

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-36097

(P2016-36097A)

(43) 公開日 平成28年3月17日(2016.3.17)

|                             |            |             |
|-----------------------------|------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                | F I        | テーマコード (参考) |
| <b>H04W 16/08</b> (2009.01) | H04W 16/08 | 5K067       |
| <b>H04W 16/32</b> (2009.01) | H04W 16/32 |             |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 16 頁)

|           |                              |          |                                |
|-----------|------------------------------|----------|--------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-158635 (P2014-158635) | (71) 出願人 | 392026693                      |
| (22) 出願日  | 平成26年8月4日 (2014.8.4)         |          | 株式会社NTTドコモ                     |
|           |                              |          | 東京都千代田区永田町二丁目11番1号             |
|           |                              | (71) 出願人 | 501241645                      |
|           |                              |          | 学校法人 工学院大学                     |
|           |                              |          | 東京都新宿区西新宿1丁目24番2号              |
|           |                              | (74) 代理人 | 100125689                      |
|           |                              |          | 弁理士 大林 章                       |
|           |                              | (72) 発明者 | 奥村 幸彦                          |
|           |                              |          | 東京都千代田区永田町二丁目11番1号             |
|           |                              |          | 株式会社NTTドコモ内                    |
|           |                              | (72) 発明者 | 大塚 裕幸                          |
|           |                              |          | 東京都新宿区西新宿一丁目24番2号 学            |
|           |                              |          | 校法人工学院大学内                      |
|           |                              | Fターム(参考) | 5K067 AA13 DD36 DD45 EE02 EE10 |
|           |                              |          | EE23 EE56 HH22 JJ72            |

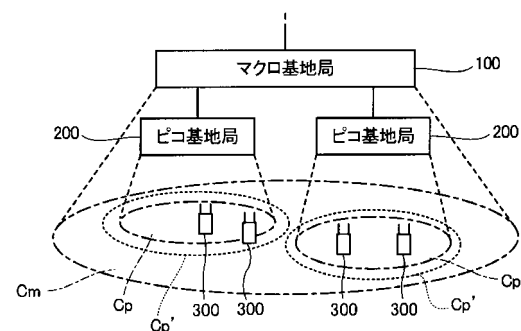
(54) 【発明の名称】 無線通信ネットワークおよび大電力無線基地局

(57) 【要約】

【課題】セルレンジエクspansionsが適用される無線通信ネットワークにおいて、多くの移動端末の受信品質を高く確保する。

【解決手段】無線通信ネットワークは、複数の移動端末における、大電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である複数の第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布を計算し、累積確率分布上でのある累積確率値に対応する第1の信号対雑音干渉比を閾値として決定する。移動端末の第1の信号対雑音干渉比が閾値より大きい場合には、その移動端末における小電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である第2の信号対雑音干渉比をその移動端末のためのセルレンジエクspansionsのために増加させるオフセット値が第1のオフセット値に設定される。移動端末の第1の信号対雑音干渉比が閾値より小さい場合には、その移動端末のためのオフセット値が第1のオフセット値よりも大きい第2のオフセット値に設定される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 のセルエリアを形成し、複数の移動端末と通信する大電力無線基地局と、

前記大電力無線基地局と接続するとともに、複数の移動端末と通信し、前記大電力無線基地局の送信電力よりも送信電力が小さく、前記第 1 のセルエリア内に前記第 1 のセルエリアよりも小さい第 2 のセルエリアを形成し、前記大電力無線基地局で使用される無線リソースと同じ無線リソースを使用して移動端末へ無線送信を行う少なくとも 1 つの小電力無線基地局と、

移動端末の無線接続先である無線基地局を指示する接続先指示部と、

前記第 1 のセルエリア内の複数の移動端末における、前記大電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である複数の第 1 の信号対雑音干渉比の累積確率分布を計算する累積確率分布計算部と、

前記累積確率分布上でのある累積確率値に対応する第 1 の信号対雑音干渉比を閾値として決定する閾値決定部と、

移動端末の第 1 の信号対雑音干渉比が前記閾値より大きい場合に、その移動端末における小電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である第 2 の信号対雑音干渉比をその移動端末のためのセルレンジエクспанションのために増加させるオフセット値を第 1 のオフセット値に設定し、移動端末の第 1 の信号対雑音干渉比が前記閾値より小さい場合に、その移動端末のための前記オフセット値を前記第 1 のオフセット値よりも大きい第 2 のオフセット値に設定するオフセット値設定部とを備えることを特徴とする無線通信ネットワーク。

## 【請求項 2】

前記接続先指示部は、前記第 1 のオフセット値または前記第 2 のオフセット値で増加せられた前記第 2 の信号対雑音干渉比が前記第 1 の信号対雑音干渉比より大きく、かつ移動端末が前記小電力無線基地局に接続されたとしたらその移動端末での受信品質が品質閾値よりも高い場合に、その移動端末の無線接続先を前記大電力無線基地局から前記小電力無線基地局に変更することを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信ネットワーク。

## 【請求項 3】

第 1 のセルエリアを形成し、複数の移動端末と通信する大電力無線基地局であって、

複数の移動端末と通信し、前記大電力無線基地局の送信電力よりも送信電力が小さく、前記第 1 のセルエリア内に前記第 1 のセルエリアよりも小さい第 2 のセルエリアを形成し、前記大電力無線基地局で使用される無線リソースと同じ無線リソースを使用して移動端末へ無線送信を行う少なくとも 1 つの小電力無線基地局と通信する基地局間通信部と、

移動端末の無線接続先である無線基地局を指示する接続先指示部と、

前記第 1 のセルエリア内の複数の移動端末における、前記大電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である複数の第 1 の信号対雑音干渉比の累積確率分布を計算する累積確率分布計算部と、

前記累積確率分布上でのある累積確率値に対応する第 1 の信号対雑音干渉比を閾値として決定する閾値決定部と、

移動端末の第 1 の信号対雑音干渉比が前記閾値より大きい場合に、その移動端末における小電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である第 2 の信号対雑音干渉比をその移動端末のためのセルレンジエクспанションのために増加させるオフセット値を第 1 のオフセット値に設定し、移動端末の第 1 の信号対雑音干渉比が前記閾値より小さい場合に、その移動端末のための前記オフセット値を前記第 1 のオフセット値よりも大きい第 2 のオフセット値に設定するオフセット値設定部とを備えることを特徴とする大電力無線基地局。

## 【請求項 4】

前記接続先指示部は、前記第 1 のオフセット値または前記第 2 のオフセット値で増加せられた前記第 2 の信号対雑音干渉比が前記第 1 の信号対雑音干渉比より大きく、かつ移動端末が前記小電力無線基地局に接続されたとしたらその移動端末での受信品質が品質閾

