

(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  
2023年1月19日(19.01.2023)



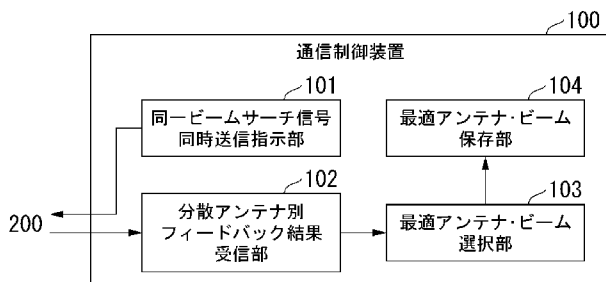
(10) 国際公開番号  
**WO 2023/286187 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H04B 7/06* (2006.01) *H04B 7/022* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/026399
- (22) 国際出願日: 2021年7月14日(14.07.2021)
- (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: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 和井 秀樹(WAI Shuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 内田 大誠(UCHIDA Daisei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岩國 辰彦(IWAKUNI Tatsuhiko); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 新井 拓人
- (74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: COMMUNICATION CONTROL METHOD AND COMMUNICATION CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 通信制御方法及び通信制御装置

[図8]



- 100 Communication control device  
101 Same-beam search signal simultaneous transmission instruction unit  
102 Feedback result per distributed antenna reception unit  
103 Optimum antenna and beam selection unit  
104 Optimum antenna and beam storage unit

(57) Abstract: Provided is a communication control method including: a transmission step of simultaneously transmitting, from multiple antennas to a radio station, beam identification signals including the same beam identifier for each of multiple beam identifiers by using a transmission beam associated with the beam identifier; a reception step of receiving, by each of the multiple antennas, a report signal including a selected beam identifier indicating one of the beam identifiers selected on the basis of the reception quality, at the radio station, of the beam identification signals for each of the beam identifiers; and a selection step of selecting an antenna for communication with the radio station on the basis of the reception quality of the report signal received by each of the multiple antennas and selecting a transmission beam associated with the selected beam identifier for communication with the radio station.



ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約: 通信制御方法は、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信する送信ステップと、前記無線局における前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する受信ステップと、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する選択ステップとを有する。

## 明 細 書

発明の名称：通信制御方法及び通信制御装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、通信制御方法及び通信制御装置に関する。

### 背景技術

[0002] 特定方向に電力を集中させるビームを形成するビームフォーミング技術がある。とくにミリ波帯及びテラヘルツ帯等の高周波数帯では、マイクロ波帯等の低周波数帯と比べて自由空間伝搬損失が大きいことから、当該自由空間伝搬損失の補償を行うためにビームフォーミングを用いる必要がある（例えば、非特許文献1を参照）。

[0003] ビームフォーミングは、互いに通信を行う無線局の組み合わせが常に決まっているP-P（Point-to-Point）型の通信である場合、かつ、双方の無線局の位置関係及び両無線局の周囲の伝搬環境が変化しない場合には、無線局の設置時等に予め特定方向に形成されたビームを固定的に用いることができる。しかしながら、複数の無線局が収容されるP-MP（Point-to-Multi Point）型の通信である場合、あるいは、互いに通信を行う無線局の少なくとも一方が移動するような場合には、ビームの適切な形成方向が変化するため、特定方向に形成されたビームを固定的に用いることができない。

[0004] このような場合、双方の無線局の位置関係及び両無線局の周囲の伝搬環境の変化等に合わせて、ビームの形成方向を適応的に変化させるように制御する必要がある。このように、ビームの形成方向を適応的に制御するビームフォーミングを、適応ビームフォーミングという。一般的に、適応ビームフォーミングでは、ビームの形成方向を変化させるために機械的な駆動部は不要である。適応ビームフォーミングでは、複数のアンテナ素子からそれぞれ放射される電波の位相関係を調整することによって、指向性をもつビームの形成が行われる。

[0005] 但し、この位相関係を適切に調整するためには、送信側の無線局の複数の

アンテナ素子と受信側の無線局の複数のアンテナ素子との組み合わせの各々について位相関係を把握し、複数の位相関係の中から最適な位相関係を導出する必要がある。すなわち、送信側のアンテナ素子と受信側のアンテナ素子との全ての組み合わせについて、伝搬路の状態をそれぞれ把握する必要がある。

[0006] 上記の全ての組み合わせについて伝搬路の状態を把握することは、例えば、送信側の無線局と受信側の無線局との間で既知の信号を送受信させることによって実現は可能である。しかしながら、上記の方法では、既知の信号の送受信が行われている間には他の通信が行うことができない点、及び伝搬路の状態を正確に伝達する必要がある点から、通信におけるオーバーヘッドが増大する。

[0007] そのため、一般的な適応ビームフォーミングでは、離散的に設定された複数のビームが予め設定される。複数のビームには、各々のビームを一意に識別可能なビームID (Identifier) が紐づけられる。例えば、適応ビームフォーミングでは、双方の無線局間で、ビームIDを含むビーム特定信号が、当該ビームIDが紐づけられたビームによってそれぞれ送受信される。そして、各ビームによるビーム特定信号の送受信の結果に基づいて、双方の無線局間で最適なビーム及び当該ビームに紐づけられたビームIDが特定される。適応ビームフォーミングは、このようなビーム選択によって、オーバーヘッドの増大を抑制することができる。

[0008] 上記のようなビーム選択は、3GPP (Third Generation Partnership Project) 5G (5th Generation) 及びIEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11adにおいて規定されており、近年、実用化が進められている無線通信システムにおいて実装がなされている(例えば、非特許文献1, 2及び3を参照)。

[0009] 一般的に、ビーム選択は、以下のような手順で行われる。まず初めに、一方の無線局が、ビーム特定信号を他方の無線局へ送信する。ここでいうビーム特定信号とは、一方の無線局において当該ビーム特定信号の送信に用いら

れたビームを、他方の無線局が特定することができるようにするための信号である。ここで、一方の無線局は、各ビームによって送信されるビーム特定信号が互いに干渉しないように送信制御する。具体的には、一方の無線局は、各ビームでのビーム特定信号の送信タイミングをずらして順に送信する。以下、無線局が、各ビームでのビーム特定信号の送信タイミングをずらして順に送信することを、「スイープ」ということがある。

[0010] 次に、他方の無線局は、一方の無線局から各ビームによって順に送信されたビーム特定信号の受信品質をそれぞれ測定する。他方の無線局は、例えば受信品質が最良のビーム特定信号を選択する。他方の無線局は、選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む信号（以下、「フィードバック信号」という。）を、一方の無線局へ送信する。以上のような構成によって、適応ビームフォーミングでは、一方の無線局が、他方の無線局へデータ伝送を行う場合に、どのビームを用いることが最適であるかを認識することができる。

[0011] なお、ビーム特定信号として、例えば、一方の無線局によって用いられたビームを識別するビームID (Identifier) を含むビームサーチ信号等を用いることができる。ここでいうビームサーチ信号とは、例えば、IEEE 802.11ayにおいて規定されたSSW (Sector Sweep Frame) (例えば、非特許文献6を参照)、あるいは、5Gにおいて規定されたSS/PBCH (Synchronization Signal /Physical Broadcast Channel) (例えば、非特許文献2を参照)等に規定された信号である。

