

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 1 月 7 日(07.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/002087 A1

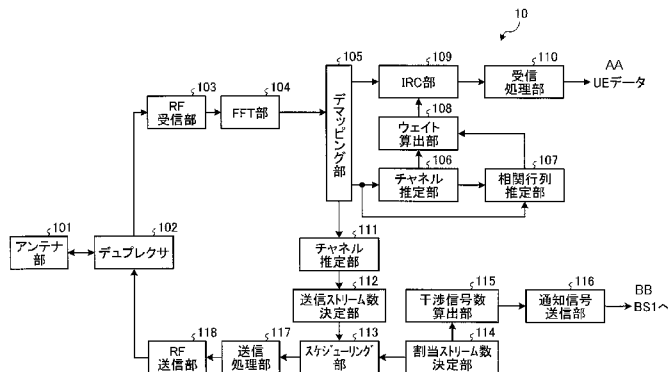
- (51) 国際特許分類:
H04W 16/28 (2009.01) **H04J 99/00** (2009.01)
H04B 7/04 (2006.01) **H04W 16/16** (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/067987
- (22) 国際出願日: 2014 年 7 月 4 日(04.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED)
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田
中 4 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 小林 崇春 (KOBAYASHI, Takaharu); 〒
2118588 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 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明 (SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東
京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三
井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事
務所 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, BASE STATION, AND BASE STATION CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 通信システム、基地局及び基地局制御方法



- 101 Antenna unit
102 Duplexer
103 RF reception unit
104 FFT unit
105 Demapping unit
106 Channel estimation unit
107 Correlation matrix estimation unit
108 Weight calculation unit
109 IRC unit
110 Reception processing unit
111 Channel estimation unit
112 Number-of-transmission-streams determination unit
113 Scheduling unit
114 Number-of-allocated-streams determination unit
115 Number-of-interference-signals calculation unit
116 Notification signal transmission unit
117 Transmission processing unit
118 RF transmission unit
AA UE data
BB To BS 1

(57) Abstract: Provided is a base station that can avoid inter-
ferences, thereby preventing the reception quality from
being degraded. The present base station (10) uses the same
predetermined radio resources as another base station. The
present base station (10) comprises: an antenna unit (101)
that forms a coverage area different from a coverage area
formed by the other base station and that functions as a plu-
rality of reception antennas; a number-of-allocated-streams
determination unit (114); a number-of-interference-signals
calculation unit (115); and a notification signal transmis-
sion unit (116). The number-of-allocated-streams determi-
nation unit (114) determines, in the predetermined radio re-
sources, a number of streams allocated in the present base station. On
the basis of both a number of reception antennas of the
present base station and the number of streams allocated in
the present base station, the number-of-interference-signals
calculation unit (115) calculates, in the predetermined radio
resources, a number of interference signals that can be re-
moved by the present base station. The notification signal
transmission unit (116) transmits, to the other base station, a
notification of the number of interference signals that can be
removed in the predetermined radio resources.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/002087 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

干渉を回避して受信品質の劣化を防止することができる基地局。この基地局（10）と他の基地局とは同一の所定の無線リソースを使用する。また、この基地局（10）は、他の基地局が形成するカバーエリアと異なるカバーエリアを形成し、複数の受信アンテナとして機能するアンテナ部（101）と、割当ストリーム数決定部（114）と、干渉信号数算出部（115）と、通知信号送信部（116）とを有する。割当ストリーム数決定部（114）は、所定の無線リソースにおいて、自局での割当ストリーム数を決定する。干渉信号数算出部（115）は、自局が有する複数の受信アンテナの数と、自局での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、自局が除去可能な干渉信号数を算出する。通知信号送信部（116）は、所定の無線リソースにおける除去可能な干渉信号数の通知を他の基地局へ送信する。

明 細 書

発明の名称：通信システム、基地局及び基地局制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、通信システム、基地局及び基地局制御方法に関する。

背景技術

[0002] 最近、送信電力が大きく、大きなカバーエリアを形成する「マクロ基地局」の配下に、送信電力が小さく、小さなカバーエリアを形成する「ピコ基地局」を配置した H e t N e t (Heterogeneous Network) と呼ばれる通信システムについての検討が行われている。各基地局が形成するカバーエリアは、セルまたはセクタと呼ばれることがある。H e t N e t では、マクロ基地局のトラヒックをピコ基地局へとオフロードすることができるため、通信速度の向上を図ることが可能となる。

[0003] ユーザ端末 (User Equipment : U E) における上りリンクの送信電力は、上りリンクのパスロスに応じて決定される。つまり、上りリンクのパスロスが大きいほど、上りリンクの送信電力が大きくなる。上記のように H e t N e t では、マクロ基地局のカバーエリアの大きさと、ピコ基地局のカバーエリアの大きさが異なる。このため、ピコ基地局のカバーエリアの端（以下では「セルエッジ」と呼ぶことがある）に位置するユーザ端末の送信電力と、マクロ基地局のセルエッジに位置するユーザ端末の送信電力との間に大きな差が生じる。よって、ピコ基地局のカバーエリア内に位置するユーザ端末は、マクロ基地局のセルエッジに位置するユーザ端末から大きな干渉を受けることになる。以下では、ピコ基地局のカバーエリア内に位置してピコ基地局と接続中のユーザ端末を「ピコ U E」と呼ぶことがある。また、マクロ基地局のカバーエリア内に位置してマクロ基地局と接続中のユーザ端末を「マクロ U E」と呼ぶことがある。

[0004] このような干渉の影響を軽減する技術として、I R C (Interference Reject Combining) 受信と呼ばれる受信技術がある。I R C では、平均的な干

渉雑音電力を用いたMMSE (Minimum Mean Square Error) 受信ウェイト W^H (式 (1)) を用いるのではなく、干渉信号の相関行列を用いた受信ウェイト W^H (式 (2)) を受信信号に乗算することで干渉の影響を軽減する。式 (1), (2) において、「 h_p 」はピコ基地局とピコ基地局に接続しているユーザ端末との間のチャネル推定値、「 σ_I 」は平均干渉雑音電力、「 I 」は単位行列、「 R_I 」は雑音電力を含む干渉信号の相関行列、「 y_p 」はピコ基地局における受信信号、「 s_p 」はピコ基地局に接続しているユーザ端末の参照信号を表す。また、「 X^H 」は行列 X の共役転置、「 $E[\]$ 」はアンサンブル平均を表す。

[数1]

$$W^H = h_p(h_p h_p^H + \sigma_I I)^{-1} \quad (1)$$

[数2]

$$W^H = h_p(h_p h_p^H + R_I)^{-1} \quad (2)$$

$$R_I = E[(y_p - h_p s_p)(y_p - h_p s_p)^H]$$

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-156798号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、希望信号の数と干渉信号の数との合計数が受信アンテナの数以下であるときに、IRC受信において希望信号に対してビームを向け、かつ、干渉信号に対してヌルを向けて、干渉を回避することができる。よって、干渉信号の数が「受信アンテナ数－希望信号数」より大きくなると、干渉を回避しきれず受信品質が劣化する。上りリンクと下りリンクとで異なる周波数帯を用いるFDD (Frequency Division Duplex) 方式の通信システムでIRC受信を行うピコ基地局では、「希望信号数」は「ピコUEの送信ストリーム数」に相当し、「干渉信号数」は「マクロUEの送信ストリーム数」に

相当する。よって、マクロ基地局とマクロUEとの間においてMU-MIMO (Multiuser Multiple Input Multiple Output) 通信が行われる場合等には、ピコ基地局における干渉信号数が大きくなり、ピコ基地局において、干渉信号数が「受信アンテナ数－希望信号数」より大きくなってしまい受信品質が劣化することがある。

[0007] 開示の技術は、上記に鑑みてなされたものであって、干渉を回避して受信品質の劣化を防止することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 開示の態様では、通信システムは、第一カバーエリアを形成する第一基地局と、前記第一カバーエリアと異なる第二カバーエリアを形成し、かつ、前記第一基地局が使用する無線リソースと同一の無線リソースを使用する第二基地局とを有する。前記第二基地局は、前記無線リソースにおいて、前記第二基地局での割当ストリーム数を決定する。また、前記第二基地局は、前記第二基地局が有する受信アンテナの数と、前記割当ストリーム数とに基づいて、前記無線リソースにおいて、前記第二基地局が除去可能な干渉信号数を算出する。また、前記第二基地局は、前記無線リソースにおける前記干渉信号数を前記第一基地局へ通知する。前記第一基地局は、前記無線リソースにおいて、前記干渉信号数を上限として、前記第一基地局での割当ストリーム数を決定する。

発明の効果

[0009] 開示の態様によれば、干渉を回避して受信品質の劣化を防止することを目的とする。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施例1の通信システムの構成の一例を示す図である。

[図2]図2は、実施例1の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。

[図3]図3は、実施例1の通信システムの動作例の説明に供する図である。

[図4]図4は、実施例1の通信システムの動作例の説明に供する図である。

[図5]図5は、実施例1の通信システムの動作例の説明に供する図である。

[図6]図6は、実施例1のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図7]図7は、実施例1のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図8]図8は、実施例2の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。

[図9]図9は、実施例2の通信システムの動作例の説明に供する図である。

[図10]図10は、実施例2の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図11]図11は、実施例2の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図12]図12は、実施例2のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図13]図13は、実施例2のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図14]図14は、実施例3の通信システムの構成の一例を示す図である。

[図15]図15は、実施例3の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。

[図16]図16は、実施例3の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図17]図17は、実施例3の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図18]図18は、実施例3の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図19]図19は、実施例3の通信システムの動作例の説明に供する図である。
。

[図20]図20は、実施例3のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック

図である。

[図21]図 2 1 は、実施例 3 のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。

[図22]図 2 2 は、基地局のハードウェア構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本願の開示する通信システム、基地局及び基地局制御方法の実施例を図面に基づいて説明する。なお、この実施例により本願の開示する通信システム、基地局及び基地局制御方法が限定されるものではない。また、各実施例において同一の機能を有する構成、及び、同一の処理を行うステップには同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0012] [実施例 1]

<通信システムの構成>

図 1 は、実施例 1 の通信システムの構成の一例を示す図である。以下では、マクロUEを「MUE」と表記し、ピコUEを「PUE」と表記することがある。図 1 に示す通信システム 1 は、マクロ基地局BS 1 と、ピコ基地局BS 2 と、MUE # 1 ～ # 4 と、PUE # 1 ～ # 4 とを有する。通信システム 1 は、FDD方式の通信システムである。マクロ基地局BS 1 はカバーエリアA 1 を形成する。ピコ基地局BS 2 は、カバーエリアA 1 より小さいカバーエリアA 2 を形成する。マクロ基地局BS 1 とピコ基地局BS 2 とは、X2 インタフェース等を用いて接続されて情報交換が可能であり、協調動作が可能である。また図 1 では、MUE # 1 及びMUE # 2 のそれぞれがマクロ基地局BS 1 とSIMO (Single Input Multiple Output) 通信を行い、PUE # 1 及びPUE # 2 のそれぞれがピコ基地局BS 2 とSIMO通信を行う場合を一例として示す。また図 1 では、MUE # 3 とMUE # 4 とがマクロ基地局BS 1 とMUE-MIMO通信を行い、PUE # 3 とPUE # 4 とがピコ基地局BS 2 とMUE-MIMO通信を行う場合を一例として示す。

[0013] 以下では、MUE # 1 ～ # 4 を区別しない場合には、MUEと総称し、PUE # 1 ～ # 4 を区別しない場合には、PUEと総称することがある。また

、図 1 では 4 台の MUE 及び 4 台の PUE を一例として挙げているが、MUE 及び PUE の台数は限定されない。

[0014] <通信システムの処理シーケンス>

図 2 は、実施例 1 の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。

[0015] マクロ基地局 BS 1 と MUE とが接続中、及び、ピコ基地局 BS 2 と PUE とが接続中にある状態において、ピコ基地局 BS 2 は、ピコ基地局 BS 2 での割当ストリーム数を決定する（ステップ S 1 1）。ピコ基地局 BS 2 は、マクロ基地局 BS 1 及びピコ基地局 BS 2 の双方が使用可能な上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、ピコ基地局 BS 2 での割当ストリーム数を決定する。ピコ基地局 BS 2 での割当ストリーム数は、PUE に割り当てられる上りリンクの送信ストリーム数である。

[0016] 次に、ピコ基地局 BS 2 は、ピコ基地局 BS 2 での除去可能な干渉信号数を算出する（ステップ S 1 2）。ピコ基地局 BS 2 は、ピコ基地局 BS 2 が有する受信アンテナの数と、ピコ基地局 BS 2 での割当ストリーム数とに基づいて、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、除去可能な干渉信号数を算出する。例えば、ピコ基地局 BS 2 は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、受信アンテナ数から割当ストリーム数を引いた数を、除去可能な干渉信号数として算出する。