値よりも高い場合に、その移動端末の無線接続先を前記大電力無線基地局から前記小電力無線基地局に変更することを特徴とする請求項3に記載の大電力無線基地局。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信ネットワークおよび大電力無線基地局に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、送信電力（送信能力）が相異なる複数種の無線基地局（マクロ基地局、ピコ基地局、フェムト基地局、リモートラジオヘッド（Remote Radio Head）等）を重層的に設置したヘテロジーニアスネットワーク（Heterogeneous Network、HetNet）が提案されている。 10

【0003】

ヘテロジーニアスネットワークにおいては、送信電力（送信能力）の大きい基地局（例えばマクロ基地局）の方が、送信電力（送信能力）の小さい基地局（例えばピコ基地局）と比較して、セルサーチまたはハンドオーバの段階でユーザ端末（移動端末）の無線接続先として選択されやすいと想定される。したがって、ヘテロジーニアスネットワークにおいては、送信電力の大きい大電力無線基地局に移動端末からの接続が集中し、ひいては通信負荷が過大となる傾向があると想定される。 20

【0004】

そこで、セルレンジエクスパンション（Cell Range Expansion）と呼ばれる技術が提案されている。セルレンジエクスパンションは、移動端末による接続先選択のための指標である小電力無線基地局からの受信品質（例えば、信号対雑音干渉比）または受信電力に、オフセット値（バイアス値）を付与する技術である。オフセット値が加算（またはデシベルで加算）された小電力無線基地局からの受信品質または受信電力は、大電力無線基地局からの受信品質または受信電力と比較される。セルレンジエクスパンションは、例えば、特許文献1に記載されている。セルレンジエクスパンションにより、小電力無線基地局からの受信品質または受信電力の方が大電力無線基地局からの受信品質または受信電力よりも良好になりやすくなる。結果的に、移動端末は大電力無線基地局よりも小電力無線基地局に接続することを選択するので、小電力無線基地局のセルエリアが拡大され、大電力無線基地局の通信負荷が軽減されることが考えられる。 30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-236261号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

セルレンジエクスパンションは、大電力無線基地局に接続する方が好ましいであろう移動端末を小電力無線基地局に接続させる技術である。小電力無線基地局からの受信品質が不良な移動端末が、セルレンジエクスパンションにより小電力無線基地局に接続されてしまうと、その移動端末の通信スループットは劣化し、ひいてはネットワーク全体の通信スループットも劣化してしまうことがある。 40

【0007】

しかし、従来のセルレンジエクスパンションでは、小電力無線基地局からの受信品質または受信電力に付与されるオフセット値は、すべての移動端末に対して一定である。したがって、上記の問題が顕著になることがある。

【0008】

そこで、本発明は、大電力無線基地局と小電力無線基地局とを備え、セルレンジエクス 50

パンションが適用される無線通信ネットワークにおいて、多くの移動端末の受信品質を高く確保する技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明に係る無線通信ネットワークは、第1のセルエリアを形成し、複数の移動端末と通信する大電力無線基地局と、前記大電力無線基地局と接続するとともに、複数の移動端末と通信し、前記大電力無線基地局の送信電力よりも送信電力が小さく、前記第1のセルエリア内に前記第1のセルエリアよりも小さい第2のセルエリアを形成し、前記大電力無線基地局で使用される無線リソースと同じ無線リソースを使用して移動端末へ無線送信を行う少なくとも1つの小電力無線基地局と、移動端末の無線接続先である無線基地局を指示する接続先指示部と、前記第1のセルエリア内の複数の移動端末における、前記大電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である複数の第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布を計算する累積確率分布計算部と、前記累積確率分布上でのある累積確率値に対応する第1の信号対雑音干渉比を閾値として決定する閾値決定部と、移動端末の第1の信号対雑音干渉比が前記閾値より大きい場合に、その移動端末における小電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である第2の信号対雑音干渉比をその移動端末のためのセルレンジエクспанションのために増加させるオフセット値を第1のオフセット値に設定し、移動端末の第1の信号対雑音干渉比が前記閾値より小さい場合に、その移動端末のための前記オフセット値を前記第1のオフセット値よりも大きい第2のオフセット値に設定するオフセット値設定部とを備える。

10

20

【0010】

本発明に係る大電力無線基地局は、第1のセルエリアを形成し、複数の移動端末と通信する大電力無線基地局であって、複数の移動端末と通信し、前記大電力無線基地局の送信電力よりも送信電力が小さく、前記第1のセルエリア内に前記第1のセルエリアよりも小さい第2のセルエリアを形成し、前記大電力無線基地局で使用される無線リソースと同じ無線リソースを使用して移動端末へ無線送信を行う少なくとも1つの小電力無線基地局と通信する基地局間通信部と、移動端末の無線接続先である無線基地局を指示する接続先指示部と、前記第1のセルエリア内の複数の移動端末における、前記大電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である複数の第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布を計算する累積確率分布計算部と、前記累積確率分布上でのある累積確率値に対応する第1の信号対雑音干渉比を閾値として決定する閾値決定部と、移動端末の第1の信号対雑音干渉比が前記閾値より大きい場合に、その移動端末における小電力無線基地局からの無線信号の信号対雑音干渉比である第2の信号対雑音干渉比をその移動端末のためのセルレンジエクспанションのために増加させるオフセット値を第1のオフセット値に設定し、移動端末の第1の信号対雑音干渉比が前記閾値より小さい場合に、その移動端末のための前記オフセット値を前記第1のオフセット値よりも大きい第2のオフセット値に設定するオフセット値設定部とを備える。

30

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、セルレンジエクспанションのために小電力無線基地局からの無線信号の第2の信号対雑音干渉比を増加させるオフセット値として、第1のオフセット値または第2のオフセット値が、各移動端末に対して設定される。大電力無線基地局からの無線信号の第1の信号対雑音干渉比が閾値より大きい移動端末には、より小さい第1のオフセット値が与えられ、第1の信号対雑音干渉比が閾値より小さい移動端末には、より大きい第2のオフセット値が与えられる。オフセット値を決定するための閾値は、第1のセルエリア内の複数の移動端末の第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布に基づいて決定されるので、大電力無線基地局に接続する方が好ましい可能性が高い移動端末にはより小さいオフセット値が与えられ、小電力無線基地局に接続する方が好ましい可能性が高い移動端末にはより大きいオフセット値が与えられる。これにより、オフセット値がすべての移動端末に対して一定である場合と比較して、多くの移動端末の受信品質を高く確保することが

40

50

可能である。

しかも、オフセット値を決定するための閾値は、第1のセルエリア内の複数の移動端末の第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布に基づいて決定される。そのため、この閾値は、多くの移動端末の大電力無線基地局からの無線信号の受信品質に応じて可変である。したがって、各移動端末にいずれのオフセット値を設定するか、状況に応じて適切に決定することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施の形態に係る無線通信ネットワークの概略図である。

