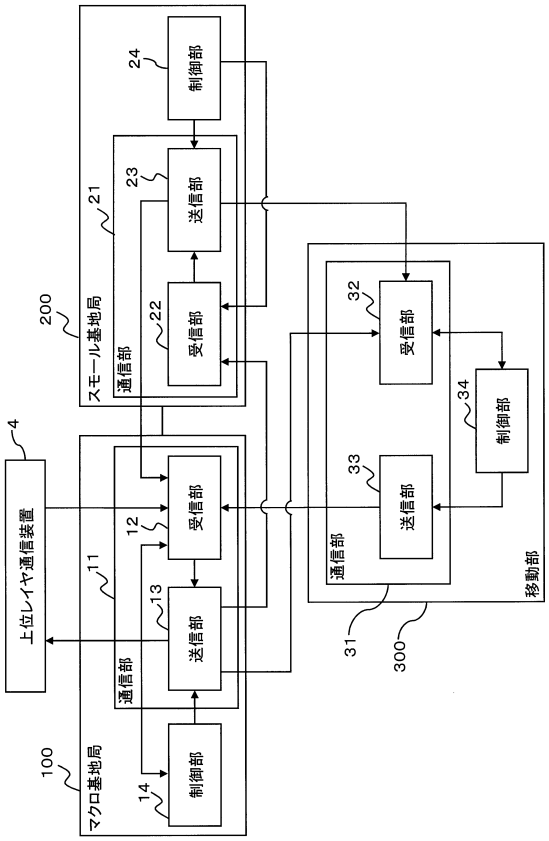

【図１８】



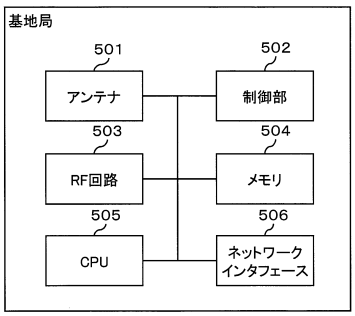
【図１９】



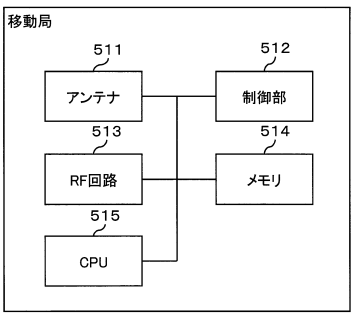

【図２０】



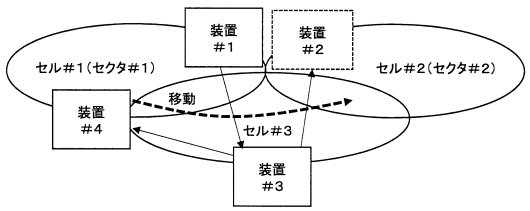

【図２１】




【図２２】




【図２３】



フロントページの続き

(72)発明者　相川　慎一郎
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

審査官　伊東　和重

(56)参考文献　特開２０１４－１３８２８６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１１／０３９９６０（WO，Ａ１）
国際公開第２０１４／１０３０９８（WO，Ａ１）
Fujitsu, Initial analysis on the potential impact of Small Cell UP/CP alternatives on RAN3 specs[online], 3GPP TSG-RAN WG3#81bis, 3GPP, ２０１３年１０月１１日, R3-131755, 検索日[2018.03.06],インターネット＜URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG3_Iu/TSGR3_81bis/Docs/R3-131755.zip＞
KDDI Corporation, Protocol stacks of dual connectivity solutions targeting the avoidance of frequent handovers[online], 3GPP TSG-RAN WG2#81bis, 3GPP, ２０１３年　４月１９日, R2-131192, 検索日[2018.03.06],インターネット＜URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_81bis/Docs/R2-131192.zip＞

(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