[0017] 次に、ピコ基地局 BS 2 は、ステップ S 1 2 で算出した干渉信号数をマクロ基地局 BS 1 へ通知する（ステップ S 1 3）。

[0018] ステップ S 1 3 の通知を受けたマクロ基地局 BS 1 は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、ステップ S 1 2 で算出された干渉信号数を上限として、マクロ基地局 BS 1 での割当ストリーム数を決定する（ステップ S 1 4）。マクロ基地局 BS 1 での割当ストリーム数は、MUE に割り当てられる上りリンクの送信ストリーム数である。

[0019] <通信システムの動作>

図 3, 4, 5 は、実施例 1 の通信システムの動作例の説明に供する図であ

る。図3、4、5において、無線周波数リソース#1、#2、#3の各々は、マクロ基地局BS1及びピコ基地局BS2の双方が使用可能な上りリンクの無線周波数リソースである。つまり、マクロ基地局BS1とピコ基地局BS2とは、同一の所定の無線周波数リソースを使用する。

[0020] まず、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#1、#2、#3毎に、割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定する。「 i 」は、無線周波数リソースの番号を表し、ここでは#1、#2、#3にそれぞれ相当する1、2、3である。例えば、ピコ基地局BS2は、図3に示すように、無線周波数リソース#1の割当ストリーム数 $A_p(1)$ を「2」に決定し、無線周波数リソース#2の割当ストリーム数 $A_p(2)$ を「1」に決定し、無線周波数リソース#3の割当ストリーム数 $A_p(3)$ を「1」に決定する。ピコ基地局BS2は、決定した割当ストリーム数を更新するまで、各無線周波数リソースのストリーム数が割当ストリーム数 $A_p(i)$ に一致するように、毎サブフレーム、上りリンクの送信ストリームの各PUEに対する割当を行う。例えば、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#1にPUE#3とPUE#4とを同時に割り当ててMUE-MIMO通信を行う一方で、SIMO通信を行うPUE#1、#2を無線周波数リソース#2、#3にそれぞれ割り当てる。

[0021] 次に、ピコ基地局BS2は、式(3)に従って、無線周波数リソース#1、#2、#3毎に、ピコ基地局BS2での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ を算出する。式(3)において、「 N_p 」は、ピコ基地局BS2の受信アンテナ数を表す。

[数3]

$$B_p(i) = N_p - A_p(i) \quad (3)$$

[0022] よって例えば、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数が図3に示すようになり、かつ、「 $N_p = 2$ 」である場合は、ピコ基地局BS2での除去可能な干渉信号数は、図4に示すようになる。つまり、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#2、#3では、それぞれ1つの干渉信号を除去可能である一方で、無線周波数リソース#1では、干渉信号を除去可能でない。

[0023] 次いで、ピコ基地局BS2は、除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ をマクロ基地局BS1へ通知する。

[0024] $B_p(i)$ の通知を受けたマクロ基地局BS1は、無線周波数リソース#1, #2, #3毎に、 $B_p(i)$ を上限として、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数 $A_m(i)$ を決定する。例えば、マクロ基地局BS1は、式(4)に従って、 $A_m(i)$ を決定する。よって、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数は図5に示すようになる。

[数4]

$$A_m(i) = B_p(i) \quad (4)$$

[0025] そして、マクロ基地局BS1は、無線周波数リソース#1, #2, #3のそれぞれにおいて、割当ストリーム数 $A_m(i)$ に一致するように、上りリンクの送信ストリームの各MUEに対する割当を行う。例えば、マクロ基地局BS1は、割当ストリーム数が「0」である無線周波数リソース#1にはMUEを割り当てず、割当ストリーム数がそれぞれ「1」である無線周波数リソース#2, #3には、SIMO通信を行うMUE#1, #2をそれぞれ割り当てる。または、マクロ基地局BS1は、MUE#3, #4を無線周波数リソース#2, #3にそれぞれ割り当てる場合には、MUE#3, #4との通信を、MU-MIMO通信からSIMO通信に変更する。

[0026] <ピコ基地局の構成>

図6は、実施例1のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図6に示すピコ基地局10は、図1に示すピコ基地局BS2に相当する。

[0027] 図6において、ピコ基地局10は、アンテナ部101と、デュプレクサ102と、RF(Radio Frequency)受信部103と、FFT(Fast Fourier Transform)部104と、デマッピング部105と、チャネル推定部106と、相関行列推定部107とを有する。また、ピコ基地局10は、ウェイト算出部108と、IRC部109と、受信処理部110と、チャネル推定部111と、送信ストリーム数決定部112と、スケジューリング部113と、割当ストリーム数決定部114と、干渉信号数算出部115とを有する。

また、ピコ基地局 10 は、通知信号送信部 116 と、送信処理部 117 と、RF 送信部 118 とを有する。

[0028] アンテナ部 101 は、複数のアンテナから形成される。ピコ基地局 10 はデュプレクサ 102 を有するため、アンテナ部 101 を形成する複数のアンテナは、受信アンテナ及び送信アンテナとして機能する。よって、これらの複数のアンテナの数は、受信アンテナ数または送信アンテナ数に相当する。

[0029] RF 受信部 103 は、PUE から送信された OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 信号を、アンテナ部 101 とデュプレクサ 102 とを介して受信する。RF 受信部 103 は、受信した OFDM 信号に対してダウンコンバート、アナログディジタル変換等の受信無線処理を行ってベースバンドの OFDM 信号を得て FFT 部 104 へ出力する。このベースバンドの OFDM 信号には CP (Cyclic Prefix) が付加されている。

[0030] FFT 部 104 は、ベースバンドの OFDM 信号から CP を除去し、CP 除去後の OFDM 信号に対して FFT 処理を施して OFDM 信号を周波数領域信号に変換し、周波数領域信号をデマッピング部 105 へ出力する。

[0031] デマッピング部 105 は、周波数領域信号から PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) 信号、DMRS (Demodulation Reference Signal) 及び SRS (Sounding Reference Signal) を抽出する。デマッピング部 105 は、PUSCH 信号を IRC 部 109 へ出力し、DMRS をチャネル推定部 106 及び相関行列推定部 107 へ出力し、SRS をチャネル推定部 111 へ出力する。

[0032] チャネル推定部 106 は、DMRS を用いて上りリンクのチャネル推定を行い、チャネル推定結果をウェイト算出部 108 及び相関行列推定部 107 へ出力する。

[0033] 相関行列推定部 107 は、チャネル推定部 106 でのチャネル推定結果を用いて、式 (2) に示す相関行列 R_l を推定してウェイト算出部 108 へ出力する。

[0034] ウェイト算出部 108 は、チャネル推定部 106 でのチャネル推定結果と

、相関行列 R_I とを用いて、式（２）に示す受信ウェイト W^H を算出してIRC部109へ出力する。

[0035] IRC部109は、式（２）に示す受信ウェイト W^H をPUSCH信号に乗算することで、PUSCH信号に対してIRCを行い、IRC後のPUSCH信号を受信処理部110へ出力する。

[0036] 受信処理部110は、IRC後のPUSCH信号に対して復調処理及び復号処理を施してUEデータを得る。このUEデータは、各PUEから送信されたデータである。

[0037] チャンネル推定部111は、SRSを用いて上りリンクのチャンネル推定を行い、チャンネル推定結果を送信ストリーム数決定部112へ出力する。

[0038] 送信ストリーム数決定部112は、チャンネル推定部111でのチャンネル推定結果を用いて、各PUEに最適な送信ストリーム数を決定してスケジューリング部113へ出力する。送信ストリーム数決定部112が決定する送信ストリーム数は、上りリンクのPUSCHにおいて各PUEに最適なストリーム数である。

[0039] 割当ストリーム数決定部114は、ピコ基地局10での割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定してスケジューリング部113及び干渉信号数算出部115へ出力する。

[0040] 干渉信号数算出部115は、ピコ基地局10での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ を算出し、 $B_p(i)$ を示す通知信号を形成し、形成した通知信号を通知信号送信部116へ出力する。

[0041] 通知信号送信部116は、 $B_p(i)$ を示す通知信号をマクロ基地局BS1へ送信する。

[0042] スケジューリング部113は、送信ストリーム数決定部112で決定された送信ストリーム数と、割当ストリーム数 $A_p(i)$ とに従って、上りリンクの無線周波数リソースのスケジューリングを行う。すなわち、スケジューリング部113は、送信ストリーム数決定部112で決定された送信ストリーム数を割当ストリーム数 $A_p(i)$ に従って各無線周波数リソースに配分しな

がら、上りリンクの送信ストリームの各PUEに対する割当を行う。スケジューリング部113は、スケジューリング結果を示す制御信号を形成し、形成した制御信号を送信処理部117へ出力する。

[0043] 送信処理部117は、スケジューリング部113から入力された制御信号に対して符号化処理及び変調処理を施し、変調処理後の制御信号をRF送信部118へ出力する。

[0044] RF送信部118は、送信処理部117から入力された制御信号に対して、デジタルアナログ変換、アップコンバート等の送信無線処理を行い、送信無線処理後の制御信号を、デュプレクサ102とアンテナ部101とを介してPUEへ送信する。

[0045] <マクロ基地局の構成>

図7は、実施例1のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図7に示すマクロ基地局20は、図1に示すマクロ基地局BS1に相当する。

[0046] 図7において、マクロ基地局20は、アンテナ部201と、デュプレクサ202と、RF受信部203と、FFT部204と、デマッピング部205と、チャネル推定部206と、ウェイト算出部207とを有する。また、マクロ基地局20は、等化部208と、受信処理部209と、チャネル推定部210と、送信ストリーム数決定部211と、スケジューリング部212と、割当ストリーム数決定部214と、通知信号受信部213とを有する。また、マクロ基地局20は、送信処理部215と、RF送信部216とを有する。

[0047] アンテナ部201は、複数のアンテナから形成される。マクロ基地局20はデュプレクサ202を有するため、アンテナ部201を形成する複数のアンテナは、受信アンテナ及び送信アンテナとして機能する。よって、これらの複数のアンテナの数は、受信アンテナ数または送信アンテナ数に相当する。

[0048] RF受信部203は、MUEから送信されたOFDM信号を、アンテナ部

201とデュプレクサ202とを介して受信する。RF受信部203は、受信したOFDM信号に対してダウンコンバート、アナログディジタル変換等の受信無線処理を行ってベースバンドのOFDM信号を得てFFT部204へ出力する。このベースバンドのOFDM信号にはCPが付加されている。

[0049] FFT部204は、ベースバンドのOFDM信号からCPを除去し、CP除去後のOFDM信号に対してFFT処理を施してOFDM信号を周波数領域信号に変換し、周波数領域信号をデマッピング部205へ出力する。

[0050] デマッピング部205は、周波数領域信号からPUSCH信号、DMRS及びSRSを抽出する。デマッピング部205は、PUSCH信号を等化部208へ出力し、DMRSをチャネル推定部206へ出力し、SRSをチャネル推定部210へ出力する。

[0051] チャネル推定部206は、DMRSを用いて上りリンクのチャネル推定を行い、チャネル推定結果をウェイト算出部207へ出力する。

[0052] ウェイト算出部207は、チャネル推定部206でのチャネル推定結果を用いて、式(1)に示す受信ウェイト W^H を算出して等化部208へ出力する。

[0053] 等化部208は、式(1)に示す受信ウェイト W^H をPUSCH信号に乗算することで、PUSCH信号に対してMMSEを用いた等化処理を行い、等化処理後のPUSCH信号を受信処理部209へ出力する。

[0054] 受信処理部209は、等化処理後のPUSCH信号に対して復調処理及び復号処理を施してUEデータを得る。このUEデータは、各MUEから送信されたデータである。

[0055] チャネル推定部210は、SRSを用いて上りリンクのチャネル推定を行い、チャネル推定結果を送信ストリーム数決定部211へ出力する。

[0056] 送信ストリーム数決定部211は、チャネル推定部210でのチャネル推定結果を用いて、各MUEに最適な送信ストリーム数を決定してスケジューリング部212へ出力する。送信ストリーム数決定部211が決定する送信ストリーム数は、上りリンクのPUSCHにおいて各MUEに最適なストリ

ーム数である。

[0057] 通知信号受信部 213 は、ピコ基地局 BS2 から送信された通知信号を受信して割当ストリーム数決定部 214 へ出力する。この通知信号には、ピコ基地局 BS2 での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ が示されている。

[0058] 割当ストリーム数決定部 214 は、ピコ基地局 BS2 からの通知信号に示された $B_p(i)$ を上限として、マクロ基地局 20 での割当ストリーム数 $A_m(i)$ を決定してスケジューリング部 212 へ出力する。