10

【図2】本発明の実施の形態に係る移動端末の構成を示すブロック図である。

【図3】本発明の実施の形態に係るマクロ基地局の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の実施の形態に係るピコ基地局の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の実施の形態に係る、セルレンジエクスパンションが適用されていないときの移動端末のハンドオーバーの動作を示す情報フローダイアグラムである。

【図6】本発明の実施の形態に係る無線通信ネットワークにおける、セルレンジエクスパンションの発動およびセルレンジエクスパンションが適用されるとき移動端末のハンドオーバーの動作を示す情報フローダイアグラムである。

【図7】第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布を示すグラフである。

【図8】他の状況での第1の信号対雑音干渉比の累積確率分布を示すグラフである。

20

【図9】本発明の実施の形態の効果を確認するためのシステムレベルシミュレーションの結果を示すグラフである。

【図10】実施の形態のさらなる変形に係る無線通信ネットワークの概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付の図面を参照しながら本発明に係る実施の形態を説明する。

図1は、本発明の実施の形態に係る無線通信ネットワークの概略図である。この無線通信ネットワークは、マクロ基地局100と、ピコ基地局200とを備える。マクロ基地局100およびピコ基地局200の各々は移動端末300と無線通信可能である。マクロ基地局100、ピコ基地局200および移動端末300は、所定の無線アクセス技術（Radio Access Technology）、例えば3GPP（Third Generation Partnership Project）におけるLTE（Long Term Evolution）に従って無線通信を行う。本実施の形態では、無線通信ネットワークがLTEに従って動作するが、本発明の技術的範囲を限定する趣旨ではない。本発明は、必要な設計上の変更を施した上で、他の無線アクセス技術（例えば、IEEE 802.16に規定されるWiMAX）にも適用可能である。

30

【0014】

マクロ基地局（大電力無線基地局）100とピコ基地局（小電力無線基地局）200は有線または無線にて相互に接続される。マクロ基地局100はマクロセルエリア（第1のセルエリア）C<sub>m</sub>を形成し、各ピコ基地局200はピコセルエリア（第2のセルエリア）C<sub>p</sub>を形成する。ピコセルエリアC<sub>p</sub>は、そのピコセルエリアC<sub>p</sub>を形成するピコ基地局200に接続されたマクロ基地局100が形成するマクロセルエリアC<sub>m</sub>内に形成される。1つのマクロセルエリアC<sub>m</sub>内には、複数のピコセルエリアC<sub>p</sub>が形成され得る。

40

【0015】

各無線基地局（マクロ基地局100、ピコ基地局200）は、その基地局自身のセルエリアに在圏する移動端末（UE、User Equipment）300と無線通信が可能である。逆に言うと、移動端末300は、移動端末300自身が在圏するセルエリア（マクロセルエリアC<sub>m</sub>またはピコセルエリアC<sub>p</sub>）に対応する基地局（マクロ基地局100またはピコ基地局200）と無線通信が可能である。

【0016】

マクロ基地局100はピコ基地局200と比較して無線送信能力（最大送信電力、平均

50

送信電力等)が高いので、より遠くに位置する移動端末300と無線通信可能である。したがって、マクロセルエリアC<sub>m</sub>はピコセルエリアC<sub>p</sub>よりも面積が大きい。例えば、マクロセルエリアC<sub>m</sub>は半径数百メートルから数十キロメートル程度の大きさであり、ピコセルエリアC<sub>p</sub>は半径数メートルから数十メートル程度の大きさである。

#### 【0017】

以上の説明から理解されるように、無線通信ネットワーク内のマクロ基地局100およびピコ基地局200は、送信電力(送信能力)が相異なる複数種の無線基地局が重層的に設置されたヘテロジニアスネットワーク(Heterogeneous Network、HetNet)を構成する。

#### 【0018】

ピコセルエリアC<sub>p</sub>がマクロセルエリアC<sub>m</sub>の内部に重層的に形成される(オーバーレイされる)ため、移動端末300がピコセルエリアC<sub>p</sub>内に在圏する場合、その移動端末300は、そのピコセルエリアC<sub>p</sub>を形成するピコ基地局200と、そのピコセルエリアC<sub>p</sub>を包含するマクロセルエリアC<sub>m</sub>を形成するマクロ基地局100との少なくともいずれか一方と無線通信が可能である。

#### 【0019】

各基地局と移動端末300との間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、上りリンクではSC-FDMA(Single-Carrier Frequency Division Multiple Access)が採用されてもよい。

#### 【0020】

この無線通信ネットワークでセルレンジエクспанションが適用されると、ピコセルエリアC<sub>p</sub>は、その半径ひいては範囲が拡張させられる(図1に示すピコセルエリアC<sub>p</sub>' )。したがって、ピコセルエリアの端部に位置する移動端末300は、ピコセルエリアの拡張により、よりピコ基地局200に接続しやすくなる。後述するように、セルレンジエクспанション(CRE)で拡張されるピコセルエリアの範囲は、移動端末300によって異なる。

#### 【0021】

図2は、本発明の実施の形態に係る移動端末300の構成を示すブロック図である。移動端末300は、少なくとも1つの送受信アンテナ312、無線通信部310、信号分離部320、制御信号復調部330、データ信号復調部332、SINR(Signal to Interference and Noise Ratio(信号対雑音干渉比))計算部334、SINR補正部335、ハンドオーバー判定部336、ハンドオーバー要求部337、およびオフセット値認識部338を備える。図2において、音声・映像等を出力する出力装置およ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。図2に示すように、移動端末300は複数の送受信アンテナ312を有するが、少なくとも1つの受信専用のアンテナと少なくとも1つの送信専用のアンテナを有していてもよい。

#### 【0022】

無線通信部310は、無線基地局(マクロ基地局100、ピコ基地局200)と無線通信を実行するための要素であり、無線基地局から送受信アンテナ312で受信された電波を電気信号に変換する受信回路と、音声信号等の電気信号を電波に変換して送受信アンテナ312で送信する送信回路とを有する。無線通信部310は、移動端末300が在圏するマクロセルエリアC<sub>m</sub>を形成するマクロ基地局100またはピコセルエリアC<sub>p</sub>を形成するピコ基地局200から、接続先情報を受信する。接続先情報は、移動端末300が接続すべき無線基地局(マクロ基地局100またはピコ基地局200)を指定する情報である。接続先情報に従って、移動端末300はその接続先の無線基地局と通信する。

#### 【0023】

信号分離部320、制御信号復調部330、データ信号復調部332、SINR計算部334、SINR補正部335、ハンドオーバー判定部336、ハンドオーバー要求部337、およびオフセット値認識部338は、移動端末300内の図示しないCPU(Central

10

20

30

40

50

Processing Unit) が、図示しない記憶部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。

#### 【0024】

信号分離部 320 は、無線通信部 310 で処理された信号から当該移動端末 300 宛の信号を選択し、さらにそれらの信号を制御信号、データ信号および参照信号に分離する。制御信号復調部 330 は制御信号を復調する。データ信号復調部 332 は、復調された制御信号を参照して、データ信号の送信に利用されたリソースを識別して、データ信号を復調する。