[0012] 図13に、従来の無線通信システムの一般的なシステム構成を示す。図13に示されるように、信号の送受信を行うデジタル信号処理装置と基地局アンテナとが互いに一対一で接続されている。すなわち、この場合、1台の基地局アンテナにつき1つのセルが形成される。この構成においては、1台の端末装置はセル内に唯一存在する1台の基地局アンテナに接続される。

[0013] ここで、前述の通り、ミリ波帯やテラヘルツ帯等の高周波数帯ではビームフォーミング技術が用いられることから、反射波や回折波の影響は小さくなる。一方、この場合、無線局間の見通しが遮蔽されると通信断となる可能性

が高くなるという特徴がある。このように、従来のセル構成の場合、1つの基地局アンテナからの見通しが遮蔽されると、通信断となる可能性が高くなってしまう。そこで、高周波数帯を用いた無線通信では、遮蔽耐性の向上効果を有している分散アンテナを用いた無線通信システム（以下、「分散アンテナシステム」という。）を用いることが検討されている（例えば、非特許文献4及び5、および特許文献1を参照）。

[0014] 図14に、従来の分散アンテナシステムの一般的なシステム構成を示す。図14に示されるように、信号の送受信を行うデジタル信号処理装置と分散アンテナとが互いに一对多で接続されている。すなわち、分散アンテナシステムでは、複数台の分散アンテナによって1つのセルが形成される。この構成においては、1台の端末装置はセル内に存在する複数の分散アンテナのいずれかに接続される。

[0015] また、図14に示されるように、デジタル信号処理装置には通信制御装置が接続されている。通信制御装置は、各端末装置と無線通信接続する分散アンテナの制御、及び当該分散アンテナが用いるビームの制御等を行う。とくにセルラ通信システム等においては、集中制御を行うために通信制御装置が用いられる。この場合、通信制御装置は、さらにユーザスケジューリング及びリソース制御等の処理を行う。

[0016] このような分散アンテナシステムによって、端末装置は、セル内に存在する1つの分散アンテナからの見通しが遮蔽されたとしても、当該セル内に存在する他の分散アンテナと無線通信接続することができる。このような分散アンテナシステムを実現するためには、最適なビームを選択することに加えて、セル内の複数の分散アンテナの中から最適な分散アンテナを選択することが必要になる。以下、最適な分散アンテナ及び最適なビームを選択することを、「アンテナ・ビーム選択」という。

[0017] 一般的に、分散アンテナシステムにおけるアンテナ・ビーム選択は、以下のような手順で行われる。まず初めに、一方の無線局（例えば収容局）が、ビーム特定信号を他方の無線局（例えば端末装置）へ送信する。ここで、一

方の無線局は、図15に示されるように、各ビームで送信されるビーム特定信号が互いに干渉しないようにスイープする。図15は、従来の分散アンテナシステムによるスイープの概要を示す模式図である。

[0018] 次に、他方の無線局は、各分散アンテナ及び各ビームによって順に送信されたビーム特定信号の受信品質をそれぞれ測定する。他方の無線局は、例えば受信品質が最良であったビーム特定信号を特定する。他方の無線局は、特定結果を示すフィードバック信号を、一方の無線局へ送信する。以上のような構成によって、一方の無線局は、他方の無線局へデータ伝送を行う場合に、どの分散アンテナのどのビームを用いることが最適であるかを認識することができる。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0019] 特許文献1：特開2019-207210号公報

### 非特許文献

[0020] 非特許文献1：“5Gマルチアンテナ技術，” NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル， Vol. 23， No. 4， pp. 30-39， 2016年1月

非特許文献2：武田和晃 他，“5Gにおける物理レイヤ要素技術と高周波数帯利用に関する検討状況，” NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル， Vol. 25， No. 3， pp. 23-32， 2017年10月

非特許文献3：滝波浩二 他，“ミリ波帯無線LANシステムの標準化動向と要素技術，” 通信ソサイエティマガジン， 電子情報通信学会， No. 38， 秋号， pp. 100-106， 2016年

非特許文献4：内田大誠 他，“端末高密度／遮蔽環境での高周波数帯分散アンテナシステムの一検討，” 電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集1， B-5-87， p. 375， 2020年3月

非特許文献5：岩淵匡史 他，“多数多様な中継系による高周波数帯マルチ

パス形成制御の提案，” 電子情報通信学会総合大会 通信講演論文集 1，  
B-5-101， p. 389， 2020年3月

非特許文献6：Y. Ghasempour, et al., "IEEE 802.11ay: Next-Generation 60 GHz Communication for 100 Gb/s Wi-Fi," in IEEE Communications Magazine, Vol.55, No.12, pp.186-192, December 2017.

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0021] 図15に示されるように、1つのセルに対して複数の分散アンテナが配置される高周波数帯を用いた分散アンテナシステムでは、複数の分散アンテナからそれぞれ送信されるビーム特定信号が互いに干渉しないように分散アンテナごとに順にスイープして、アンテナ・ビーム選択を行う必要がある。そのため、とくに分散アンテナの台数が増加した場合においては、ビーム選択に要する時間がより長くなってしまふ。これにより、オーバーヘッドが増加し、データ伝送効率が低下するという課題がある。

[0022] また、一般的に、高周波数帯を用いた分散アンテナシステムは、端末装置の移動及び周囲の環境変化等に伴う伝搬路変動に追従するため、適切な頻度で周期的にビーム選択を行う必要がある。しかしながら、分散アンテナの台数の増加によって一回のビーム選択に要する時間が長くなりすぎると、当該ビーム選択に要する時間がビーム選択の実行周期より長くなってしまふ場合がある。この場合、ビーム選択の実行周期内でビーム選択を完了させることができなくなるため、データ伝送そのものの実施が困難になる。

[0023] 上記事情に鑑み、本発明は、分散アンテナの増加に対して、ビーム選択に要する時間を増加させることなくビーム選択を行うことができる通信制御方法及び通信制御装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0024] 本発明の一態様は、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信する送信ステップと、前記無線局における

前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する受信ステップと、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する選択ステップと、を有する通信制御方法である。

[0025] 本発明の一態様は、複数の送信ビームを順に用いて前記送信ビームごとに予め定められた送信タイミングでビーム特定信号を複数のアンテナから無線局へ送信する送信ステップと、前記無線局における前記送信ビームごとの前記ビーム特定信号の受信タイミングと受信品質とに基づいて選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する受信ステップと、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記報告信号に含まれる情報に基づいて前記無線局との通信に用いる送信ビームを選択する選択ステップと、を有する通信制御方法である。

[0026] 本発明の一態様は、第1無線局と、第2無線局と、を有する無線通信システムの通信制御方法であって、前記第1無線局が、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから第2無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信する第1送信ステップと、前記第2無線局が、前記第1無線局から前記ビーム識別子ごとに送信された前記ビーム特定信号を受信する第1受信ステップと、前記第2無線局が、前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて、複数の前記ビーム識別子から特定のビーム識別子である選択ビーム識別子を選択する第1選択ステップと、前記第2無線局が、前記選択ビーム識別子を含む報告信号を前記第1無線局へ送信する第2送信ステップと、前記第1無線局が、前記報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信

する第2受信ステップと、前記第1無線局が、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記第2無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記第2無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する第2選択ステップと、有する通信制御方法である。