[0059] スケジューリング部 212 は、送信ストリーム数決定部 211 で決定された送信ストリーム数と、割当ストリーム数決定部 214 で決定された割当ストリーム数 $A_m(i)$ とに従って、上りリンクの無線周波数リソースのスケジューリングを行う。すなわち、スケジューリング部 212 は、送信ストリーム数決定部 211 で決定された送信ストリーム数を割当ストリーム数 $A_m(i)$ に従って各無線周波数リソースに配分しながら、上りリンクの送信ストリームの各 MUE に対する割当を行う。スケジューリング部 212 は、スケジューリング結果を示す制御信号を形成し、形成した制御信号を送信処理部 215 へ出力する。

[0060] 送信処理部 215 は、スケジューリング部 212 から入力された制御信号に対して符号化処理及び変調処理を施し、変調処理後の制御信号を RF 送信部 216 へ出力する。

[0061] RF 送信部 216 は、送信処理部 215 から入力された制御信号に対して、デジタルアナログ変換、アップコンバート等の送信無線処理を行い、送信無線処理後の制御信号を、デュプレクサ 202 とアンテナ部 201 とを介して MUE へ送信する。

[0062] 以上のように、実施例 1 では、通信システム 1 は、マクロ基地局 BS1 と、ピコ基地局 BS2 とを有する。マクロ基地局 BS1 は、カバーエリア A1 を形成する。ピコ基地局 BS2 は、カバーエリア A1 より小さいカバーエリア A2 を形成する。マクロ基地局 BS1 とピコ基地局 BS2 とは、同一の所定の無線リソースを使用する。ピコ基地局 BS2 は、所定の無線リソースに

において、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数を決定する。また、ピコ基地局BS2は、ピコ基地局BS2が有する受信アンテナの数と、決定した割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、ピコ基地局BS2が除去可能な干渉信号数を算出する。また、ピコ基地局BS2は、所定の無線リソースにおける除去可能な干渉信号数をマクロ基地局BS1へ通知する。マクロ基地局BS1は、所定の無線リソースにおいて、ピコ基地局BS2が除去可能な干渉信号数を上限として、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数を決定する。

[0063] また、基地局10は、基地局20が形成するカバーエリアA1より小さいカバーエリアA2を形成する。基地局10と基地局20とは、同一の所定の無線リソースを使用する。基地局10は、複数の受信アンテナとして機能するアンテナ部101と、割当ストリーム数決定部114と、干渉信号数算出部115と、通知信号送信部116とを有する。割当ストリーム数決定部114は、所定の無線リソースにおいて、自局での割当ストリーム数を決定する。干渉信号数算出部115は、自局が有する複数の受信アンテナの数と、自局での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、自局が除去可能な干渉信号数を算出する。通知信号送信部116は、所定の無線リソースにおける除去可能な干渉信号数の通知を基地局20へ送信する。

[0064] また、基地局20は、基地局10が形成するカバーエリアA2より大きいカバーエリアA1を形成する。基地局20と基地局10とは、同一の所定の無線リソースを使用する。基地局20は、通知信号受信部213と、割当ストリーム数決定部214とを有する。通知信号受信部213は、所定の無線リソースにおいて基地局10が算出した、基地局10が除去可能な干渉信号数の通知を受信する。割当ストリーム数決定部214は、所定の無線リソースにおいて、基地局10が除去可能な干渉信号数を上限として、自局での割当ストリーム数を決定する。

[0065] こうすることで、ピコ基地局BS2（基地局10）では、干渉信号数を「受信アンテナ数－希望信号数」以下に保つことができるため、IRCを用い

てすべての干渉信号を確実に除去できる。よって、ピコ基地局BS2では、マクロ基地局BS1での通信からの干渉を回避して受信品質の劣化を防止することができる。

[0066] [実施例2]

＜通信システムの構成＞

実施例2の通信システムの構成は、実施例1（図1）と同一であるため、説明を省略する。

[0067] ＜通信システムの処理シーケンス＞

図8は、実施例2の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。

[0068] マクロ基地局BS1とMUEとが接続中、及び、ピコ基地局BS2とPUEとが接続中にある状態において、マクロ基地局BS1は、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数を決定する（ステップS21）。マクロ基地局BS1は、マクロ基地局BS1及びピコ基地局BS2の双方が使用可能な上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数を決定する。マクロ基地局BS1での割当ストリーム数は、MUEに割り当てられる上りリンクの送信ストリーム数である。

[0069] 次に、マクロ基地局BS1は、ステップS21で決定した割当ストリーム数をピコ基地局BS2へ通知する（ステップS22）。

[0070] ステップS22の通知を受けたピコ基地局BS2は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、ピコ基地局BS2での「割当可能なストリーム数」を算出する（ステップS23）。ピコ基地局BS2は、ピコ基地局BS2が有する受信アンテナの数と、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数とに基づいて、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、割当可能なストリーム数を算出する。例えば、ピコ基地局BS2は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、受信アンテナ数から、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数を引いた数を、割当可能なストリーム数として算出する。

[0071] 次に、ピコ基地局BS2は、ステップS23で算出した割当可能なスト

リーム数を上限として、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数を決定する（ステップS24）。ピコ基地局BS2での割当ストリーム数は、PUEに割り当てられる上りリンクの送信ストリーム数である。

[0072] <通信システムの動作>

図9, 10, 11は、実施例2の通信システムの動作例の説明に供する図である。図9, 10, 11において、無線周波数リソース#1, #2, #3の各々は、マクロ基地局BS1及びピコ基地局BS2の双方が使用可能な上りリンクの無線周波数リソースである。

[0073] まず、マクロ基地局BS1は、無線周波数リソース#1, #2, #3毎に、割当ストリーム数 $A_m(i)$ を決定する。「 i 」は、無線周波数リソースの番号を表し、ここでは#1, #2, #3にそれぞれ相当する1, 2, 3である。例えば、マクロ基地局BS1は、図9に示すように、無線周波数リソース#1の割当ストリーム数 $A_m(1)$ を「2」に決定し、無線周波数リソース#2の割当ストリーム数 $A_m(2)$ を「1」に決定し、無線周波数リソース#3の割当ストリーム数 $A_m(3)$ を「1」に決定する。マクロ基地局BS1は、決定した割当ストリーム数を更新するまで、各無線周波数リソースのストリーム数が割当ストリーム数 $A_m(i)$ に一致するように、毎サブフレーム、上りリンクの送信ストリームの各MUEに対する割当を行う。例えば、マクロ基地局BS1は、無線周波数リソース#1にMUE#3とMUE#4とを同時に割り当ててMU-MIMO通信を行う一方で、SIMO通信を行うMUE#1, #2を無線周波数リソース#2, #3にそれぞれ割り当てる。

[0074] 次いで、マクロ基地局BS1は、割当ストリーム数 $A_m(i)$ をピコ基地局BS2へ通知する。

[0075] $A_m(i)$ の通知を受けたピコ基地局BS2は、式(5)に従って、無線周波数リソース#1, #2, #3毎に、ピコ基地局BS2での割当可能なストリーム数 $C_p(i)$ を算出する。式(5)において、「 N_p 」は、ピコ基地局BS2の受信アンテナ数を表す。

[数5]

$$C_p(i) = N_p - A_m(i) \quad (5)$$

[0076] よって例えば、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数が図9に示すようになり、かつ、「 $N_p = 2$ 」である場合は、ピコ基地局BS2での割当可能なストリーム数は、図10に示すようになる。つまり、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#2、#3には、それぞれ1つの上りリンクのストリームを割当可能である一方で、無線周波数リソース#1には、上りリンクのストリームを割当可能でない。

[0077] そして、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#1、#2、#3毎に、 $C_p(i)$ を上限として、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定する。例えば、ピコ基地局BS2は、式(6)に従って、 $A_p(i)$ を決定する。よって、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数は図11に示すようになる。

[数6]

$$A_p(i) = C_p(i) \quad (6)$$

[0078] そして、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#1、#2、#3のそれぞれにおいて、割当ストリーム数 $A_p(i)$ に一致するように、上りリンクの送信ストリームの各PUEに対する割当を行う。例えば、ピコ基地局BS2は、割当ストリーム数が「0」である無線周波数リソース#1にはPUEを割り当てず、割当ストリーム数がそれぞれ「1」である無線周波数リソース#2、#3には、SIMO通信を行うPUE#1、#2をそれぞれ割り当てる。または、ピコ基地局BS2は、PUE#3、#4を無線周波数リソース#2、#3にそれぞれ割り当てる場合には、PUE#3、#4との通信を、MU-MIMO通信からSIMO通信に変更する。

[0079] <マクロ基地局の構成>

図12は、実施例2のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図12に示すマクロ基地局40は、図1に示すマクロ基地局BS1に相当する。

[0080] 図12において、マクロ基地局40は、アンテナ部201と、デュプレクサ202と、RF受信部203と、FFT部204と、デマッピング部205と、チャネル推定部206と、ウェイト算出部207とを有する。また、マクロ基地局40は、等化部208と、受信処理部209と、チャネル推定部210と、送信ストリーム数決定部211と、スケジューリング部212と、割当ストリーム数決定部401と、通知信号送信部402とを有する。また、マクロ基地局20は、送信処理部215と、RF送信部216とを有する。

[0081] 割当ストリーム数決定部401は、マクロ基地局20での割当ストリーム数 $A_m(i)$ を決定してスケジューリング部212へ出力する。また、割当ストリーム数決定部401は、決定した割当ストリーム数 $A_m(i)$ を示す通知信号を形成し、形成した通知信号を通知信号送信部402へ出力する。

[0082] 通知信号送信部402は、 $A_m(i)$ を示す通知信号をピコ基地局BS2へ送信する。

[0083] <ピコ基地局の構成>

図13は、実施例2のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図13に示すピコ基地局30は、図1に示すピコ基地局BS2に相当する。

[0084] 図13において、ピコ基地局30は、アンテナ部101と、デュプレクサ102と、RF受信部103と、FFT部104と、デマッピング部105と、チャネル推定部106と、相関行列推定部107とを有する。また、ピコ基地局30は、ウェイト算出部108と、IRC部109と、受信処理部110と、チャネル推定部111と、送信ストリーム数決定部112と、スケジューリング部113と、割当可能ストリーム数算出部302と、割当ストリーム数決定部303とを有する。また、ピコ基地局30は、通知信号受信部301と、送信処理部117と、RF送信部118とを有する。

[0085] 通知信号受信部301は、マクロ基地局BS1から送信された通知信号を受信して割当可能ストリーム数算出部302へ出力する。この通知信号には

、マクロ基地局40での割当ストリーム数 $A_m(i)$ が示されている。

[0086] 割当可能ストリーム数算出部302は、ピコ基地局10での割当可能なストリーム数 $C_p(i)$ を算出して割当ストリーム数決定部303へ出力する。

[0087] 割当ストリーム数決定部303は、割当可能なストリーム数 $C_p(i)$ を上限として、ピコ基地局10での割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定してスケジューリング部113へ出力する。

[0088] 以上のように、実施例2では、通信システム1は、マクロ基地局BS1と、ピコ基地局BS2とを有する。マクロ基地局BS1は、カバーエリアA1を形成する。ピコ基地局BS2は、カバーエリアA1より小さいカバーエリアA2を形成する。マクロ基地局BS1とピコ基地局BS2とは、同一の所定の無線リソースを使用する。マクロ基地局BS1は、所定の無線リソースにおいて、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数を決定する。また、マクロ基地局BS1は、決定した割当ストリーム数をピコ基地局BS2へ通知する。ピコ基地局BS2は、ピコ基地局BS2が有する受信アンテナの数と、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、ピコ基地局BS2での割当可能なストリーム数を算出する。また、ピコ基地局BS2は、所定の無線リソースにおいて、算出した割当可能なストリーム数を上限として、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数を決定する。

[0089] また、基地局40は、基地局30が形成するカバーエリアA2より大きいカバーエリアA1を形成する。基地局40と基地局30とは、同一の所定の無線リソースを使用する。基地局40は、割当ストリーム数決定部401と、通知信号送信部402とを有する。割当ストリーム数決定部401は、所定の無線リソースにおいて、自局での割当ストリーム数を決定する。通知信号送信部402は、自局での割当ストリーム数の通知を基地局30へ送信する。

[0090] また、基地局30は、基地局40が形成するカバーエリアA1より小さいカバーエリアA2を形成する。基地局30と基地局40とは、同一の所定の

無線リソースを使用する。基地局30は、複数の受信アンテナとして機能するアンテナ部101と、通知信号受信部301と、割当可能ストリーム数算出部302と、割当ストリーム数決定部303とを有する。通知信号受信部301は、所定の無線リソースにおいて基地局40が決定した、基地局40での割当ストリーム数の通知を受信する。割当可能ストリーム数算出部302は、自局が有する複数の受信アンテナの数と、基地局40での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、自局での割当可能なストリーム数を算出する。割当ストリーム数決定部303は、所定の無線リソースにおいて、割当可能なストリーム数を上限として、自局での割当ストリーム数を決定する。