#### 【0025】

SINR 計算部 334 は、信号分離部 320 によって分離されたマクロ基地局 100 からの参照信号から、その信号対雑音干渉比（第 1 の信号対雑音干渉比 SINR1）を算出する。また、SINR 計算部 334 は、ピコ基地局 200 からの参照信号から、その信号対雑音干渉比（第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2）を算出する。SINR 計算部 334 は、当該移動端末 300 が接続されるサービング無線基地局からの参照信号の信号対雑音干渉比を測定するだけでなく、サービング無線基地局の周辺にある周辺無線基地局からの参照信号の信号対雑音干渉比も測定する。

#### 【0026】

SINR 計算部 334 は、第 1 の信号対雑音干渉比 SINR1 を算出すると、無線通信部 310 を介して、サービング無線基地局（マクロ基地局 100 またはピコ基地局 200）に送信する。

#### 【0027】

オフセット値認識部 338 は、マクロ基地局 100 によって決定され、この移動端末 300 に送信されたこの移動端末の CRE のためのオフセット値 CSO を認識する。オフセット値 CSO は移動端末 300 によって異なる。

#### 【0028】

SINR 補正部 335 は、第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2 を、オフセット値認識部 338 によって認識されたオフセット値（バイアス値）CSO を用いて増加させる。例えば、SINR2 にオフセット値 CSO を単純に加算してもよいし、第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2 にオフセット値 CSO をデシベルで加算してもよい。いずれにせよ、この処理により、ピコ基地局 200 からの参照信号の受信品質が見かけの上で向上させられ、ピコセルエリアがオフセット値 CSO に応じて拡張させられる。オフセット値 CSO は移動端末 300 によって異なるので、CRE で拡張されるピコセルエリアの範囲は、移動端末 300 によって異なる。このように補正された第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2 を補正された第 2 の信号対雑音干渉比（SINR2 + CSO）と呼ぶ。CRE が適用されていないときには、オフセット値 CSO はゼロであり、SINR 補正部 335 は、第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2 を増加させない。

#### 【0029】

ハンドオーバー判定部 336 は、第 1 の信号対雑音干渉比 SINR1 と第 2 の信号対雑音干渉比 SINR2 を比較する。具体的には、ハンドオーバー判定部 336 は、CRE が適用

$$\text{SINR1} > \text{SINR2} \quad \dots (\text{式1})$$

#### 【0030】

ハンドオーバー判定部 336 は、CRE が適用されているときには、式 2 および式 3 の条件が満たされるか否かを判定する。

$$\text{SINR2} > C_{th} \quad \dots (\text{式2})$$

$$\text{SINR1} < \text{SINR2} + \text{CSO} \quad \dots (\text{式3})$$

ここで、 $C_{th}$  は所定の品質閾値である。

#### 【0031】

ハンドオーバー要求部 337 は、無線通信部 310 を介して、ハンドオーバー判定部 336

の判定に応じたハンドオーバー要求をサービング無線基地局（マクロ基地局 100 またはピコ基地局 200）に送信する。

#### 【0032】

図 3 は、本発明の実施の形態に係るマクロ基地局 100 の構成を示すブロック図である。マクロ基地局 100 は、少なくとも 1 つの送受信アンテナ 112、無線通信部 110、基地局間通信部 120、および制御部 130 を備える。図 3 に示すように、マクロ基地局 100 は複数の送受信アンテナ 112 を有するが、少なくとも 1 つの受信専用のアンテナと少なくとも 1 つの送信専用のアンテナを有していてもよい。

#### 【0033】

無線通信部 110 は、移動端末 300 と無線通信を実行するための要素であり、移動端末 300 から送受信アンテナ 112 で受信された電波を電気信号に変換する受信回路と、音声信号等の電気信号を電波に変換して送受信アンテナ 112 で送信する送信回路とを有する。無線通信部 110 は、マクロセルエリア C<sub>m</sub> に在圏する各移動端末 300 に接続先情報を示す無線信号を送信する。

#### 【0034】

基地局間通信部 120 は、他の無線基地局（マクロ基地局 100 およびピコ基地局 200）と通信を実行するための要素であり、他の無線基地局と電気信号を送受信する。

#### 【0035】

制御部 130 は、トラヒック測定部 134、CRE 発動指示部 135、累積確率分布計算部 136、閾値決定部 137、オフセット値設定部 138、および接続先指示部 139 を有する。制御部 130 は、例えば CPU であり、その内部の要素は、CPU が図示しない記憶部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。制御部 130 の内部の要素の動作の詳細は後述される。

#### 【0036】

図 4 は、本発明の実施の形態に係るピコ基地局 200 の構成を示すブロック図である。ピコ基地局 200 は、少なくとも 1 つの送受信アンテナ 212、無線通信部 210、基地局間通信部 220 および制御部 230 を備える。図 4 に示すように、ピコ基地局 200 は複数の送受信アンテナ 212 を有するが、少なくとも 1 つの受信専用のアンテナと少なくとも 1 つの送信専用のアンテナを有していてもよい。

#### 【0037】

無線通信部 210 は、移動端末 300 と無線通信を実行するための要素であり、移動端末 300 から送受信アンテナ 212 で受信された電波を電気信号に変換する受信回路と、電気信号を電波に変換して送受信アンテナ 212 で送信する送信回路とを有する。基地局間通信部 220 は、ピコ基地局 200 自身が接続されるマクロ基地局 100 および他の無線基地局と通信を実行するための要素であり、マクロ基地局 100 および他の無線基地局と電気信号を送受信する。制御部 230 は、例えば CPU である。

#### 【0038】

図 5 は、本発明の実施の形態に係る無線通信ネットワークにおける、CRE が適用されていないときの移動端末 100 のハンドオーバーの動作を示す情報フローダイアグラムである。図 5 に示す情報フローダイアグラムは、移動端末 300 がマクロ基地局 100 と接続していることを前提としている。

#### 【0039】

移動端末 300 は、マクロ基地局 100 およびピコ基地局 200 からの参照信号を受信し、移動端末 300 の SINR 計算部 334（図 2 参照）は、第 1 の信号対雑音干渉比 SINR<sub>1</sub> と第 2 の信号対雑音干渉比 SINR<sub>2</sub> を算出する。ハンドオーバー判定部 336 は、式 1 の条件が満たされるか否かを判定する。SINR<sub>1</sub> > SINR<sub>2</sub> の場合には、移動端末 300 のハンドオーバー要求部 337 はハンドオーバー要求を送信しない。移動端末 300 はマクロ基地局 100 に接続された状態を維持する。SINR<sub>1</sub> < SINR<sub>2</sub> の場合には、ハンドオーバー要求部 337 はハンドオーバー要求を送信する。