[0027] 本発明の一態様は、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信し、前記無線局における前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する送受信部と、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する選択部と、を備える通信制御装置である。

[0028] 本発明の一態様は、複数の送信ビームを順に用いて前記送信ビームごとに予め定められた送信タイミングでビーム特定信号を複数のアンテナから無線局へ送信し、前記無線局における前記送信ビームごとの前記ビーム特定信号の受信タイミングと受信品質とに基づいて選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する送受信部と、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記報告信号に含まれる情報に基づいて前記無線局との通信に用いる送信ビームを選択する選択部と、を備える通信制御装置である。

### 発明の効果

[0029] 本発明により、分散アンテナの増加に対して、ビーム選択に要する時間を増加させることなくビーム選択を行うことが可能になる。

### 図面の簡単な説明

[0030] [図1]従来の分散アンテナシステム6の通信制御装置600の機能構成を示すブロック図である。

[図2]従来の分散アンテナシステム6のビーム特定信号送信指示部601によって生成されたビーム割り当て情報611を示す図である。

[図3]従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の機能構成を示すブロック図である。

[図4]従来の分散アンテナシステム6の通信制御装置600の動作を示すフローチャートである。

[図5]従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の動作を示すフローチャートである。

[図6]本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステムによるビーム選択の概要を示す模式図である。

[図7]本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の全体構成図である。

[図8]本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の通信制御装置100の機能構成を示すブロック図である。

[図9]本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の同一ビームサーチ信号同時送信指示部101によって生成されたビーム割り当て情報111を示す図である。

[図10]本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の通信制御装置100の動作を示すフローチャートである。

[図11]本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステムの通信制御装置100aの機能構成を示すブロック図である。

[図12]本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステムの通信制御装置100aの動作を示すフローチャートである。

[図13]従来の無線通信システムの一般的なシステム構成を示す図である。

[図14]従来の分散アンテナシステムの一般的なシステム構成を示す図である。

。

[図15]従来の分散アンテナシステムによるスイープの概要を示す模式図である。

### 発明を実施するための形態

[0031] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態における分散アンテナシステムの構成について説明する。なお、説明を分かり易くするため、比較対象として従来の分散アンテナシステムの構成を先に説明する。

[0032] 以下、従来の分散アンテナシステム6の全体構成について説明する。図14に示されるように、分散アンテナシステム6は、通信制御装置600と、デジタル信号処理装置700と、分散アンテナ800-1~800-4と、複数の端末装置900と、を含んで構成される。

[0033] 図14に示されるように、デジタル信号処理装置700は、通信制御装置600と、分散アンテナ800-1~800-4とに接続する。通信制御装置600及び分散アンテナ800-1~800-4と、デジタル信号処理装置700とは、互いに通信可能に構成される。以下、分散アンテナ800-1~800-4をとくに区別して説明する必要がある場合には、単に「分散アンテナ800」という。

[0034] 分散アンテナ800は、適応ビームフォーミングを行うことができるアンテナである。分散アンテナ800は、複数の種類のビームのいずれかを選択的に用いて端末装置900と無線通信を行うことができる。

[0035] 通信制御装置600は、分散アンテナ800-1~800-4と端末装置900との間の無線通信においてそれぞれ用いられるビームを複数のビームの中から選択する、ビーム選択に関する通信制御を行うための制御装置である。

[0036] デジタル信号処理装置700は、分散アンテナ800-1~800-4を用いて、端末装置900との間の信号の送受信を行う通信装置である。

[0037] 以下、通信制御装置600の構成について説明する。図1は、従来の分散アンテナシステム6の通信制御装置600の機能構成を示すブロック図である。図1に示されるように、通信制御装置600は、ビーム特定信号送信指

示部601と、フィードバック結果受信部602と、最適アンテナ・ビーム選択部603と、最適アンテナ・ビーム保存部604とを含んで構成される。

- [0038] ビーム特定信号送信指示部601は、分散アンテナ800-1~800-4において用いられる全てのビームを一意に特定できるように、各ビームに対して識別子（以下、「ビームID」という。）を割り当てる。ビーム特定信号送信指示部601によって割り当てられたビームIDを示すビーム割り当て情報の一例を、図2に示す。
- [0039] 図2は、従来の分散アンテナシステム6のビーム特定信号送信指示部601によって生成されたビーム割り当て情報611を示す図である。ビーム割り当て情報611は、例えば、最適アンテナ・ビーム保存部604等に記憶される。
- [0040] 図2に示されるビーム割り当て情報611は、分散アンテナの台数が $m$ 台であり、各分散アンテナがそれぞれ用いるビームの個数が $n$ 個である場合に生成されるビーム割り当て情報の一例である。
- [0041] 図2に示されるように、ビーム特定信号送信指示部601は、1台目の分散アンテナ（分散アンテナ#1）が形成する $n$ 種類のビームの各々に、#1から# $n$ までのビームIDを割り当てる。続けて、ビーム特定信号送信指示部601は、2台目の分散アンテナ（分散アンテナ#2）が形成する $n$ 種類のビームの各々に、# $n+1$ から# $2 \times n$ までのビームIDを割り当てる。ビーム特定信号送信指示部601は、このようにビームIDの割り当てを繰り返していき、最後の $m$ 台目の分散アンテナ（分散アンテナ# $m$ ）が形成する $n$ 種類のビームの各々に、# $(m-1) \times n + 1$ から# $m \times n$ までのビームIDを割り当てる。
- [0042] すなわち、ビーム特定信号送信指示部601は、 $j$ 台目の分散アンテナ（分散アンテナ# $j$ ）が形成する $n$ 種類のビームの各々に、# $(j-1) \times n + 1$ から# $j \times n$ までのビームIDを割り当てる。これにより、ビーム特定信号送信指示部601は、複数の分散アンテナ800と複数のビームとの全

での組合せに対して、当該組合せを一意に識別することができるビームIDをそれぞれ割り当てることができる。

[0043] ビーム特定信号送信指示部601は、分散配置された分散アンテナ800-1~800-4からビーム特定信号をそれぞれ送信させるための指示であるビーム特定信号送信指示を、デジタル信号処理装置700へ出力する。ビーム特定信号送信指示には、複数の分散アンテナ800と複数のビームとの全ての組合せに対して割り当てられたビームIDを示す情報が含まれる。

[0044] このビーム特定信号送信指示を受けたことに応じて、デジタル信号処理装置700は、分散配置された分散アンテナ800-1~800-4から各ビームを用いてビーム特定信号をそれぞれ送信させる。送信される各々のビーム特定信号は、当該ビーム特定信号の送信に用いられた分散アンテナ800とビームとの組合せに紐づけられたビームIDを示す情報を含むビームサーチ信号である。

[0045] フィードバック結果受信部602は、デジタル信号処理装置700から、フィードバック信号に含まれる最適ビームIDを示す情報を取得する。フィードバック信号は、端末装置900から送信され、分散アンテナ800によって受信された後、デジタル信号処理装置700によって復号される。フィードバック結果受信部602は、取得された最適ビームIDを示す情報を最適アンテナ・ビーム選択部603へ出力する。

[0046] 最適ビームIDとは、端末装置900において受信されたビーム特定信号のうち、例えば受信品質が最も良好であったビーム特定信号に含まれるビームIDである。ここでいう受信品質とは、例えば受信電力又は受信信号強度(RSSI: Received Signal Strength Indicator)等の値である。