[0091] こうすることで、ピコ基地局BS2（基地局30）では、干渉信号数を「受信アンテナ数－希望信号数」以下に保つことができるため、IRCを用いてすべての干渉信号を確実に除去できる。よって、ピコ基地局BS2では、マクロ基地局BS1での通信からの干渉を回避して受信品質の劣化を防止することができる。

[0092] [実施例3]

＜通信システムの構成＞

図14は、実施例3の通信システムの構成の一例を示す図である。図14に示す通信システム2は、図1に示す通信システム1に加えて、さらに、OUE#1とOUE#2とを有する。OUE#1、#2は、協調動作の機能を有しない基地局、または、マクロ基地局BS1及びピコ基地局BS2との協調動作の対象外の基地局と接続中のユーザ端末である。以下では、OUE#1、#2を区別しない場合には、OUEと総称することがある。通信システム2では、ピコ基地局BS2は、MUEからの送信ストリームによる干渉に加え、さらに、OUEからの送信ストリームによる干渉を受ける。なお、図14では2台のOUEを一例として挙げているが、OUEの台数は限定されない。

[0093] ＜通信システムの処理シーケンス＞

図 1 5 は、実施例 3 の通信システムの処理シーケンスの一例を示す図である。図 1 5 において、ステップ S 2 1, S 2 2 の処理は実施例 2 (図 8) と同一であるため説明を省略する。

[0094] ステップ S 2 2 の通知を受けたピコ基地局 B S 2 は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、干渉信号の相関行列を推定後、相関行列を用いて干渉ランク数を算出する (ステップ S 3 1)。

[0095] 次いで、ピコ基地局 B S 2 は、ピコ基地局 B S 2 が O U E から受ける干渉信号 (以下では「協調外干渉信号」と呼ぶことがある) の数を算出する (ステップ S 3 2)。ピコ基地局 B S 2 は、マクロ基地局 B S 1 での割当ストリーム数と、干渉ランク数とに基づいて、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、協調外干渉信号数を算出する。例えば、ピコ基地局 B S 2 は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、協調外干渉信号数から、マクロ基地局 B S 1 での割当ストリーム数を引いた数を、協調外干渉数として算出する。

[0096] 次いで、ピコ基地局 B S 2 は、実施例 1 と同様にして、ピコ基地局 B S 2 での割当ストリーム数を決定する (ステップ S 1 1)。

[0097] 次いで、ピコ基地局 B S 2 は、ピコ基地局 B S 2 での除去可能な干渉信号数を算出する (ステップ S 3 4)。ピコ基地局 B S 2 は、ピコ基地局 B S 2 が有する受信アンテナの数と、ピコ基地局 B S 2 での割当ストリーム数と、協調外干渉数とに基づいて、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、除去可能な干渉信号数を算出する。例えば、ピコ基地局 B S 2 は、上りリンクの複数の無線周波数リソース毎に、受信アンテナ数から、割当ストリーム数と協調外干渉数とを引いた数を、除去可能な干渉信号数として算出する。

[0098] これ以降のステップ S 1 3, S 1 4 の処理は実施例 1 と同一であるため説明を省略する。

[0099] <通信システムの動作>

図 1 6, 1 7, 1 8, 1 9 は、実施例 3 の通信システムの動作例の説明に供する図である。図 1 6, 1 7, 1 8, 1 9 において、無線周波数リソース

1, # 2, # 3の各々は、マクロ基地局BS 1及びピコ基地局BS 2の双方が使用可能な上りリンクの無線周波数リソースである。

[0100] マクロ基地局BS 1における割当ストリーム数 $A_m(i)$ の決定、及び、ピコ基地局BS 2への割当ストリーム数 $A_m(i)$ の通知については実施例2と同一であるため説明を省略する。

[0101] $A_m(i)$ の通知を受けたピコ基地局BS 2は、無線周波数リソース# 1, # 2, # 3毎に、式(7), (8)に従って、干渉信号の相関行列 $R_I(i)$ を推定後、式(9)に従って、干渉ランク数 $N_{I_p}(i)$ を算出する。

[0102] まず、ピコ基地局BS 2は、式(7)に従って、干渉信号の相関行列 $R_I(i)$ を推定する。式(7)において、「 $y_p(i)$ 」は、無線周波数リソース# i における受信信号を表す。「 $h_p(i)$ 」は、無線周波数リソース# i に割り当てたPUEとピコ基地局BS 2との間のチャネル推定値を表す。「 $s_p(i)$ 」は、無線周波数リソース# i に割り当てたPUEの参照信号を表す。参照信号として、例えばDMRSを用いることができる。「 $E[\]$ 」はアンサンブル平均を表す。

[数7]

$$R_I(i) = E[(y_p(i) - h_p(i)s_p(i))(y_p(i) - h_p(i)s_p(i))^H] \quad (7)$$

[0103] 式(7)の相関行列 $R_I(i)$ は、特異値分解により式(8)によって表すことができる。式(8)において、「 U 」及び「 V 」はユニタリ行列を表す。

[数8]

$$R_I(i) = U \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_N) V^H \quad (8)$$

[0104] 次に、ピコ基地局BS 2は、式(8)に示す特異値 λ_i ($i = 1 \sim N$)を用いて、式(9)に従って、干渉ランク数 $N_{I_p}(i)$ を算出する。式(9)において、 N_p は、ピコ基地局BS 2の受信アンテナ数を表す。 T は干渉とみなすか否かを調節するためのパラメータである。「 $H(x)$ 」は、 x が0以上の場合に1、 x が0未満の場合に0となる階段関数である。干渉ランク数

$N_{I_p}(i)$ は、無線周波数リソース # i 毎の、トータルの干渉信号数に相当する。ここでは、例えば、図 16 に示すように、干渉ランク数 $N_{I_p}(1)$ は「3」、干渉ランク数 $N_{I_p}(2)$ は「2」、干渉ランク数 $N_{I_p}(3)$ は「3」と算出されたものとする。

[数9]

$$N_{I_p}(i) = \sum_{i=1}^{N_p} H(\lambda_i - T) \quad (9)$$

[0105] 次いで、ピコ基地局 BS 2 は、式 (10) に従って、無線周波数リソース # 1, # 2, # 3 毎に、協調外干渉信号数 $N_{I_{po}}(i)$ を算出する。

[数10]

$$N_{I_{po}}(i) = N_{I_p}(i) - A_m(i) \quad (10)$$

[0106] よって例えば、マクロ基地局 BS 1 での割当ストリーム数が図 9 に示すようになり、かつ、ピコ基地局 BS 2 での干渉ランク数が図 16 に示すようになる場合は、ピコ基地局 BS 2 での協調外干渉信号数は、図 17 に示すようになる。

[0107] 次いで、ピコ基地局 BS 2 は、無線周波数リソース # 1, # 2, # 3 毎に、割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定する。例えば、ピコ基地局 BS 2 は、実施例 1 と同様に、図 3 に示すように、無線周波数リソース # 1 の割当ストリーム数 $A_p(1)$ を「2」に決定し、無線周波数リソース # 2 の割当ストリーム数 $A_p(2)$ を「1」に決定し、無線周波数リソース # 3 の割当ストリーム数 $A_p(3)$ を「1」に決定する。

[0108] 次いで、ピコ基地局 BS 2 は、式 (11) に従って、無線周波数リソース # 1, # 2, # 3 毎に、ピコ基地局 BS 2 での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ を算出する。式 (11) において、「 N_p 」は、ピコ基地局 BS 2 の受信アンテナ数を表す。

[数11]

$$B_p(i) = N_p - A_p(i) - N_{I_{po}}(i) \quad (11)$$

[0109] よって例えば、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数が図3に示すようになり、ピコ基地局BS2での協調外干渉信号数が図17になり、かつ、「 $N_p = 4$ 」である場合は、ピコ基地局BS2での除去可能な干渉信号数は、図18に示すようになる。つまり、ピコ基地局BS2は、無線周波数リソース#1, #3では、それぞれ1つの干渉信号を除去可能である一方で、無線周波数リソース#2では、2つの干渉信号を除去可能である。

[0110] 次に、ピコ基地局BS2は、除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ をマクロ基地局BS1へ通知する。

[0111] $B_p(i)$ の通知を受けたマクロ基地局BS1の動作は実施例1と同様であり、例えば、マクロ基地局BS1は、式(4)に従って、 $A_m(i)$ を決定する。よって、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数は、マクロ基地局BS1が当初決定した図3に示すものから、図19に示すものに更新される。そして、マクロ基地局BS1は、無線周波数リソース#1, #2, #3のそれぞれにおいて、図9に示す割当ストリーム数に一致するように、上りリンクの送信ストリームの各MUEに対する割当を行う。

[0112] <マクロ基地局の構成>

図20は、実施例3のマクロ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図20に示すマクロ基地局60は、図14に示すマクロ基地局BS1に相当する。

[0113] 図20において、マクロ基地局60は、アンテナ部201と、デュプレクサ202と、RF受信部203と、FFT部204と、デマッピング部205と、チャネル推定部206と、ウェイト算出部207とを有する。また、マクロ基地局60は、等化部208と、受信処理部209と、チャネル推定部210と、送信ストリーム数決定部211と、スケジューリング部212と、割当ストリーム数決定部601と、通知信号送信部402と、通知信号受信部213とを有する。また、マクロ基地局20は、送信処理部215と、RF送信部216とを有する。

[0114] 通知信号受信部213は、ピコ基地局BS2から送信された通知信号を受

信して割当ストリーム数決定部601へ出力する。この通知信号には、ピコ基地局BS2での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ が示されている。

[0115] 割当ストリーム数決定部601は、ピコ基地局BS2からの通知信号に示された $B_p(i)$ を上限として、マクロ基地局60での割当ストリーム数 $A_m(i)$ を決定してスケジューリング部212へ出力する。また、割当ストリーム数決定部401は、決定した割当ストリーム数 $A_m(i)$ を示す通知信号を形成し、形成した通知信号を通知信号送信部402へ出力する。

[0116] <ピコ基地局の構成>

図21は、実施例3のピコ基地局の構成の一例を示す機能ブロック図である。図21に示すピコ基地局50は、図14に示すピコ基地局BS2に相当する。

[0117] 図21において、ピコ基地局50は、アンテナ部101と、デュプレクサ102と、RF受信部103と、FFT部104と、デマッピング部105と、チャネル推定部106と、相関行列推定部501と、干渉ランク数推定部502とを有する。また、ピコ基地局50は、ウェイト算出部108と、IRC部109と、受信処理部110と、チャネル推定部111と、送信ストリーム数決定部112と、スケジューリング部113と、割当ストリーム数決定部114と、干渉信号数算出部503とを有する。また、ピコ基地局50は、通知信号送信部116と、通知信号受信部301と、送信処理部117と、RF送信部118とを有する。

[0118] 相関行列推定部501は、チャネル推定部106でのチャネル推定結果を用いて、式(7)、(8)に示す相関行列 $R_i(i)$ を推定し、相関行列 $R_i(i)$ をウェイト算出部108へ出力し、特異値 λ_i を干渉ランク数推定部502へ出力する。

[0119] 干渉ランク数推定部502は、特異値 λ_i を用いて、式(9)に示す干渉ランク数 $N_{ip}(i)$ を推定して干渉信号数算出部503へ出力する。

[0120] 割当ストリーム数決定部114は、ピコ基地局50での割当ストリーム数 $A_p(i)$ を決定してスケジューリング部113及び干渉信号数算出部503

へ出力する。

[0121] 通知信号受信部301は、マクロ基地局BS1から送信された通知信号を受信して干渉信号数算出部503へ出力する。この通知信号には、マクロ基地局40での割当ストリーム数 $A_m(i)$ が示されている。

[0122] 干渉信号数算出部503は、まず、式(10)に示す協調外干渉信号数 $N_{p_o}(i)$ を算出する。次いで、干渉信号数算出部503は、式(11)に従って、ピコ基地局50での除去可能な干渉信号数 $B_p(i)$ を算出する。そして、干渉信号数算出部503は、 $B_p(i)$ を示す通知信号を形成し、形成した通知信号を通知信号送信部116へ出力する。

[0123] 以上のように、実施例3では、通信システム2において、ピコ基地局BS2は、干渉信号の相関行列を用いて干渉ランク数を推定する。また、ピコ基地局BS2は、推定した干渉ランク数と、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数と、ピコ基地局BS2が有する受信アンテナの数と、ピコ基地局BS2での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、ピコ基地局BS2が除去可能な干渉信号数を算出する。