## 【0040】

マクロ基地局100の接続先指示部139（図3参照）は、移動端末300からのハンドオーバ要求を受信し、無線通信部110を介して、その移動端末300が接続すべき無線基地局すなわちピコ基地局200を示す接続先情報を移動端末300に送信する。また、接続先指示部139は、基地局間通信部120を介して、その移動端末300が接続すべきピコ基地局200に移動端末300との接続を指示する。こうして、移動端末300の接続先がピコ基地局200に変更される。

## 【0041】

図示しないが、移動端末300がピコ基地局200に接続しているときに、 $SINR1 > SINR2$ であれば、移動端末300のハンドオーバ要求部337はハンドオーバ要求を送信する。ハンドオーバ要求はピコ基地局200を経てマクロ基地局100にまたはマクロ基地局100に直接的に受信される。接続先指示部139は、無線通信部110を介して、その移動端末300が接続すべき無線基地局すなわちマクロ基地局100を示す接続先情報を送信する。移動端末300は、マクロ基地局100から直接またはピコ基地局200を介して、接続先情報を受信する。また、接続先指示部139は、基地局間通信部120を介して、その移動端末300が接続されていたピコ基地局200に移動端末300との接続を解放するよう指示する。こうして、移動端末300の接続先がマクロ基地局100に変更される。 $SINR1 < SINR2$ の場合には、移動端末300のハンドオーバ要求部337はハンドオーバ要求を送信しない。移動端末300はピコ基地局200に接続された状態を維持する。

## 【0042】

図6は、本発明の実施の形態に係る無線通信ネットワークにおける、CREの発動およびCREが適用されときの移動端末100のハンドオーバの動作を示す情報フローダイアグラムである。

## 【0043】

マクロ基地局100のトラヒック測定部134（図3参照）は、このマクロ基地局100がサービングしている複数の移動端末300に関する通信トラヒックを測定する。測定される通信トラヒックは、下りリンクのトラヒックでもよいし、上りリンクのトラヒックでもよいし、両方のトラヒックでもよい。マクロ基地局100のCRE発動指示部135は、トラヒック測定部134で測定されるトラヒックがある閾値を超えると、無線通信部110を介してCREの発動指示を送信する。CREの発動指示は移動端末300で受信される。通信トラヒックの代わりにマクロ基地局100がサービングしている移動端末300の数をCREの発動指示の基準にしてもよい。

## 【0044】

CRE発動指示部135がCREの発動指示を送信すると、マクロ基地局100の累積確率分布計算部136は、複数の移動端末300で計算された複数の第1の信号対雑音干渉比 $SINR1$ の累積確率分布を計算する。累積確率分布を計算するための移動端末300は、マクロ基地局100がサービングしている移動端末300であってもよいし、マクロ基地局100がサービングしている移動端末300、およびマクロ基地局100のマクロセルエリア $C_m$ に位置するすべてのピコ基地局200がサービングしている移動端末300であってもよい。CREの発動指示の送信前に、累積確率分布計算部136は、これらの移動端末300から第1の信号対雑音干渉比 $SINR1$ を受信済みである。

## 【0045】

マクロ基地局100の閾値決定部137は、累積確率分布計算部136によって計算された累積確率分布上で、ある累積確率値 $\alpha$ に対応する第1の信号対雑音干渉比 $SINR1$ の値を、閾値 $SINR1_{th}$ として決定する。閾値 $SINR1_{th}$ は、CREのためのオフセット値CSOの決定に用いられる。

## 【0046】

マクロ基地局100のオフセット値設定部138は、各移動端末300にオフセット値CSOを設定する。図7および図8は、複数の移動端末から得られる第1の信号対雑音干

渉比  $SINR_1$  の累積確率分布の例を示すグラフである。閾値決定部 137 によって、ある累積確率値  $\alpha$  に対応する閾値  $SINR_{1_{th}}$  が決定される。オフセット値設定部 138 は、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  が閾値  $SINR_{1_{th}}$  より大きい移動端末 300 については、その移動端末 300 のための CRE で用いるオフセット値  $CSO$  を第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  に設定する。オフセット値設定部 138 は、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  が閾値  $SINR_{1_{th}}$  より小さい移動端末 300 については、第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  よりも大きい第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$  を、その移動端末 300 のための CRE で用いるオフセット値  $CSO$  として設定する。第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  が閾値  $SINR_{1_{th}}$  と同じである移動端末 300 については、CRE で用いるオフセット値  $CSO$  を第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  および第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$  のいずれに決定してもよい。

10

#### 【0047】

図 7 および図 8 に示すように、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  の累積確率分布は各移動端末 100 の位置によって変化するので、累積確率値  $\alpha$  (累積確率の基準値) が固定値であっても、閾値  $SINR_{1_{th}}$  は状況によって変化する。累積確率値  $\alpha$  は、ピコ基地局 200 のピコセルエリア  $C_p$  のサイズ、マクロ基地局 100 に接続されるピコ基地局 200 の数、マクロ基地局 100 の送信電力およびピコ基地局 200 の送信電力などのパラメータによって決定された固定値であってよい。但し、累積確率値  $\alpha$  は可変値であってもよく、これらのパラメータに基づいてマクロ基地局 100 の制御部 130 が累積確率値  $\alpha$  を決定してもよい。

20

#### 【0048】

図 6 に示すように、マクロ基地局 100 のオフセット値設定部 138 は、各移動端末 300 のオフセット値  $CSO$  (第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  または第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$ ) を決定すると、そのオフセット値  $CSO$  を対応する移動端末 300 に通知する。

#### 【0049】

CRE の発動後、移動端末 300 のハンドオーバ判定部 336 はハンドオーバ判定を行う。すなわち、ハンドオーバ判定部 336 は式 2 および式 3 の条件が満たされるか否かを判定する。式 2 または式 3 の条件が満たされない場合には、移動端末 300 のハンドオーバ要求部 337 はハンドオーバ要求を送信しない。したがって、マクロ基地局 100 の接続先指示部 139 は移動端末 300 の接続先の変更を指示しない。移動端末 300 はマクロ基地局 100 に接続された状態を維持する。式 2 および式 3 の両方の条件が満たされる場合には、ハンドオーバ要求部 337 はハンドオーバ要求を送信する。

30

#### 【0050】

マクロ基地局 100 の接続先指示部 139 (図 3 参照) は、移動端末 300 からのハンドオーバ要求を受信し、無線通信部 110 を介して、その移動端末 300 が接続すべき無線基地局すなわちピコ基地局 200 を示す接続先情報を移動端末 300 に送信する。また、接続先指示部 139 は、基地局間通信部 120 を介して、その移動端末 300 が接続すべきピコ基地局 200 に移動端末 300 との接続を指示する。こうして、移動端末 300 の接続先がピコ基地局 200 に変更される。