[0047] 最適アンテナ・ビーム選択部603は、フィードバック結果受信部602から出力された最適ビームIDを取得する。最適アンテナ・ビーム選択部603は、ビーム割り当て情報611を参照し、最適ビームIDに紐づけられた分散アンテナ800とビームとの組合せを特定する。最適アンテナ・ビーム選択部603は、特定された分散アンテナ800とビームとの組合せを示

す情報を、最適アンテナ・ビーム保存部604に記憶させる。

[0048] 最適アンテナ・ビーム保存部604は、上記特定された分散アンテナ800とビームとの組合せを示す情報を記憶する。デジタル信号処理装置700は、最適アンテナ・ビーム保存部604に記憶された分散アンテナ800とビームとを用いて、端末装置900との無線通信を行う。なお、最適アンテナ・ビーム保存部604は、図9に示されるビームID割り当て情報611を記憶してもよい。

[0049] 以上のような構成によって、分散アンテナ800側（収容局側）では、最適ビームIDに紐づけられた分散アンテナ800とビームとによって、端末装置900へ信号を送信するように設定がなされる。

[0050] 以下、端末装置900の構成について説明する。図3は、従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の機能構成を示すブロック図である。端末装置900は、例えばスマートフォン、タブレット型端末、又はノートPC等の情報処理装置である。図3に示されるように、端末装置900は、アンテナ部901と、デジタル信号処理部902と、最適ビームID選択部903と、フィードバック信号送信指示部904とを含んで構成される。

[0051] アンテナ部901は、分散アンテナ800から送信された無線信号を受信する。例えば、アンテナ部901は、分散アンテナ800から送信されたビーム特定信号を受信する。アンテナ部901は、受信された無線信号をデジタル信号処理部902へ出力する。

[0052] また、アンテナ部901は、デジタル信号処理部902から出力された、後述されるフィードバック信号を取得する。アンテナ部901は、取得されたフィードバック信号を分散アンテナ800（収容局側）へ送信する。

[0053] デジタル信号処理部902は、アンテナ部901から出力された無線信号を取得する。また、デジタル信号処理部902は、アンテナ部901によって受信されたビーム特定信号に含まれるビームIDごとの、当該ビーム特定信号の受信品質を計測する。前述の通り、受信品質とは、例えば受信電力又は受信信号強度等の値である。デジタル信号処理部902は、ビーム

I Dごとのビーム特定信号の受信品質の計測結果を示す情報を最適ビーム I D 選択部 9 0 3 へ出力する。

[0054] また、デジタル信号処理部 9 0 2 は、フィードバック信号送信指示部 9 0 4 から出力されたフィードバック信号送信指示を取得する。フィードバック信号送信指示には、最適ビーム I D を示す情報が含まれる。デジタル信号処理部 9 0 2 は、フィードバック信号送信指示を取得すると、最適ビーム I D を示す情報を含むフィードバック信号を生成する。デジタル信号処理部 9 0 2 は、生成されたフィードバック信号をアンテナ部 9 0 1 へ出力する。

[0055] 最適ビーム I D 選択部 9 0 3 は、デジタル信号処理部 9 0 2 から出力された、ビーム I D ごとのビーム特定信号の受信品質の測定結果を示す情報を取得する。最適ビーム I D 選択部 9 0 3 は、例えば受信品質が最も良好であったビーム特定信号に含まれるビーム I D である最適ビーム I D を特定する。最適ビーム I D 選択部 9 0 3 は、特定された最適ビーム I D を示す情報をフィードバック信号送信指示部 9 0 4 へ出力する。

[0056] フィードバック信号送信指示部 9 0 4 は、最適ビーム I D 選択部 9 0 3 から出力された最適ビーム I D を示す情報を取得する。フィードバック信号送信指示部 9 0 4 は、最適ビーム I D を示す情報を含むフィードバック信号を分散アンテナ 8 0 0 へ送信させるための指示であるフィードバック信号送信指示をデジタル信号処理部 9 0 2 へ出力する。

[0057] 以下、従来の分散アンテナシステム 6 のアンテナ・ビーム選択における通信制御装置 6 0 0 の動作の一例について説明する。図 4 は、従来の分散アンテナシステム 6 の通信制御装置 6 0 0 の動作を示すフローチャートである。

[0058] まず、ビーム特定信号送信指示部 6 0 1 が、ビーム選択を行う分散アンテナ 8 0 0 の台数  $m$  の値と、各分散アンテナ 8 0 0 で用いられるビームの個数  $n$  の値とを、それぞれ決定する（ステップ S 0 0 1）。このとき、図 2 に示されるように、ビーム特定信号送信指示部 6 0 1 は、複数の分散アンテナ 8 0 0 と複数のビームとの全ての組合せに対して、当該組合せを一意に識別す

ることができるビームIDをそれぞれ割り当てる。

- [0059] 次に、ビーム特定信号送信指示部601は、ビーム特定信号を送信させる分散アンテナ800をカウントするカウンタjの値を初期化し、 $j = 0$ とする（ステップS002）。
- [0060] 次に、ビーム特定信号送信指示部601は、次の分散アンテナ800にビーム特定信号を送信させるために、カウンタjの値を1繰り上げ、 $j \leftarrow j + 1$ とする（ステップS003）。
- [0061] 次に、ビーム特定信号送信指示部601は、ビーム特定信号を送信させるビームをカウントするカウンタiの値を初期化し、 $i = 0$ とする（ステップS004）。
- [0062] 次に、ビーム特定信号送信指示部601は、次のビームで分散アンテナ800にビーム特定信号を送信させるために（すなわち、ビームをスイープさせるために）、カウンタiの値を1繰り上げ、 $i \leftarrow i + 1$ とする（ステップS005）。
- [0063] 次に、ビーム特定信号送信指示部601は、j番目の分散アンテナ800とi番目のビームとの組合せに紐づけられたビームIDを示す情報を含むビーム特定信号を、j番目の分散アンテナ800によるi番目のビームによって送信させるための指示であるビーム特定信号送信指示を、デジタル信号処理装置700へ出力する（ステップS006）。
- [0064] ビーム特定信号送信指示部601は、j番目の分散アンテナ800から順にn種類の全てのビームによってビーム特定信号を順に送信させるまで（すなわち、 $i = n$ となるまで）、デジタル信号処理装置700へのビーム特定信号送信指示の出力を繰り返す（ステップS005～ステップS007）。
- [0065] さらに、ビーム特定信号送信指示部601は、m台の全ての分散アンテナ800からn種類のビームによってビーム特定信号を送信させるまで（すなわち、 $j = m$ となるまで）、デジタル信号処理装置700へのビーム特定信号送信指示の出力を繰り返す（ステップS003～ステップS008）。

[0066] 次に、フィードバック結果受信部602は、上記送信されたビーム特定信号に対して端末装置900から送信されるフィードバック信号が分散アンテナ800によって受信されることを待ち受ける（ステップS009）。ここで、フィードバック信号には、前述の通り最適ビームIDを示す情報が含まれている。

[0067] なお、端末装置900から送信されたフィードバック信号は、例えば、ビーム特定信号の送信において用いられた各分散アンテナ800により、無指向性又は低指向性のビームによって同時に受信される。