[0124] また、基地局50は、干渉ランク数推定部502と、干渉信号数算出部503とを有する。干渉ランク数推定部502は、干渉信号の相関行列を用いて干渉ランク数を推定する。干渉信号算出部503は、推定された干渉ランク数と、マクロ基地局BS1での割当ストリーム数と、自局が有する受信アンテナの数と、自局での割当ストリーム数とに基づいて、所定の無線リソースにおいて、自局が除去可能な干渉信号数を算出する。

[0125] こうすることで、ピコ基地局BS2（基地局50）では、協調動作の機能を有しない基地局、または、マクロ基地局BS1及びピコ基地局BS2との協調動作の対象外の基地局と接続中のユーザ端末から干渉を受ける場合でも、干渉信号数を「受信アンテナ数－希望信号数」以下に保つことができる。

[0126] [他の実施例]

[1] 実施例1において、ピコ基地局BS2と協調動作が可能なマクロ基地局が複数存在する場合は、ピコ基地局BS2から各マクロ基地局#kへ通

知する除去可能な干渉信号数 $B_{p,k}(i)$ は式 (12) を満たすように設定するのが好ましい。式 (12) において、「 N_M 」は、マクロ基地局の数を表す。

[数12]

$$\sum_{k=1}^{N_M} B_{p,k}(i) = B_p(i) \quad (12)$$

[0127] [2] 実施例1において、MUEとピコ基地局BS2との間の距離が大きく、MUEからピコ基地局BS2へのパスロスが閾値以上となるときは、ピコ基地局BS2への干渉が小さいとみなして、無線周波数リソース#1にPUEを割り当ててもよい。

[0128] [3] 実施例1において、MUEとピコ基地局BS2との間のチャネル情報が既知である場合は、所定の条件を満たすときに、無線周波数リソース#2、#3においてマルチユーザ多重を行ってもよい。所定の条件とは、MUE-MIMO通信のマルチユーザからピコ基地局20への干渉信号の行列 H_{imu} (式(13))のランク数が「1」になることである。式(13)において、「 h_{ix} 」は、 x 番目のマルチユーザとピコ基地局20との間のチャネル行列を表す。なお、ランク数の推定は、式(9)に従って行うとよい。

[数13]

$$H_{imu} = \begin{bmatrix} h_{I_1} \\ \vdots \\ h_{I_{N_{mu}}} \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0129] [4] 実施例1においてピコ基地局20への干渉信号数を減少させるには、マクロ基地局BS1とMUEとの間のMIMO通信のストリーム数を減少させてもよい。

[0130] [5] 実施例2において、PUEを割り当てる無線周波数リソースが限定されている場合は、その限定された無線周波数リソースのみを対象として、割当ストリーム数 $A_m(i)$ をピコ基地局20へ通知してもよい。

[0131] [6] 実施例1において、ピコ基地局BS2と協調動作が可能なマクロ基

地局が複数存在する場合は、式（５）に代えて式（１４）を用いて、ピコ基地局ＢＳ２での割当可能なストリーム数 $C_p(i)$ を算出するのが好ましい。式（１４）において、「 N_M 」は、マクロ基地局の数を表し、「 $A_{m,k}(i)$ 」は、マクロ基地局＃ k での割当ストリーム数を表す。

[数14]

$$A_p(i) = N_p - \sum_{k=1}^{N_M} A_{m,k}(i) \quad (14)$$

[0132] [7] 実施例３において、干渉ランク数の推定を複数回（ T_{ave} 回）行って、式（１５）に従って、平均の干渉ランク数を求めてよい。式（１５）において、「 $N_{I_p,j}$ 」は、式（９）に従って j 回目に推定した干渉ランク数を表す。

[数15]

$$N_{I_p}(i) = \sum_{j=1}^{T_{ave}} N_{I_p,j}(i) / T_{ave} \quad (15)$$

[0133] [8] 実施例１～３では、無線リソースの一例として周波数リソースを挙げた。すなわち、実施例１～３では、無線リソースが周波数で規定されていた。しかし、開示の技術は、無線リソースが時間で規定される通信システムにも適用可能である。つまり、開示の技術は、上りリンクと下りリンクとで異なる単位時間を用いるＴＤＤ（Time Division Duplex）方式の通信システムにも適用可能である。

[0134] [9] 実施例１～３では、一例として、通信システム１が、マクロ基地局ＢＳ１と、ピコ基地局ＢＳ２とを有する場合について説明した。しかし、図１，１４に示すＢＳ１及びＢＳ２の双方がマクロ基地局である通信システム、または、図１，１４に示すＢＳ１及びＢＳ２の双方がピコ基地局である通信システムにも、開示の技術を適用可能である。つまり、開示の技術は、カバーエリアＡ１の大きさとカバーエリアＡ２の大きさとが異なる通信システムだけでなく、カバーエリアＡ１の大きさとカバーエリアＡ２の大きさとが

同一の通信システムにも適用可能である。つまり、カバーエリアA1とカバーエリアA2とは互いに異なるカバーエリアであればよい。

[0135] [10] 実施例1～3の基地局10, 20, 30, 40, 50, 60は、次のようなハードウェア構成により実現することができる。図22は、基地局のハードウェア構成例を示す図である。図22に示すように、基地局10, 20, 30, 40, 50, 60は、ハードウェアの構成要素として、プロセッサ10aと、メモリ10bと、無線通信モジュール10cと、ネットワークインタフェースモジュール10dとを有する。プロセッサ10aの一例として、CPU (Central Processing Unit), DSP (Digital Signal Processor), FPGA (Field Programmable Gate Array) 等が挙げられる。また、基地局10, 20, 30, 40, 50, 60は、プロセッサ10aと周辺回路とを含むLSI (Large Scale Integrated circuit) を有してもよい。メモリ10bの一例として、SDRAM等のRAM, ROM, フラッシュメモリ等が挙げられる。

[0136] アンテナ部101, 201と、デュプレクサ102, 202と、RF受信部103, 203と、RF送信部118, 216とは、無線通信モジュール10cにより実現される。通知信号送信部116, 402と、通知信号受信部213, 301とは、ネットワークインタフェースモジュール10dにより実現される。FFT部104, 204と、デマッピング部105, 205と、チャネル推定部106, 111, 206, 210と、相関行列推定部107, 501と、干渉ランク数推定部502とは、プロセッサ10aにより実現される。また、ウェイト算出部108, 207と、IRC部109と、等化部208と、受信処理部110, 209とは、プロセッサ10aにより実現される。また、送信ストリーム数決定部112, 211と、スケジューリング部113, 212と、送信処理部117, 215とは、プロセッサ10aにより実現される。また、割当ストリーム数決定部114, 214, 303, 401, 601と、干渉信号数算出部115, 503と、割当可能ストリーム数算出部302とは、プロセッサ10aにより実現される。

符号の説明

[0137] 1, 2 通信システム

BS 1, 20, 40, 60 マクロ基地局

BS 2, 10, 30, 50 ピコ基地局

MUE, PUE, OUE ユーザ端末

101, 201 アンテナ部

102, 202 デュプレクサ

103, 203 RF受信部

104, 204 FFT部

105, 205 デマッピング部

106, 111, 206, 210 チャネル推定部

107, 501 相関行列推定部

108, 207 ウェイト算出部

109 IRC部

110, 209 受信処理部

112, 211 送信ストリーム数決定部

113, 212 スケジューリング部

114, 214, 303, 401, 601 割当ストリーム数決定部

115, 503 干渉信号数算出部

116, 402 通知信号送信部

117, 215 送信処理部

118, 216 RF送信部

208 等化部

213, 301 通知信号受信部

302 割当可能ストリーム数算出部

502 干渉ランク数推定部

請求の範囲

[請求項1]

第一カバーエリアを形成する第一基地局と、
前記第一カバーエリアと異なる第二カバーエリアを形成し、かつ、
前記第一基地局が使用する無線リソースと同一の無線リソースを使用
する第二基地局と、
を具備する通信システムであって、
前記第二基地局は、
前記無線リソースにおいて、前記第二基地局での割当ストリーム数
を決定し、
前記第二基地局が有する受信アンテナの数と、前記割当ストリーム
数とに基づいて、前記無線リソースにおいて、前記第二基地局が除去
可能な干渉信号数を算出し、
前記無線リソースにおける前記干渉信号数を前記第一基地局へ通知
し、
前記第一基地局は、
前記無線リソースにおいて、前記干渉信号数を上限として、前記第
一基地局での割当ストリーム数を決定する、
通信システム。

[請求項2]

前記第二基地局は、干渉信号の相関行列を用いて干渉ランク数を推
定し、前記干渉ランク数と、前記第一基地局での割当ストリーム数と
、前記受信アンテナの数と、前記第二基地局での前記割当ストリーム
数とに基づいて、前記無線リソースにおける前記干渉信号数を算出す
る、
請求項1に記載の通信システム。

[請求項3]

他の基地局が形成する第一カバーエリアと異なる第二カバーエリア
を形成し、かつ、前記他の基地局が使用する無線リソースと同一の無
線リソースを使用する基地局であって、
複数の受信アンテナと、

前記無線リソースにおいて、自局での割当ストリーム数を決定する決定部と、

前記複数の受信アンテナの数と、前記割当ストリーム数とに基づいて、前記無線リソースにおいて、自局が除去可能な干渉信号数を算出する算出部と、

前記無線リソースにおける前記干渉信号数の通知を前記他の基地局へ送信する送信部と、

を具備する基地局。

[請求項4] 干渉信号の相関行列を用いて干渉ランク数を推定する推定部、をさらに具備し、

前記算出部は、前記干渉ランク数と、前記他の基地局での割当ストリーム数と、前記受信アンテナの数と、自局での前記割当ストリーム数とに基づいて、前記無線リソースにおける前記干渉信号数を算出する、

請求項3に記載の基地局。

[請求項5] 他の基地局が形成する第二カバーエリアと異なる第一カバーエリアを形成し、かつ、前記他の基地局が使用する無線リソースと同一の無線リソースを使用する基地局であって、

前記無線リソースにおいて前記他の基地局が算出した、前記他の基地局が除去可能な干渉信号数の通知を受信する受信部と、

前記無線リソースにおいて、前記干渉信号数を上限として、自局での割当ストリーム数を決定する決定部と、

を具備する基地局。

[請求項6] 第一基地局が形成する第一カバーエリアと異なる第二カバーエリアを形成し、かつ、前記第一基地局が使用する無線リソースと同一の無線リソースを使用する第二基地局から前記第一基地局に対して行われる基地局制御方法であって、