40

#### 【0051】

図示しないが、移動端末 300 がピコ基地局 200 に接続しているときに、 $SINR_2 < C_{th}$  であれば、移動端末 300 のハンドオーバ要求部 337 はハンドオーバ要求を送信してもよい。あるいは、 $SINR_1 > SINR_2 + CSO$  であれば、移動端末 300 のハンドオーバ要求部 337 はハンドオーバ要求を送信してもよい。ハンドオーバ要求は、ピコ基地局 200 を経てマクロ基地局 100 に、あるいはマクロ基地局 100 に直接的に受信される。接続先指示部 139 は、無線通信部 110 を介して、その移動端末 300 が接続すべき無線基地局すなわちマクロ基地局 100 を示す接続先情報を送信する。移動端末 300 は、マクロ基地局 100 から直接またはピコ基地局 200 を介して、接続先情報を受信する。また、接続先指示部 139 は、基地局間通信部 120 を介して、その移動端

50

末 300 が接続されていたピコ基地局 200 に移動端末 300 との接続を解放するよう指示する。こうして、移動端末 300 の接続先がマクロ基地局 100 に変更される。式 2 および式 3 の両方の条件が満たされる場合には、移動端末 300 のハンドオーバー要求部 337 はハンドオーバー要求を送信しない。移動端末 300 はピコ基地局 200 に接続された状態を維持する。

#### 【0052】

図示しないが、CRE の発動指示の後、移動端末 300 は、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  をマクロ基地局 100 に繰り返し報告する。したがって、マクロ基地局 100 の累積確率分布計算部 136 は、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  の累積確率分布を更新し、閾値決定部 137 は閾値  $SINR_{1\ t_h}$  を更新し、オフセット値設定部 138 は各移動端末 300 に与えるオフセット値  $CSO$  (第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  または第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$ ) を更新し、各マクロ基地局 100 に伝達する。図 7 および図 8 を参照して上記したように、累積確率分布は各移動端末 100 の位置によって変化するので、その時々に応じた適切な第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  または第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$  が移動端末 300 に指示される。移動端末 300 のハンドオーバー判定部 336 はハンドオーバー判定を繰り返し、上記のハンドオーバーの条件が満たされれば、ハンドオーバー要求部 337 はハンドオーバー要求を送信する。

#### 【0053】

この実施の形態によれば、CRE のためにピコ基地局 200 からの無線信号の第 2 の信号対雑音干渉比  $SINR_2$  を増加させるオフセット値  $CSO$  として、第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  または第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$  が、各移動端末 300 に対して設定される。マクロ基地局 100 からの無線信号の第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  が閾値  $SINR_{1\ t_h}$  より大きい移動端末 300 には、より小さい第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  が与えられ、第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  が閾値  $SINR_{1\ t_h}$  より小さい移動端末 300 には、より大きい第 2 のオフセット値  $CSO_{high}$  が与えられる。オフセット値  $CSO$  を決定するための閾値  $SINR_{1\ t_h}$  は、マクロセルエリア  $C_m$  の複数の移動端末 300 の第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  の累積確率分布に基づいて決定されるため、マクロ基地局 100 に接続する方が好ましい可能性が高い移動端末 300 にはより小さいオフセット値  $CSO_{low}$  が与えられ、ピコ基地局 200 に接続する方が好ましい可能性が高い移動端末 300 にはより大きいオフセット値  $CSO_{high}$  が与えられる。これにより、オフセット値  $CSO$  がすべての移動端末 300 に対して一定である場合と比較して、多くの移動端末 300 の受信品質を高く確保することが可能である。移動端末 300 が適切な接続先に接続することにより、その移動端末の通信スループットが高く確保され、ひいてはネットワーク全体の通信スループットが向上する。

#### 【0054】

しかも、オフセット値  $CSO$  を決定するための閾値  $SINR_{1\ t_h}$  は、マクロセルエリア  $C_m$  の複数の移動端末 300 の第 1 の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  の累積確率分布に基づいて決定される。そのため、この閾値  $SINR_{1\ t_h}$  は、多くの移動端末 300 のマクロ基地局 100 からの無線信号の受信品質に応じて可変である。したがって、各移動端末 300 にいずれのオフセット値を設定するか、状況に応じて適切に決定することが可能である。

#### 【0055】

また、図 6 を参照して上記したように、ハンドオーバー判定において式 2 または式 3 の条件が満たされない場合には、移動端末 300 のハンドオーバー要求部 337 は、マクロ基地局 100 からピコ基地局 200 へのハンドオーバーの要求を送信しない。したがって、マクロ基地局 100 の接続先指示部 139 は移動端末 300 の接続先の変更を指示しない。移動端末 300 はマクロ基地局 100 に接続された状態を維持する。ハンドオーバー判定部 336 が、マクロ基地局 100 からピコ基地局 200 へのハンドオーバー要求を送信するのは、 $SINR_1 < SINR_2 + CSO$  かつ  $SINR_2 > C_{t_h}$  の場合である。したがって、マクロ基地局 100 の接続先指示部 139 は、第 1 のオフセット値  $CSO_{low}$  または第 2

のオフセット値  $CSO_{high}$  で増加させられた第2の信号対雑音干渉比  $SINR_2$  が第1の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  より大きく、かつ移動端末300がピコ基地局200に接続されたとしたらその移動端末300での受信品質（ここでは  $SINR_2$  ）が品質閾値  $C_{th}$  よりも高い場合に、その移動端末300の無線接続先をマクロ基地局100からピコ基地局200に変更する。たとえオフセット値  $CSO$  で増加させられた第2の信号対雑音干渉比  $SINR_2$  が第1の信号対雑音干渉比  $SINR_1$  より大きくても、移動端末300がピコ基地局200に接続されたとしたらその移動端末300での受信品質が大きく低下する場合には、ピコ基地局200にハンドオーバーされない。したがって、ピコ基地局200と接続することにより通信品質が劣化する移動端末300の確率を抑圧することができる。ハンドオーバー判定において、品質閾値と比較されるのは、第2の信号対雑音干渉比  $SINR_2$  に限らず、ピコ基地局200からの無線信号の参照信号受信電力（ $RSRP$ （Reference Signal Received Power））、参照信号受信品質（ $RSRQ$ （Reference Signal Received Quality））、またはその他の品質指標であってもよい。

10

#### 【0056】

図9は、実施の形態の効果を確認するためのシステムレベルシミュレーションの結果を示すグラフである。このシミュレーションは、複数の基地局と多くの移動端末を含むサービスエリア全体のシミュレーションである。シミュレーションにおいて、サービスエリアには19のマクロ基地局が配置され、各マクロ基地局が3セクターを有すると想定されている。ヘテロジーニアスネットワークのシミュレーションでは、1セクターあたり4つのピコ基地局（したがって全部で228のピコ基地局）が配置されていると想定されている。ホモジーニアスネットワークのシミュレーションでは、ピコ基地局は配置されないと想定されている。シミュレーションで使用する詳細パラメータは、3GPPで用いられているものと同様であり、例えば、周波数帯域幅は10MHz、最大の変調方式は64QAMである。