[0068] 次に、フィードバック信号が分散アンテナ800によって受信された場合（ステップS009・YES）、フィードバック結果受信部602は、受信されたフィードバック信号に含まれる最適ビームIDを取得する。フィードバック結果受信部602は、取得された最適ビームIDを最適アンテナ・ビーム選択部603へ出力する。

[0069] 最適アンテナ・ビーム選択部603は、ビーム割り当て情報611を参照し、最適ビームIDに紐づけられた分散アンテナ800とビームとの組合せを特定する。最適アンテナ・ビーム選択部603は、特定された分散アンテナ800とビームとの組合せを示す情報を、最適アンテナ・ビーム保存部604に保存する（ステップS010）。以上で、図4のフローチャートが示す通信制御装置600の動作が終了する。

[0070] 以下、分散アンテナシステム6のアンテナ・ビーム選択における端末装置900の動作の一例について説明する。図5は、従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の動作を示すフローチャートである。

[0071] まず、デジタル信号処理部902は、各分散アンテナ800から送信されたビームIDごとのビーム特定信号をアンテナ部901が受信することを待ち受ける（ステップS021）。

[0072] なお、分散アンテナ800から送信されたビームIDごとのビーム特定信号は、例えば、アンテナ部901により無指向性又は低指向性のビームによって順に受信される。

[0073] 各分散アンテナ800から送信されたビームIDごとのビーム特定信号がアンテナ部901によって受信された場合（ステップS021・YES）、デジタル信号処理部902は、アンテナ部901によって受信されたビーム特定信号に含まれるビームIDごとの、当該ビーム特定信号の受信品質を計測する。

[0074] 最適ビームID選択部903は、デジタル信号処理部902によって計測された、ビームIDごとのビーム特定信号の受信品質に基づいて、最適ビームIDを選択する（ステップS022）。例えば、最適ビームID選択部903は、受信品質が最良であったビーム特定信号に含まれるビームIDを最適ビームIDとして選択する。

[0075] 次に、フィードバック信号送信指示部904は、最適ビームIDを示す情報を含むフィードバック信号を分散アンテナ800へ送信させるための指示であるフィードバック信号送信指示をデジタル信号処理部902へ出力する。デジタル信号処理部902は、最適ビームIDを示す情報を含むフィードバック信号を生成する。アンテナ部901は、生成されたフィードバック信号を分散アンテナ800へ送信する（ステップS023）。以上で、図5のフローチャートが示す端末装置900の動作が終了する。

[0076] <第1の実施形態>

以下、本発明の第1の実施形態について説明する。

[0077] 前述の従来の分散アンテナシステム6では、分散アンテナ800の台数が増加すると、これに比例してビーム選択に要する時間も増加する。例えば、各分散アンテナ800においてq種類のビームが用いられる場合において、分散アンテナ800がp台増加するならば、 $p \times q$ 回のビーム特定信号の送信に要する時間がさらに必要となる。

[0078] これに対し、以下に説明する本実施形態における分散アンテナシステムは、分散アンテナの増加に伴うビーム選択に要する時間の増加を抑えることができる。図6は、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステムによるビーム選択の概要を示す模式図である。

[0079] 図6 (A) に示されるように、本実施形態における分散アンテナシステムは、複数の分散アンテナから同時に、同一のビーム特定信号をそれぞれ送信する。これにより、本実施形態における分散アンテナシステムは、ビーム選択に要する時間を増加させることなく、分散アンテナの台数を増加させることが可能となる。

[0080] 上記のような構成を有する本実施形態の分散アンテナシステムは、前述の従来の分散アンテナシステム6と同様に、ビーム特定信号の送信に用いられたビームを受信側（無線端末側）で特定可能な情報（例えば、ビームを識別するビームID）を当該ビーム特定信号に含めることはできる。しかしながら、本実施形態の分散アンテナシステムは、複数の分散アンテナから同一のビーム特定信号を同時に送信するため、受信側（無線端末側）では受信したビーム特定信号がどの分散アンテナから送信されたかを特定することができない。

[0081] そこで、本実施形態における分散アンテナシステムは、図6 (B) に示されるように、端末装置から送信されるフィードバック信号を各分散アンテナによって受信し、分散アンテナごとにフィードバック信号の受信品質を測定する。そして、本実施形態における分散アンテナシステムは、測定結果に基づいて、上記の端末装置との無線通信に最適な分散アンテナを選択する。このような構成を備えることで、本実施形態における分散アンテナシステムは、分散アンテナの台数が増加した場合であっても、ビーム選択に要する時間を増加させることなく、ビーム選択を行うことができる。

[0082] また、本実施形態における分散アンテナシステムは、複数の分散アンテナから同一のビーム特定信号を同時に送信するが、端末装置側では、複数の分散アンテナから送信されたビーム特定信号を受信した時に、これら同時に送信されたビーム特定信号を、マルチパス干渉とみなすことができる。そのため、本実施形態における分散アンテナシステムに対し、一般的な無線通信システムにおいて用いられるマルチパス干渉の補償技術を適用することによって、無線通信の品質劣化を回避することができる。なお、このとき、マルチ

パス干渉の許容遅延時間差を利用する複数の分散アンテナからのビーム特定信号の到来時間差を考慮して設定がなされてもよい。

[0083] また、第1の実施形態における分散アンテナシステム1は、ビーム特定信号として、ビームサーチ信号を用いる。ビームサーチ信号は、ビームIDを示す情報を含むビーム特定信号である。具体的には、各分散アンテナから、各ビームによって、当該ビームを識別するビームIDを含むビームサーチ信号が端末装置へ送信される。端末装置は、ビームサーチ信号を受信して復号することで、当該ビームサーチ信号の送信に用いられたビームに紐づけられたビームIDを特定することができる。

[0084] [分散アンテナシステムの構成]

以下、本実施形態における分散アンテナシステム1の全体構成について説明する。図7は、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の全体構成図である。分散アンテナシステム1は、1つのセルに対して複数の(図7では4台の)分散アンテナが配置され、高周波数帯を用いて通信を行う無線通信システムである。

[0085] 図7に示されるように、分散アンテナシステム1は、通信制御装置100と、デジタル信号処理装置200と、分散アンテナ300-1~300-4と、複数の端末装置400と、を含んで構成される。分散アンテナシステム1は、収容局側に複数の分散アンテナを備えた通信システムである。但し、このような構成に限られるものではなく、互いに対向する双方無線局の双方がそれぞれ複数の分散アンテナを備えた分散アンテナシステムであっても構わない。

[0086] 図7に示されるように、デジタル信号処理装置200は、通信制御装置100と、分散アンテナ300-1~300-4とに接続する。通信制御装置100及び分散アンテナ300-1~300-4と、デジタル信号処理装置200とは、互いに通信可能に構成される。以下、分散アンテナ300-1~300-4をとくに区別して説明する必要がない場合には、単に「分散アンテナ300」という。

[0087] 分散アンテナ300は、適応ビームフォーミングを行うことができるアンテナである。分散アンテナ300は、複数の種類のビームのいずれかを選択して端末装置400と通信を行うことができる。なお、図7には、各分散アンテナ300によって形成されるビームがそれぞれ3種類ずつ破線で図示されている。