前記無線リソースにおいて、前記第二基地局での割当ストリーム数

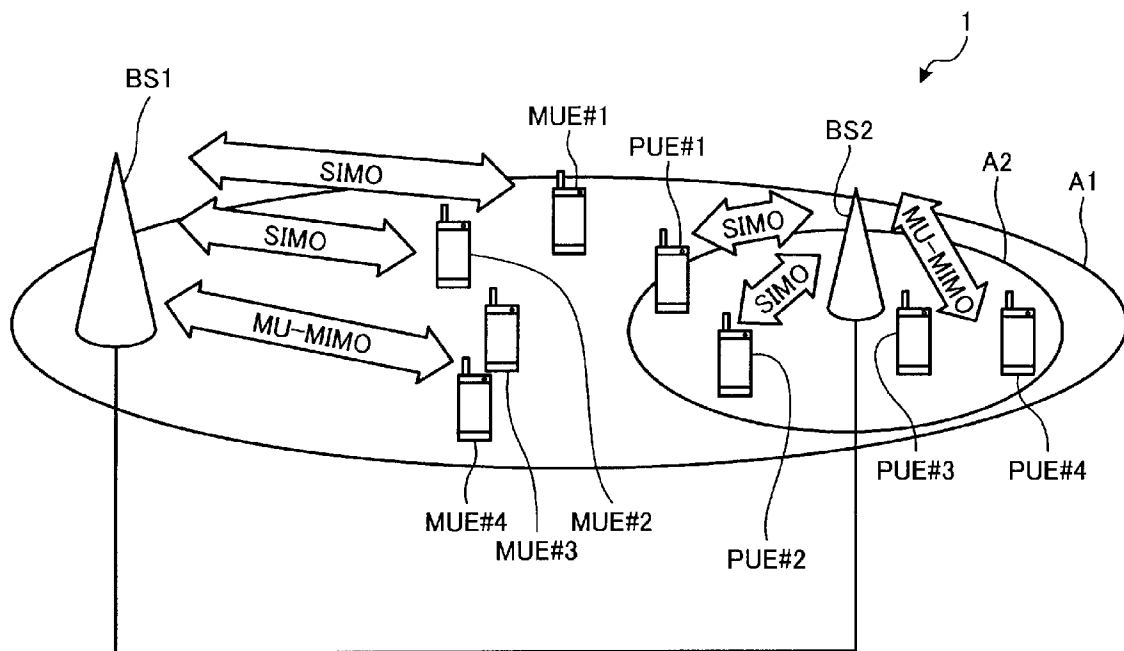
を決定し、

前記第二基地局が有する複数の受信アンテナの数と、前記割当ストリーム数とに基づいて、前記無線リソースにおいて、前記第二基地局が除去可能な干渉信号数を算出し、

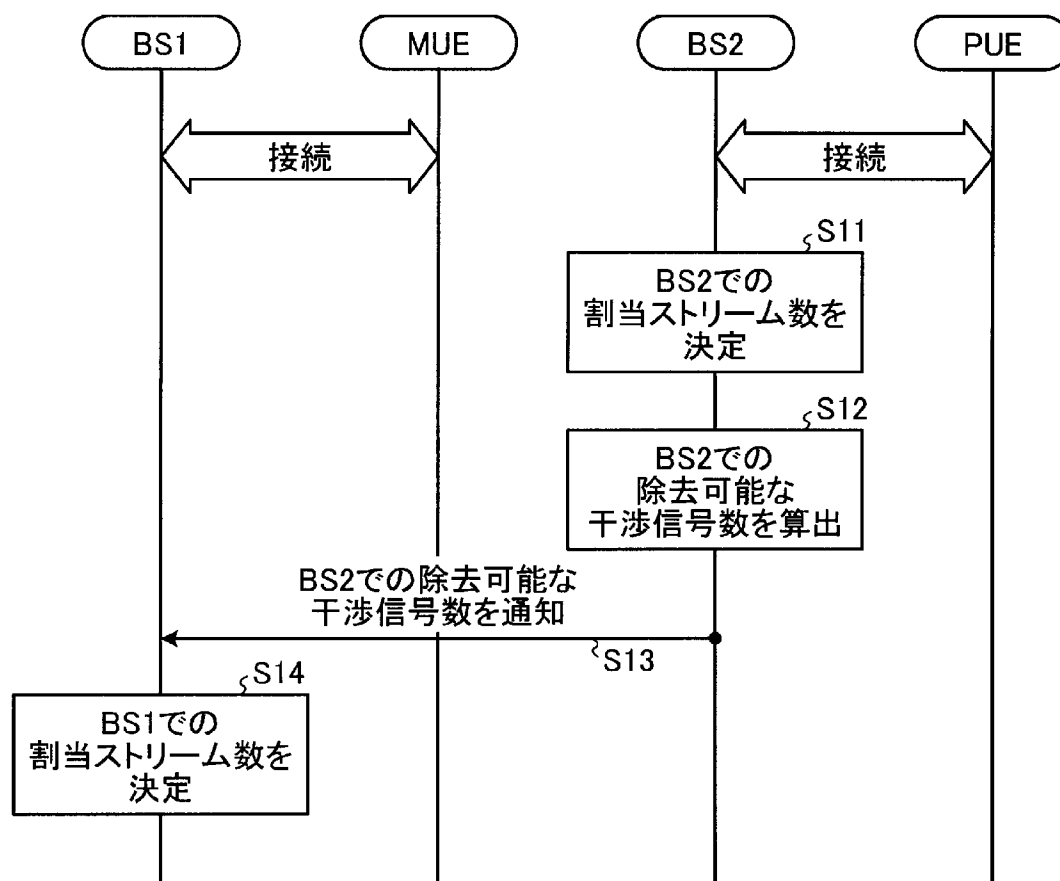
前記無線リソースにおける前記干渉信号数の通知を前記第二基地局から前記第一基地局へ送信することによって、前記第一基地局での、前記無線リソースにおける割当ストリーム数を制御する、

基地局制御方法。

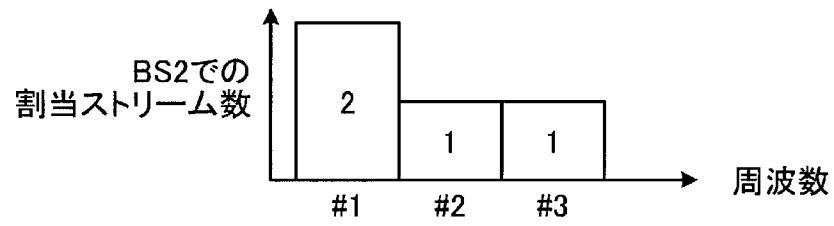
[図1]



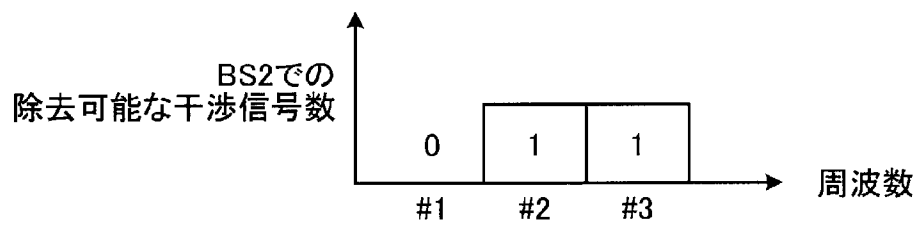
[図2]



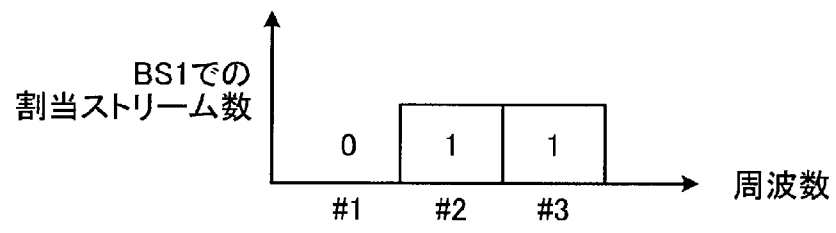
[図3]



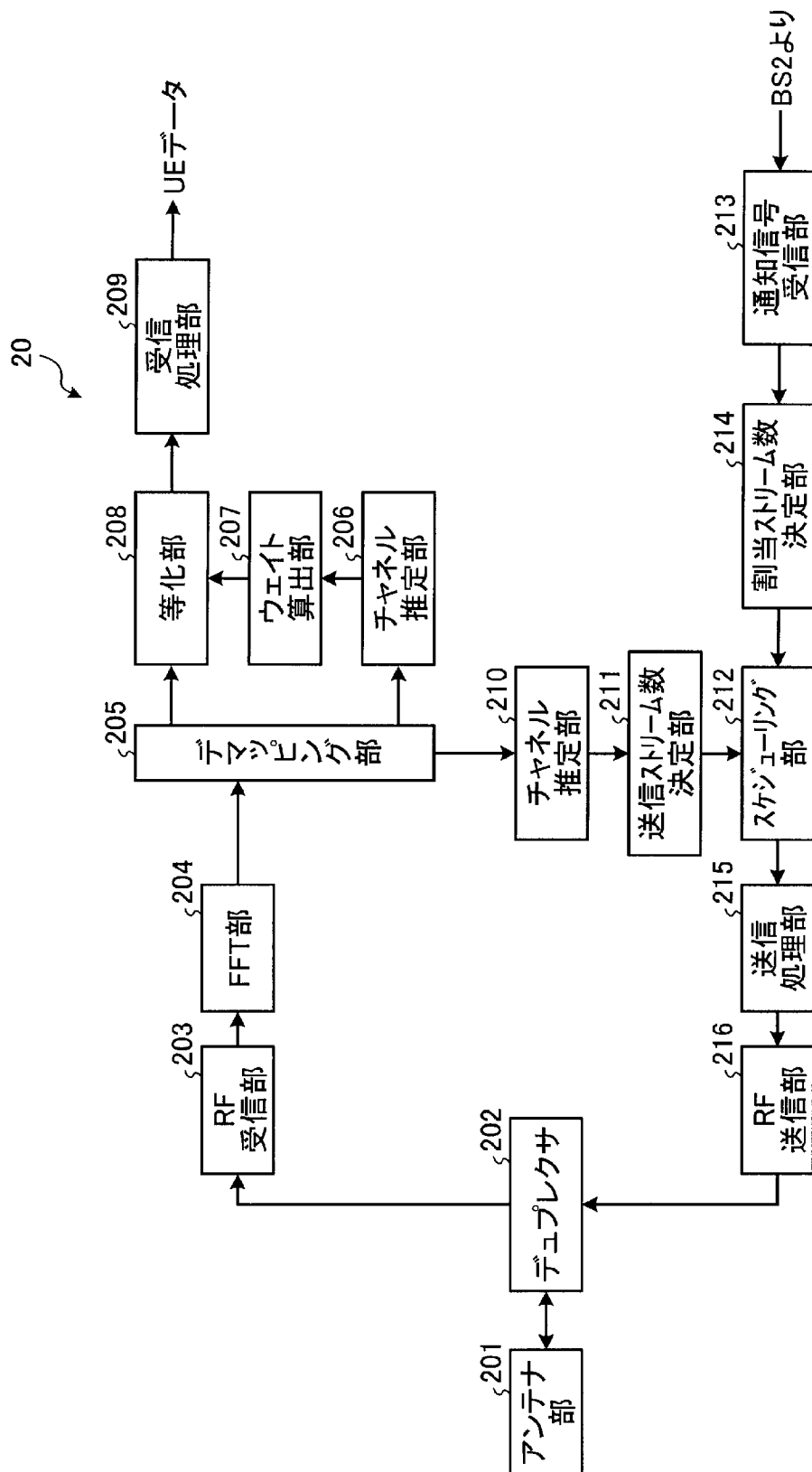
[図4]



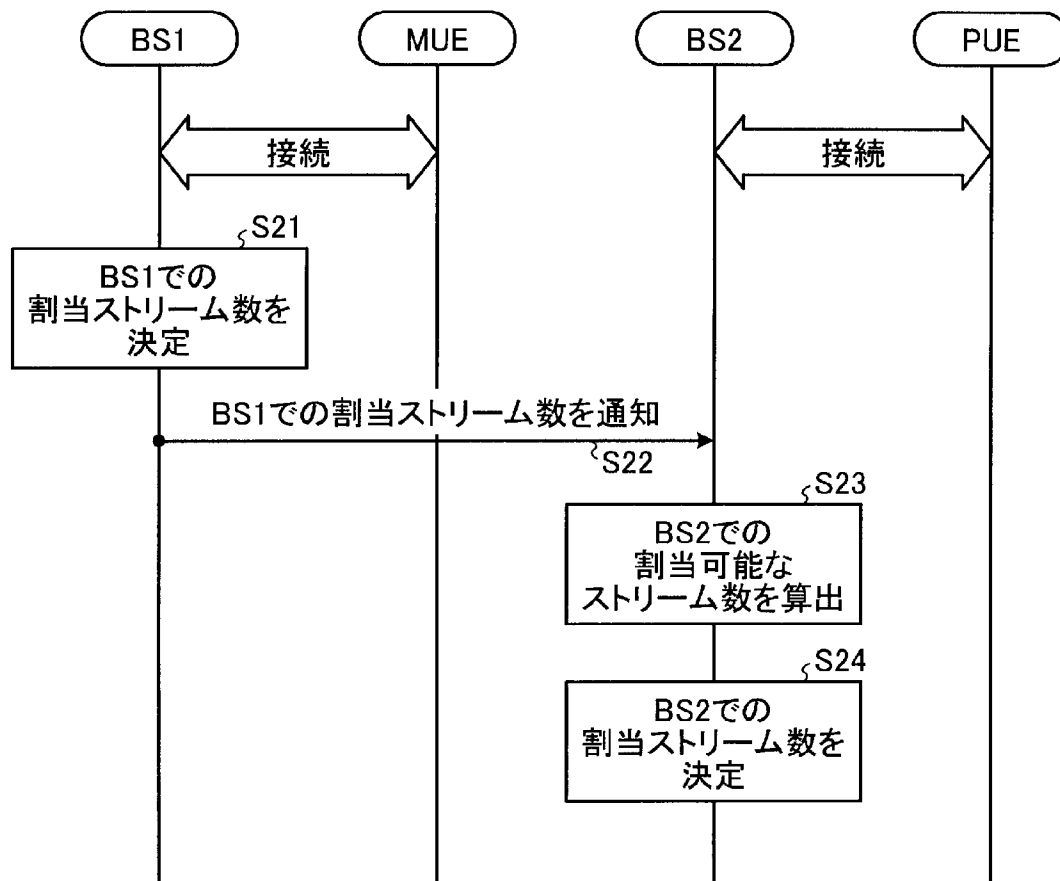
[図5]