20

#### 【0057】

ホモジーニアスネットワークと、異なるオフセット値  $CSO$ （固定値）を使用する6のヘテロジーニアスネットワークと、本発明の実施の形態のヘテロジーニアスネットワークの平均ユーザスループットおよびセル端ユーザスループットを調査した。平均ユーザスループットは、接続先がマクロ基地局かピコ基地局かに関わらないネットワーク全体のすべてのユーザ端末のスループットの平均である。セル端ユーザスループットは、接続先がマクロ基地局かピコ基地局かに関わらないネットワーク全体のすべてのユーザ端末のうち、スループットが下位5%に属するユーザ端末のスループットの平均である。図9において、横軸の  $CSO$  は、固定のオフセット値  $CSO$  を使用するヘテロジーニアスネットワークのオフセット値  $CSO$ （dB）を示す。 $CSO=0$  は  $CRI$  を実施しないことを示す。

30

#### 【0058】

図9から明らかなように、ヘテロジーニアスネットワークでは、オフセット値  $CSO$  が大きいほど平均ユーザスループットは劣化した。セル端ユーザスループットはオフセット値  $CSO$  が0~4の範囲では  $CSO$  が大きいほど改善した。この結果は、 $CRI$  の適用によるオフロード（offload）効果に起因すると考えられる。しかし、オフセット値  $CSO$  が4を超えると  $CSO$  が大きいほど、セル端ユーザスループットは著しく劣化した。この結果は、オフセット値  $CSO$  が大きいほど、マクロ基地局に接続する方が好ましいがピコ基地局に接続する移動端末が増えることに起因すると考えられる。

40

#### 【0059】

本発明の実施の形態に係るネットワークでは、 $CSO=0$  または2のときの平均ユーザスループットと同等の平均ユーザスループットが達成され、さらにセル端ユーザスループットは他のどのネットワークと比較しても良好であった。したがって、実施の形態に係るネットワークによれば、すべての端末に対して固定のオフセット値  $CSO$  を与える他のネットワークと比べて、平均ユーザスループットを維持しながらセルエッジユーザスループットを改善できることが分かった。

#### 【0060】

50

上記の実施の形態において、マクロ基地局 100 またはピコ基地局 200 からの無線信号の S I N R は、他の目的のオフセット値で補正してもよい。例えば、一旦ハンドオーバーされた移動端末 300 が元の基地局にすぐにハンドオーバーされることを防止するためのヒステリシス用のオフセット値を使用してもよい。

#### 【0061】

上記の実施の形態において、移動端末 300 はハンドオーバー判定結果に応じてハンドオーバー要求を送信し、マクロ基地局 100 がハンドオーバー要求に応答して移動端末 300 の無線接続先を指示する。しかし、移動端末 300 がピコ基地局 200 に接続されている場合には、ピコ基地局 200 がハンドオーバー要求に応答して移動端末 300 の無線接続先を指示してもよい。

10

#### 【0062】

上記の実施の形態では、マクロ基地局 100 よりも送信能力の低い基地局（小電力無線基地局）としてピコ基地局 200 が例示されるが、マイクロ基地局、ナノ基地局、フェムト基地局等が送信能力の低い小電力無線基地局として採用されてもよい。

#### 【0063】

マクロ基地局 100、ピコ基地局 200、移動端末 300 において C P U が実行する各機能は、C P U の代わりに、ハードウェアで実行してもよいし、例えば F P G A（Field Programmable Gate Array）、D S P（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。

#### 【0064】

20

図 10 は、実施の形態のさらなる変形に係る無線通信ネットワークの概略図である。この無線通信ネットワークは、複数のマクロ基地局 100 に接続されたネットワーク制御装置 400 を備える。上記の実施の形態でのマクロ基地局 100 の機能の一部（例えば、トラヒック測定部 134、C R E 発動指示部 135、累積確率分布計算部 136、閾値決定部 137、オフセット値設定部 138 および接続先指示部 139 に相当する機能の全部または一部）は、ネットワーク制御装置 400 が実行してもよい。

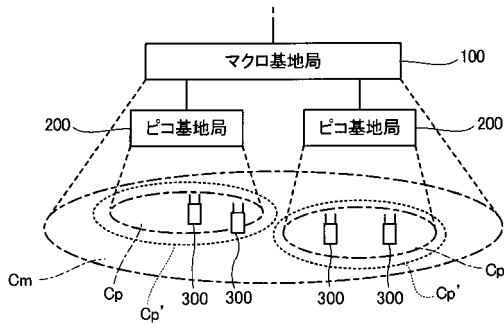
#### 【符号の説明】

#### 【0065】

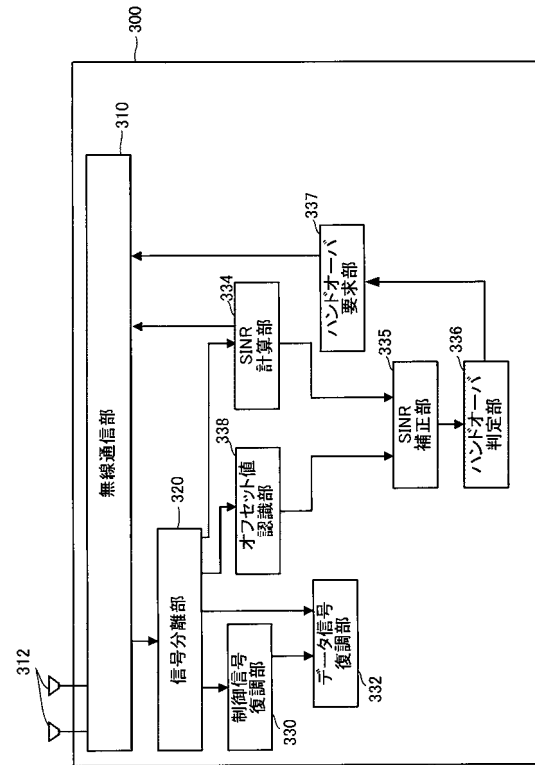
100 マクロ基地局（大電力無線基地局）、C m マクロセルエリア（第 1 のセルエリア）、130 制御部、134 トラヒック測定部、135 C R E 発動指示部、136 累積確率分布計算部、137 閾値決定部、138 オフセット値設定部、139 接続先指示部、200 ピコ基地局（小電力無線基地局）、C p ピコセルエリア（第 2 のセルエリア）、230 制御部、300 移動端末、320 信号分離部、330 制御信号復調部、332 データ信号復調部、334 S I N R 計算部、335 S I N R 補正部、336 ハンドオーバー判定部、337 ハンドオーバー要求部、338 オフセット値認識部、400 ネットワーク制御装置。