[0088] なお、ここでは、分散アンテナ300の台数は4台であるものとしたが、2台、3台又は5台以上であってもよい。また、図7においては、5つの端末装置400が示されているが、端末装置400の個数は任意の個数で構わない。

[0089] 通信制御装置100及びデジタル信号処理装置200の各々は、例えば汎用コンピュータ等の情報処理装置を含んで構成される。なお、通信制御装置100とデジタル信号処理装置200とは、一体化された装置であってもよい。

[0090] 通信制御装置100は、分散アンテナ300-1~300-4と端末装置400との間の無線通信においてそれぞれ用いられるビームを、ビームの中から選択するビーム選択に関する通信制御を行う制御装置である。すなわち、通信制御装置100は、通信装置であるデジタル信号処理装置200が分散アンテナ300-1~300-4を用いて行う適応ビームフォーミングにおける、ビーム選択に関する処理を制御する制御装置である。

[0091] デジタル信号処理装置200は、分散アンテナ300-1~300-4を用いて、端末装置400との間の無線信号の送受信を行う通信装置である。

[0092] [通信制御装置の構成]

以下、通信制御装置100の構成について説明する。図8は、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の通信制御装置100の機能構成を示すブロック図である。図8に示されるように、通信制御装置100は、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101と、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102と、最適アンテナ・ビーム選択部103と、最適

アンテナ・ビーム保存部104とを含んで構成される。

[0093] 同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、分散アンテナ300-1～300-4において用いられる全てのビームを一意に特定するための識別子であるビームIDを、各ビームに対して割り当てる。同一ビームサーチ信号同時送信指示部101によって割り当てられたビームIDを示すビーム割り当て情報の一例を、図9に示す。

[0094] 図9は、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1の同一ビームサーチ信号同時送信指示部101によって生成されたビーム割り当て情報111を示す図である。図9に示されるように、ビーム割り当て情報111は、分散アンテナ300とビームとの組合せと、ビームIDとが互いに対応付けられた表形式のデータである。ビーム割り当て情報111は、例えば、最適アンテナ・ビーム保存部104等に記憶される。

[0095] 図9に示されるビーム割り当て情報111は、分散アンテナの台数が $m$ 台であり、各分散アンテナがそれぞれ用いるビームの個数が $n$ 個である場合に生成されるビーム割り当て情報の一例である。なお、例えば、前述の図7に示される本実施形態における分散アンテナシステム1では、4台の分散アンテナ300がそれぞれ3種類のビームを用いる構成であるため、この場合、 $m=4$ 及び $n=3$ となる。

[0096] 図9に示されるように、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、1台目の分散アンテナ（分散アンテナ#1）が形成する $n$ 種類のビームの各々に、#1～# $n$ までのビームIDをそれぞれ割り当てる。同様に、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、2～ $m$ 台目の分散アンテナ（分散アンテナ#2～# $m$ ）がそれぞれ形成する $n$ 種類のビームの各々にも、#1～# $n$ までのビームIDをそれぞれ割り当てる。

[0097] すなわち、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、どの分散アンテナ300が形成されるビームであるかにかかわらず、各分散アンテナ300が形成する $n$ 種類のビームの各々に、#1～# $n$ までの同一のビームIDを割り当てる。これにより、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、

ビームサーチ信号の送信に用いられるビームを一意に識別することができるビームIDをそれぞれ割り当てることができる。但し、同一ビームサーチ信号同時送信指示部101によって割り当てられるビームIDでは、ビームサーチ信号の送信に用いられる分散アンテナ300を特定することはできない。

[0098] 同一ビームサーチ信号同時送信指示部101は、分散配置された分散アンテナ300-1~300-4からそれぞれビームサーチ信号を送信させるための指示であるビームサーチ信号送信指示を、デジタル信号処理装置200へ出力する。ビームサーチ信号送信指示には、各ビームに対して割り当てられたビームIDを示す情報が含まれる。

[0099] このビームサーチ信号送信指示に応じて、デジタル信号処理装置200は、分散配置された分散アンテナ300-1~300-4から、同一のビームIDが割り当てられたビームごとにビームサーチ信号を同時に送信させる。送信される各々のビームサーチ信号には、当該ビームサーチ信号の送信に用いられたビームに紐づけられたビームIDを示す情報が含まれる。

[0100] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、デジタル信号処理装置200から、フィードバック信号に含まれる最適ビームIDを示す情報を取得する。フィードバック信号は、端末装置400から送信され、分散アンテナ300によって受信された後、デジタル信号処理装置200によって復号される。最適ビームIDとは、端末装置400において受信されたビームサーチ信号のうち、例えば、受信品質が最も良好であったビームサーチ信号に含まれていたビームIDである。

[0101] また、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、各分散アンテナ300におけるフィードバック信号の受信品質の測定結果を示す情報をデジタル信号処理装置200から取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された測定結果に基づいて、例えば受信品質が最も良好であった分散アンテナ300を、端末装置400との無線通信に最適な分散アンテナとして決定する。

- [0102] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された最適ビームIDを示す情報と、最適な分散アンテナとして決定された分散アンテナを識別する情報（以下、「最適アンテナID」という。）とを、最適アンテナ・ビーム選択部103へ出力する。
- [0103] 最適アンテナ・ビーム選択部103は、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102から出力された最適ビームIDと最適アンテナIDとを取得する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、取得された最適ビームIDに紐づけられたビームと、最適アンテナIDに紐づけられた分散アンテナ300とを特定する。最適アンテナ・ビーム選択部103は特定された、分散アンテナ300とビームとの組合せを示す情報を最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶させる。
- [0104] 最適アンテナ・ビーム保存部104は、分散アンテナ300とビームとの組合せを示す情報を記憶する。デジタル信号処理装置200は、最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶された分散アンテナ300とビームとの組合せを用いて、端末装置400との無線通信を行う。なお、最適アンテナ・ビーム保存部104は、図9に示されるビームID割り当て情報111を記憶してもよい。
- [0105] 最適アンテナ・ビーム保存部104は、例えば、HDD（Hard Disk Drive）、フラッシュメモリ、EEPROM（Electrically Erasable Programmable Read Only Memory）、RAM（Random Access read/write Memory；読み書き可能なメモリ）、ROM（Read Only Memory；読み出し専用メモリ）等の記憶媒体、又は、これらの記憶媒体の任意の組み合わせによって構成される。
- [0106] 以上のような構成によって、分散アンテナ300側（収容局側）では、フィードバック信号の受信品質が良好であった分散アンテナ300と最適ビームIDに紐づけられたビームとを用いて端末装置400へ無線信号を送信するように設定がなされる。
- [0107] [端末装置の構成]

本実施形態における分散アンテナシステム 1 の端末装置 400 の構成は、前述の図 3 に示される従来の分散アンテナシステム 6 の端末装置 900 の構成と基本的に同様であるため、説明を省略する。

[0108] [通信制御装置の動作]

以下、分散アンテナシステム 1 のアンテナ・ビーム選択における通信制御装置 100 の動作の一例について説明する。図 10 は、本発明の第 1 の実施形態における分散アンテナシステム 1 の通信制御装置 100 の動作を示すフローチャートである。