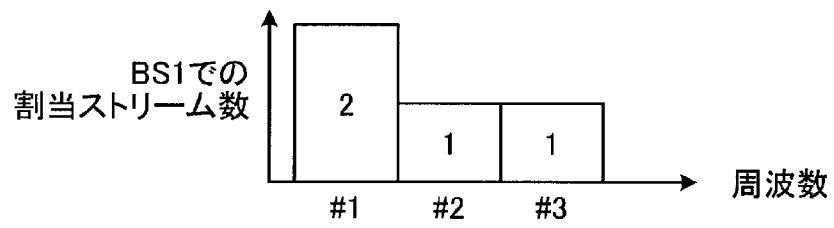
[図7]



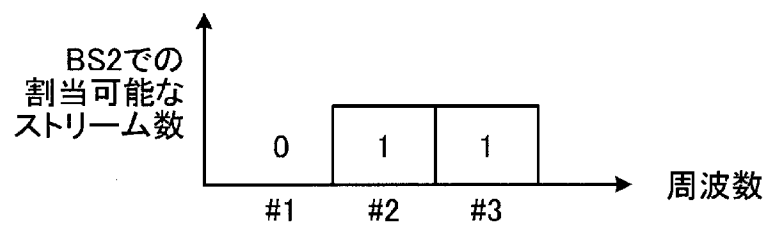
[図8]



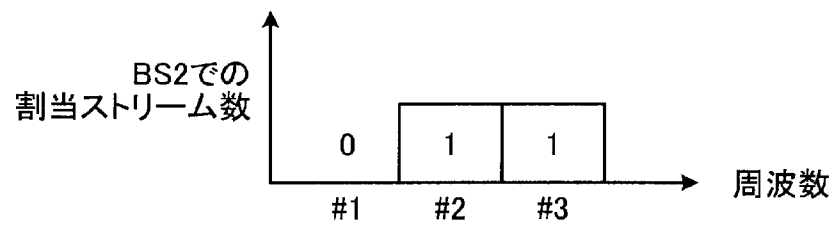
[図9]



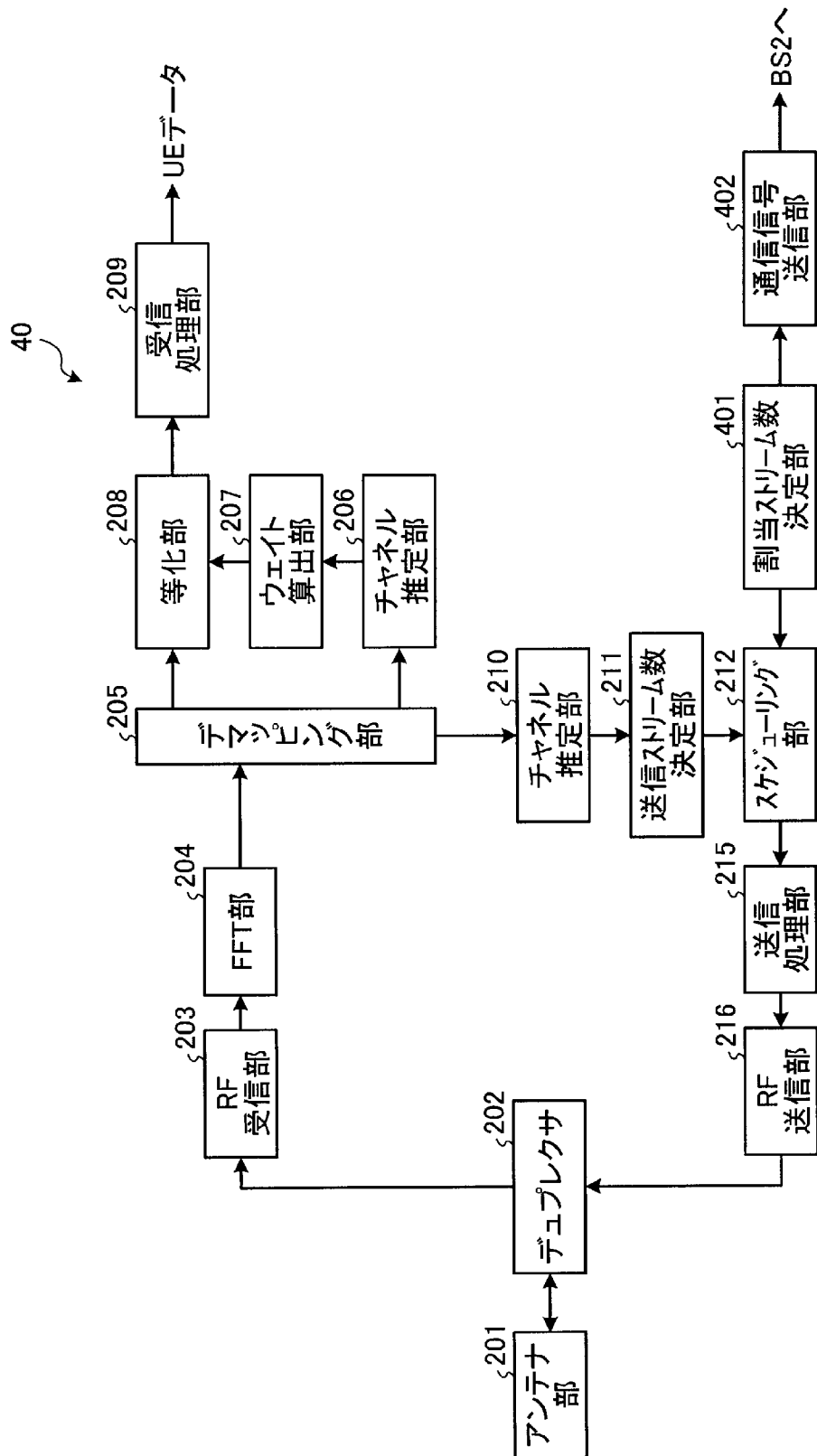
[図10]



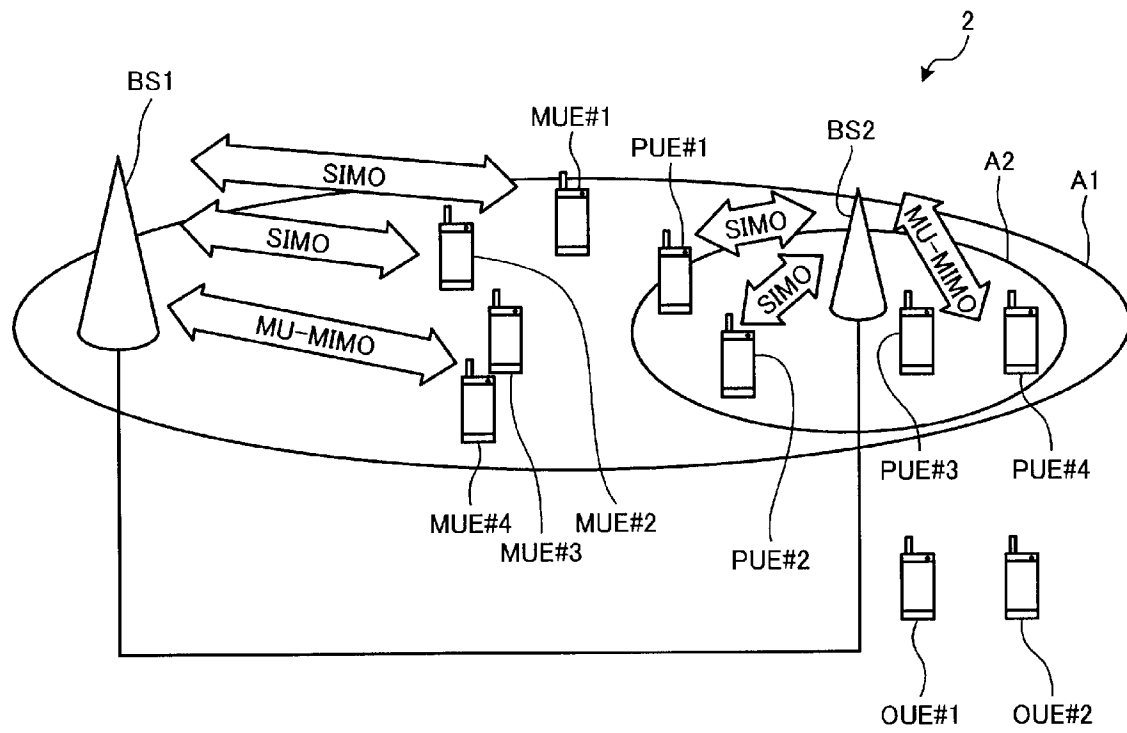
[図11]



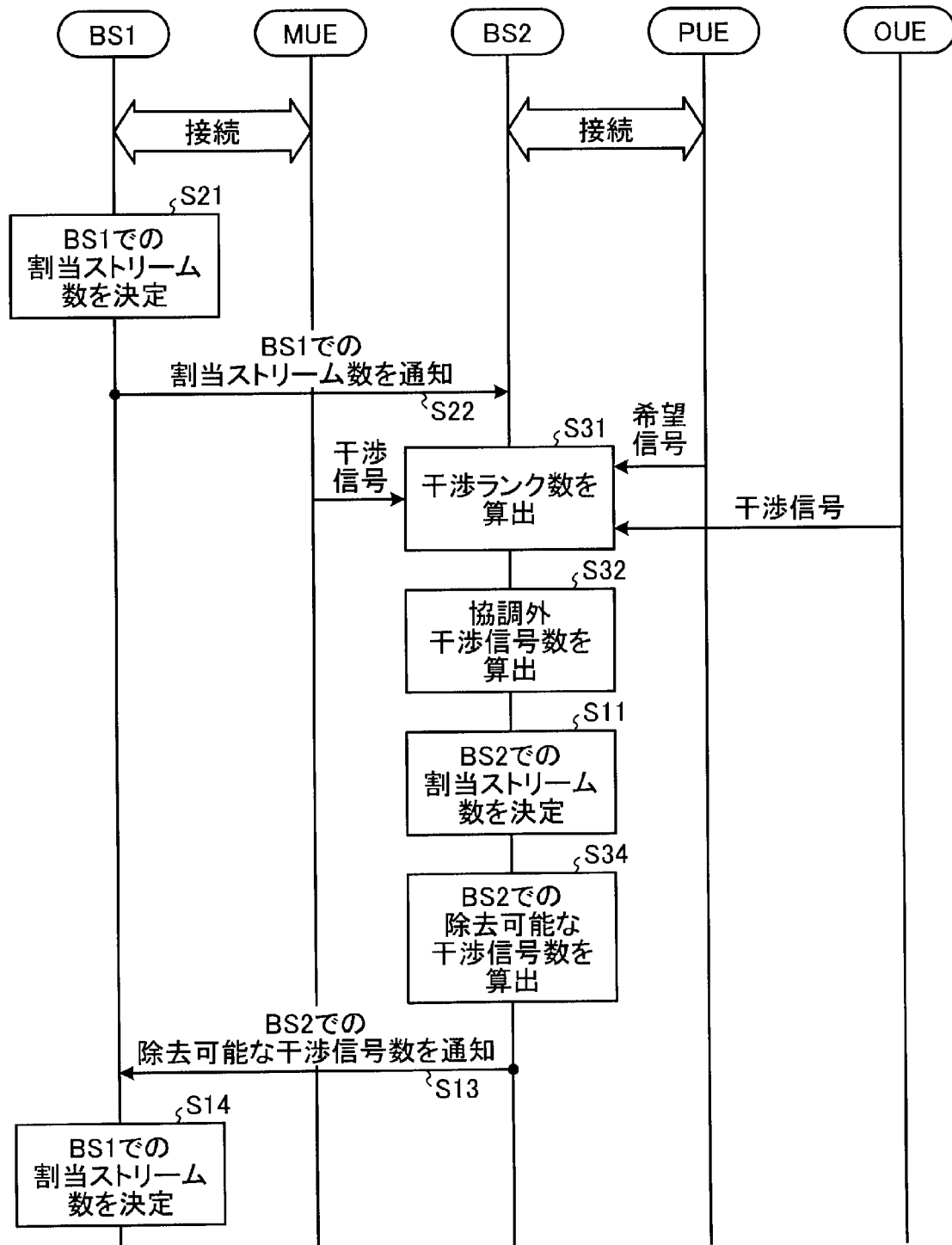
[図12]



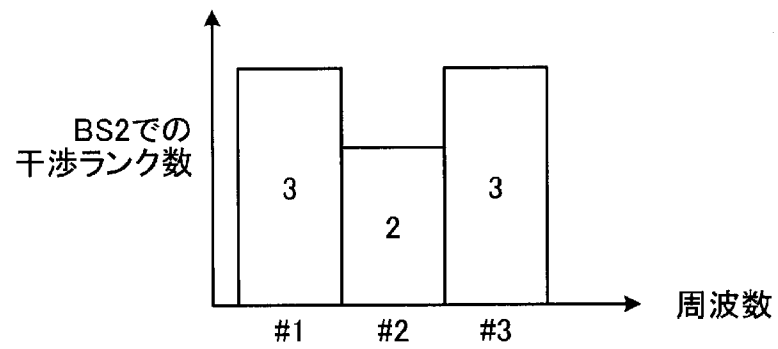
[図14]