30

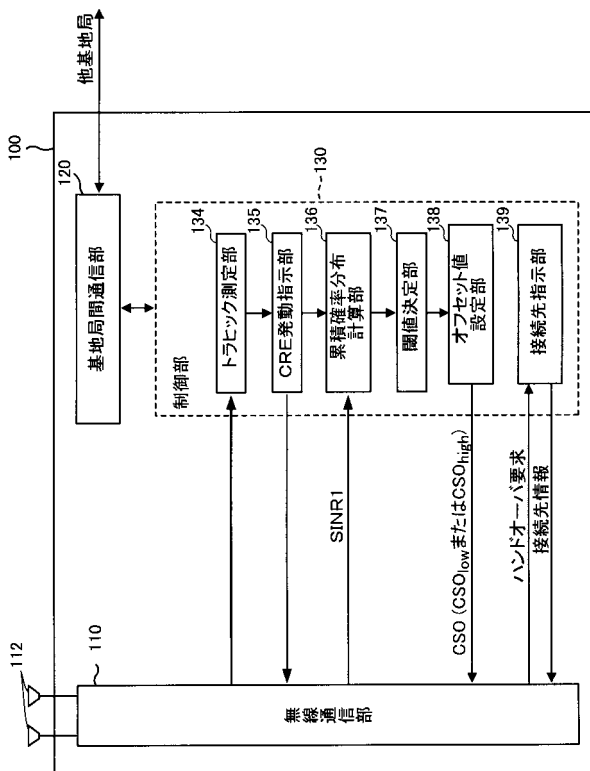
【図 1】



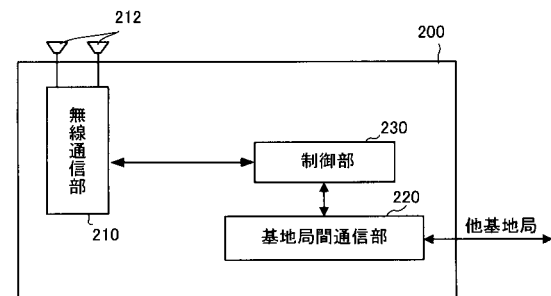
【図 2】



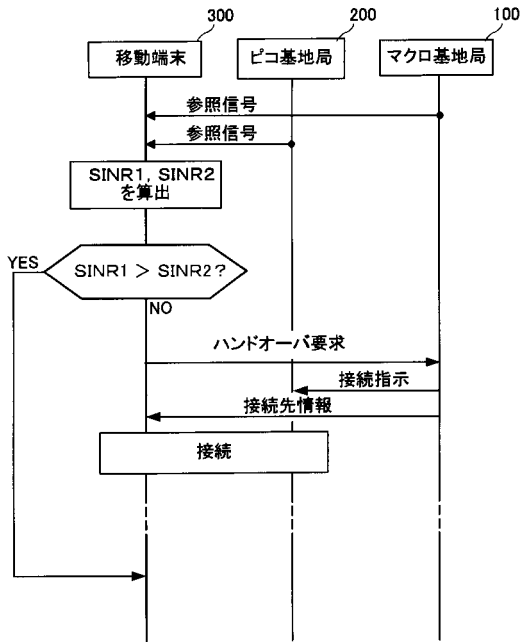
【図 3】



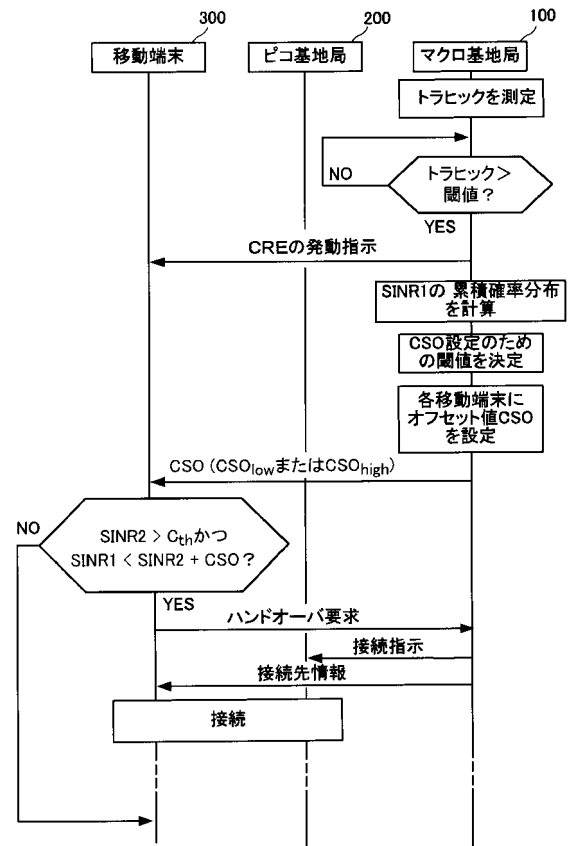
【図 4】



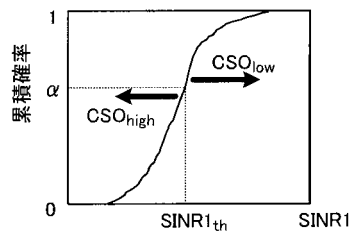
【図 5】



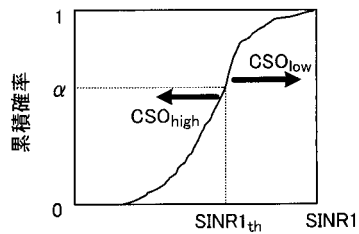
【図 6】



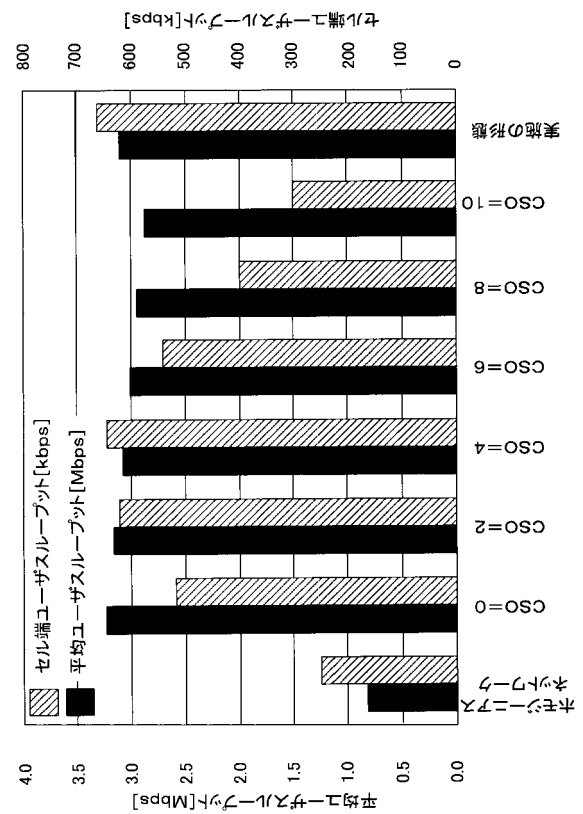
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