[0109] まず、同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 が、ビーム選択を行う分散アンテナ 300 の台数  $m$  の値と、各分散アンテナ 300 で用いられるビームの個数  $n$  の値とを、それぞれ決定する（ステップ S101）。このとき、図 9 に示されるように、同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 は、複数の分散アンテナ 300 によってビームサーチ信号の送信のために同時に用いられるビームごとに、当該ビームを一意に識別することができるビーム ID をそれぞれ割り当てる。

[0110] 次に、同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 は、ビームサーチ信号を送信させるビームをカウントするカウンタ  $i$  の値を初期化し、 $i = 0$  とする（ステップ S102）。

[0111] 次に、同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 は、次のビームでビームサーチ信号を送信させるために（すなわち、ビームをスイープするために）、カウンタ  $i$  の値を 1 繰り上げ、 $i \leftarrow i + 1$  とする（ステップ S103）。

[0112] 次に、同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 は、 $i$  番目のビームに紐づけられたビーム ID を示す情報を含む同一のビームサーチ信号を、 $m$  台の全ての分散アンテナ 300 から  $i$  番目のビームによって送信させるための指示である同一ビームサーチ信号同時送信指示を、デジタル信号処理装置 200 へ出力する（ステップ S104）。

[0113] 同一ビームサーチ信号同時送信指示部 101 は、 $m$  台の全ての分散アンテ

ナ300からn種類のビームによってビームサーチ信号を送信させるまで（すなわち、 $i = n$ となるまで）、デジタル信号処理装置200への同一ビームサーチ信号同時送信指示の出力を繰り返す（ステップS103～ステップS105）。

[0114] 次に、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、上記送信されたビームサーチ信号に対して端末装置400から送信されるフィードバック信号がm台の全ての分散アンテナ300によって受信されることを待ち受ける（ステップS106）。ここで、フィードバック信号には、最適ビームIDを示す情報が含まれている。

[0115] なお、端末装置400から送信されたフィードバック信号は、例えば、ビームサーチ信号の送信において用いられた各分散アンテナ300により、無指向性又は低指向性のビームによって同時に受信されるようにしてもよい。

[0116] 次に、フィードバック信号がm台の全ての分散アンテナ300によって受信された場合（ステップS106・YES）、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、デジタル信号処理装置200から、フィードバック信号に含まれる最適ビームIDを示す情報を取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された最適ビームIDを最適アンテナ・ビーム選択部103へ出力する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、最適ビームIDが紐づけられたビームを示す情報を最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶させる（ステップS107）。

[0117] 次に、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、各分散アンテナ300におけるフィードバック信号の受信品質の測定結果を示す情報をデジタル信号処理装置200から取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された測定結果に基づいて、例えば受信品質が最も良好であった分散アンテナ300を、端末装置400との無線通信に最適な分散アンテナとして決定する。

[0118] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、最適な分散アンテナとして決定された分散アンテナ300を示す情報を、最適アンテナ・ビーム

選択部103へ出力する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、取得された分散アンテナ300を示す情報を最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶させる（ステップS108）。以上で、図10のフローチャートが示す通信制御装置100の動作が終了する。

[0119] 以上説明したように、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1では、分散アンテナ300側（収容局側）の無線局は、分散アンテナ300において用いられる各ビームを一意に識別可能なビームIDをデジタル情報として埋め込んだビームサーチ信号をビームごとに生成する。分散アンテナ300側（収容局側）の無線局は、生成されたそれぞれのビームサーチ信号を、ビームIDごとに時間的に切り替えながら、各分散アンテナ300によってそれぞれ形成される当該ビームIDが紐づけられたビームに載せて、各分散アンテナ300から同時に送信する。

[0120] 但し、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1では、複数の分散アンテナ300から同一のビームサーチ信号を送信するため、送信に用いられたビームを特定するための情報をビームサーチ信号に含めることはできるが、送信に用いられた分散アンテナ300を特定する情報を含むことはできない。そこで、本実施形態における分散アンテナシステム1では、端末装置400から送信されたフィードバック信号を各分散アンテナ300によって同時に受信し、分散アンテナ300ごとにフィードバック信号の受信品質を測定し、どの分散アンテナ300が端末装置400との無線通信に最適であるかを判定する。

[0121] 端末装置400は、ビームIDごとに各分散アンテナ300から同時に送信されるビームサーチ信号を受信し、その受信品質（例えば受信電力）を測定する。また、端末装置400は、受信されたビームサーチ信号に含まれるビームIDを読み出す。端末装置400は、ビームIDごとのビームサーチ信号の受信品質の測定結果に基づいて、当該受信品質が最良であったビームサーチ信号に含まれるビームIDを特定する。端末装置400は、特定されたビームIDを最適ビームIDとしてフィードバック信号に埋め込む。端末

装置400は、最適ビームIDが含まれるフィードバック信号を分散アンテナ300側（収容局側）へ送信する。

[0122] 分散アンテナ300側（収容局側）は、端末装置400から送信されたフィードバック信号を受信し、受信されたフィードバック信号に含まれる最適ビームIDを読み出す。分散アンテナ300側（収容局側）は、読み出された最適ビームIDが紐づけられたビームを、端末装置400との無線通信において用いるように設定を行う。また、分散アンテナ300側（収容局側）は、端末装置400から送信されたフィードバック信号を全ての分散アンテナ300によって受信する。分散アンテナ300側（収容局側）は、各分散アンテナ300によって受信されたフィードバック信号のうち、最も受信品質（例えば受信電力）が良好であったフィードバック信号を受信した分散アンテナ300を特定する。分散アンテナ300側（収容局側）は、特定された分散アンテナ300を、端末装置400との無線通信において用いるように設定を行う。

[0123] 前述の通り、従来、1つのセルに対して複数の分散アンテナが配置される、高周波数帯を用いた無線通信システムでは、複数の分散アンテナからそれぞれ送信されるビームサーチ信号が干渉しないように、複数の分散アンテナが互いに異なる時間帯にそれぞれビームをスイープする必要があった。そのため、とくに分散アンテナの台数が増加した場合等においては、ビーム選択に要する時間がより長くなってオーバーヘッドが増加し、データの伝送効率が低下することがあるという課題があった。また、ビーム選択に要する時間がより長くなることによって、端末装置の移動に対して分散アンテナの指向性を追従させることが困難になり、分散アンテナ側（収容局側）と端末装置との間の無線通信そのものが困難になることがあるという課題があった。

[0124] これに対し、本発明の第1の実施形態における分散アンテナシステム1は、上記のような構成を備えることで、複数の分散アンテナ300から端末装置400へ向けて、ビームサーチ信号を同時に送信するため、複数の分散アンテナ300からのビームサーチ信号の送信を、1つ分の分散アンテナ300

0によるビームサーチ信号の送信に要する時間のみで完了させることができる。これにより、本実施形態における分散アンテナシステム1は、分散アンテナ300が増加した場合であっても、ビーム選択に要する時間が長くなることがないため、オーバーヘッドを増加させることがなく、データの伝送効率を低下させることがない。また、本実施形態における分散アンテナシステム1は、分散アンテナ300が増加した場合であっても、ビーム選択に要する時間が長くなることがないため、端末装置400の移動に対して分散アンテナ300の指向性を追従させることが困難になることがなく、分散アンテナ側（収容局側）と端末装置との間の無線通信そのものが困難になることを防ぐことができる。