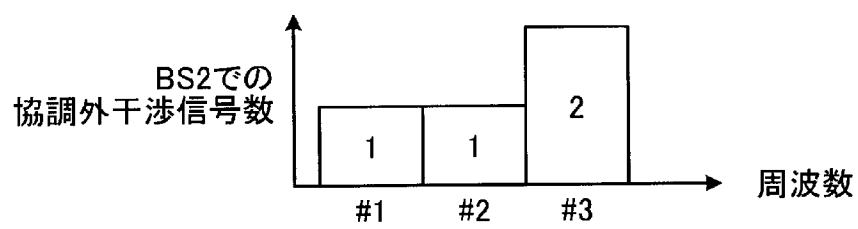
[図15]



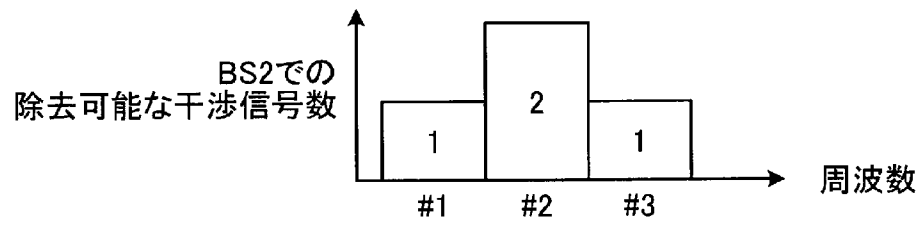
[図16]



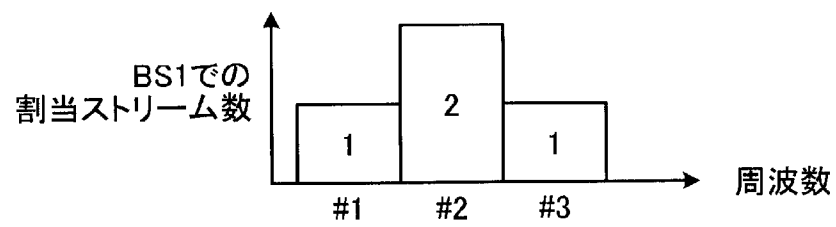
[図17]



[図18]

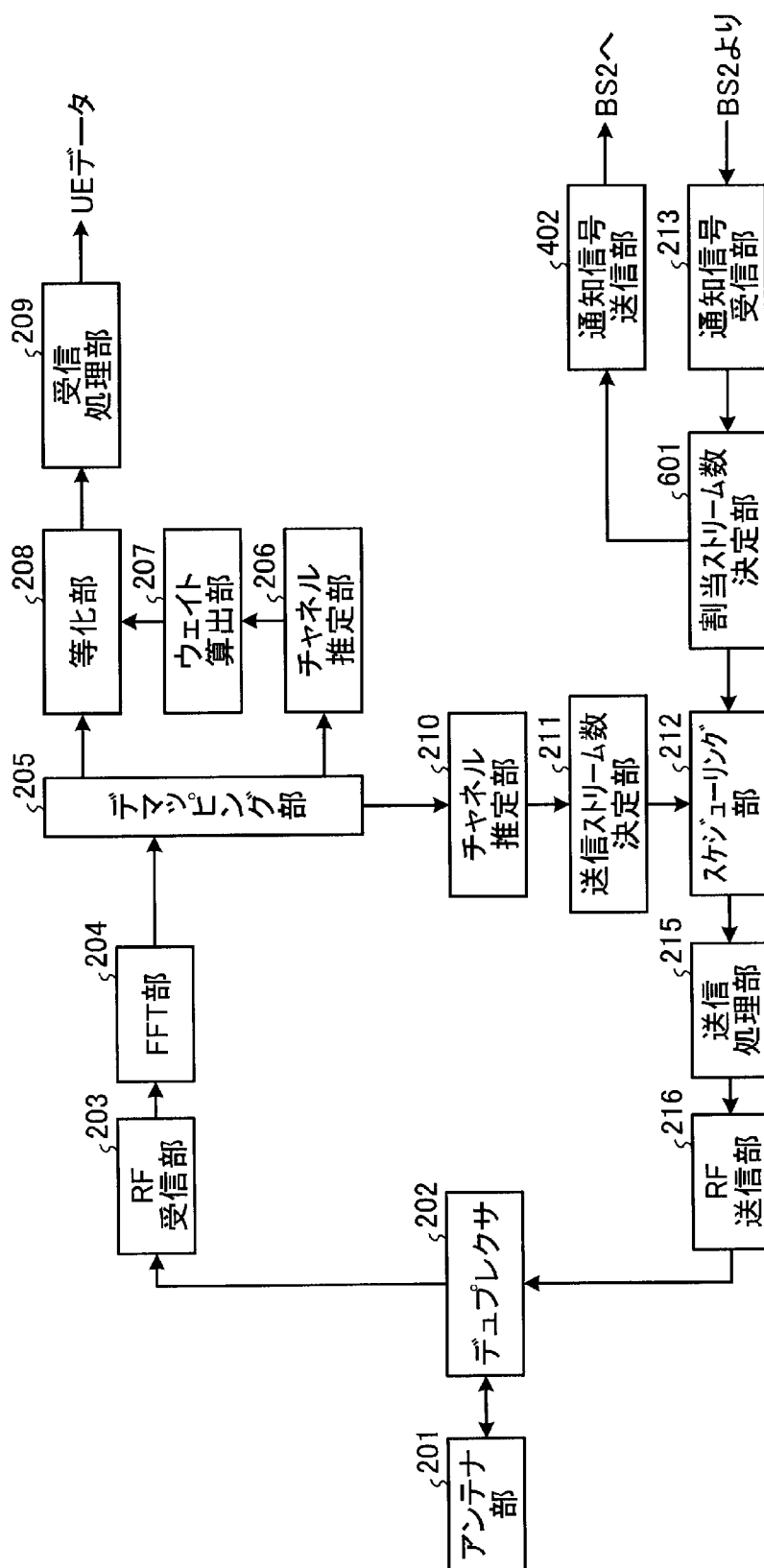


[図19]

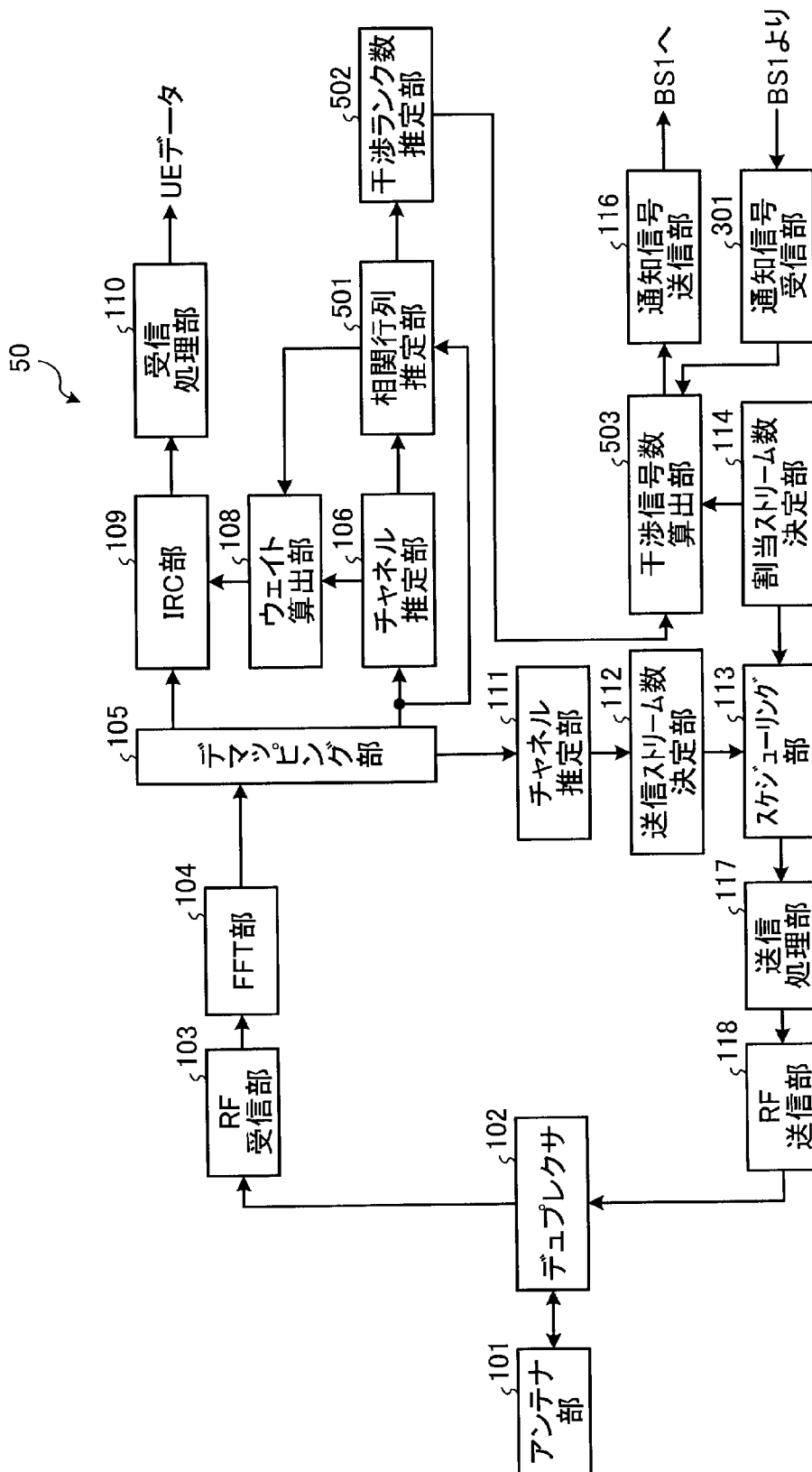




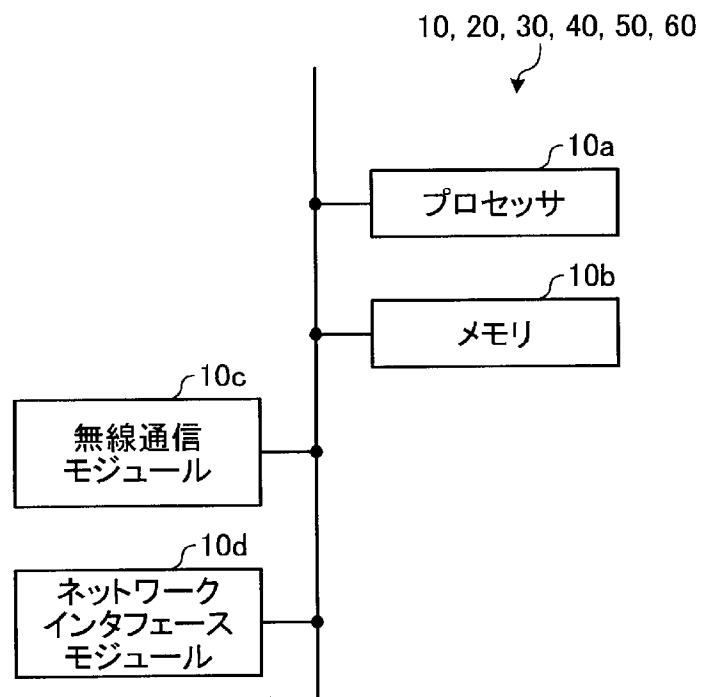
60



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/067987

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W16/28(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04J99/00(2009.01)i, H04W16/16(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04W16/28, H04B7/04, H04J99/00, H04W16/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014/017155 A1 (NTT Docomo Inc.), 30 January 2014 (30.01.2014), paragraphs [0069] to [0073]; fig. 9 to 12 (Family: none)	1-6
A	WO 2013/157331 A1 (NTT Docomo Inc.), 24 October 2013 (24.10.2013), paragraphs [0078] to [0081]; fig. 9 to 12 (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 September, 2014 (18.09.14)

Date of mailing of the international search report
30 September, 2014 (30.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04W16/28(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04J99/00(2009.01)i, H04W16/16(2009.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04W16/28, H04B7/04, H04J99/00, H04W16/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2014/017155 A1 (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2014. 01. 30, [0069]-[0073], 図 9-12 (ファミリーなし)	1-6
A	WO 2013/157331 A1 (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2013. 10. 24, [0078]-[0081], 図 9-12 (ファミリーなし)	1-6

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 9 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

深津 始

5 J

9 3 8 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 3 4