[0125] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、複数の分散アンテナ300から同一のビームサーチ信号が同時に送信されるため、端末装置400は、複数の分散アンテナ300から送信された同一のビームサーチ信号を受信した際に、マルチパス干渉であるものとみなすことができる。これにより、一般的な無線通信システムで用いられるマルチパス干渉の補償技術を用いて、マルチパス干渉による無線品質劣化を回避することができる。

[0126] なお、無線通信システムでは、マルチパス干渉を補償するために、端末装置における等価処理及び通信方式によるマルチパス干渉の補償技術を適用することが一般的である。例えば、マルチパス干渉の補償方法として、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) + GI (Guard Interval) を利用してマルチパス遅延差以上のGI長とする方法、及びSC (Single Carrier) + TDE (Time Domain Equalization) を十分なタップ数で行う方法等がある。

[0127] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、複数の分散アンテナ300が用いるビームの個数は同数であるものとしたが、分散アンテナ300ごとに異なる個数のビームがそれぞれ用いられる構成であってもよい。この場合、他の分散アンテナ300より用いるビームの個数が多い分散アンテナ300のみよって送信されるビームサーチ信号があってもよい。

[0128] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、全ての分散アンテナ300からビームサーチ信号を同時に送信するものとしたが、一部の分散アンテナ300のみからビームサーチ信号を同時に送信するようにしてもよい。

[0129] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、一例として、端末装置400側でビーム選択が行われない場合について説明したが、これに限られるものではない。例えば、端末装置400が、分散アンテナ300と同様に複数のビームを用いて適応ビームフォーミングを行う構成であってもよい。この場合、例えば、端末装置400は、ビームIDを含むフィードバック信号を、当該ビームIDが紐づけられたビームによって、ビームIDごとにそれぞれ分散アンテナ300へ送信すればよい。そして、分散アンテナ300側（収容局側）では、端末装置400側のビームIDごとにフィードバック信号の受信品質を測定し、受信品質が最も良好であったフィードバック信号に含まれるビームIDを（端末装置400側の）最適ビームIDとして、端末装置400フィードバックするようにすればよい。また、端末装置400は、分散アンテナ300からのビームサーチ信号を受信する時、受信ビームを切り替えて、それぞれの受信品質（例えば、受信電力）を測定することで、使用するビームを特定してもよい。

[0130] <第2の実施形態>

以下、本発明の第2の実施形態について説明する。

[0131] 前述の第1の実施形態における分散アンテナシステム1では、ビーム特定信号として、ビームIDを示す情報を含むビームサーチ信号が用いられる構成であった。一方、以下に説明する第2の実施形態における分散アンテナシステム1では、ビーム特定信号として、無変調波（CW）信号が用いられる。

[0132] 本実施形態では、ビーム特定信号として無変調波信号が用いられることから、ビーム特定信号自体には、ビームIDを示す情報が含まれていない。そのため、本実施形態では、分散アンテナ300が無変調波信号を送信する際

に用いたビームに紐づけられたビームIDを端末装置400が特定することができるように、分散アンテナ300側（収容局側）から端末装置400へ、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングを示す情報（以下、「送信タイミング情報」という。）を事前に通知しておくことが必要となる。

[0133] 具体的には、分散アンテナ300側（収容局側）から端末装置400へ予め通知された送信タイミング情報に基づく、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングで、全ての分散アンテナ300がビームを同時にスイープして無変調波信号を送信する。端末装置400は、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングと同期した受信タイミングで当該無変調波信号を受信することで、受信された各無変調波信号の送信に用いられたビームのビームIDを特定することができる。

[0134] なお、送信タイミング情報の通知方法としては、例えば、上記の無変調波信号であるビーム特定信号と同様に、複数の分散アンテナから同時にビームをスイープすることによって、共通の送信タイミング情報を含む信号を同時に送信して通知する方法を用いることができる。あるいは、送信タイミング情報の通知方法として、低周波数帯の無線通信システムにより無指向性アンテナを用いて通知されるようにしてもよい。

[0135] なお、端末装置400の移動及び周囲の環境変化等に伴う伝搬路変動に追従する必要がある場合には、適切な頻度で周期的にビーム選択が行われることが望ましい。この場合、周期的に行われるビーム選択ごとに送信タイミング情報の通知が都度行われるようにしてもよい。なお、周期的にビーム選択が行われることが端末装置400側へ予め伝えられている場合には、送信タイミング情報の通知が最初に一度だけ行われるようにすることで、オーバーヘッドを削減させることができる。

[0136] なお、本実施形態では、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングを示す送信タイミング情報が事前に端末装置400へ通知される構成とした。具体的には、無変調波信号の送信開始のタイミング、ビームIDの切り替え間隔、及びビームIDの切り替え系列を示す情報を含む送信タイミング情

報が、分散アンテナ300側（収容局側）から端末装置400へ事前に通知される。これにより、端末装置400側でビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングを特定することが可能となる。

[0137] なお、無変調波信号の送信開始のタイミング及びビームIDの切り替え間隔を示す情報のみを含む送信タイミング情報が、端末装置400へ事前に通知されるようにしてもよい。この場合、端末装置400は、何番目の無変調波信号が最も良好な受信品質であったかを特定し、その順番を示すフィードバック信号を分散アンテナ300側（収容局側）へ送信すればよい。これにより、第2の実施形態における通信制御装置100aは、無変調波信号の送信時に用いられたビームのビームIDの切り替え系列順と、フィードバック信号に含まれる順番とに基づいて、最適ビームIDを特定することができる。なお、上記の無変調波信号は、ある帯域幅を持つ信号であってもよい。例えば、上記の無変調波信号は、拡散信号であってもよい。

[0138] [分散アンテナシステムの構成]

本実施形態における分散アンテナシステム1の全体構成は、前述の図7に示される第1の実施形態における分散アンテナシステム1の全体構成と基本的に同様であるため、説明を省略する。

[0139] [通信制御装置の構成]

以下、本実施形態の通信制御装置100aの構成について説明する。図11は、本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステムの通信制御装置100aの機能構成を示すブロック図である。

[0140] 図11に示されるように、通信制御装置100aは、無変調波信号同時送信指示部101aと、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102と、最適アンテナ・ビーム選択部103と、最適アンテナ・ビーム保存部104とを含んで構成される。

[0141] 無変調波信号同時送信指示部101aは、送信タイミング情報によって予め端末装置400に通知された、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングで、無変調波信号を、複数の分散アンテナ300から同時にビームを

スweepして送信させる指示を、デジタル信号処理装置200へ出力する。

- [0142] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、デジタル信号処理装置200から、フィードバック信号に含まれる最適ビームIDを示す情報を取得する。また、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、各分散アンテナ300におけるフィードバック信号の受信品質の測定結果を示す情報をデジタル信号処理装置200から取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された測定結果に基づいて、最も受信品質が高かった分散アンテナ300を、端末装置400との通信に最適な分散アンテナとして決定する。
- [0143] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された最適ビームIDを示す情報と最適アンテナIDとを、最適アンテナ・ビーム選択部103へ出力する。
- [0144] 最適アンテナ・ビーム選択部103は、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102から出力された最適ビームIDと最適アンテナIDとを取得する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、取得された最適ビームIDに紐づけられたビームと、最適アンテナIDに紐づけられた分散アンテナ300とを特定する。最適アンテナ・ビーム選択部103は特定された、分散アンテナ300とビームとの組合せを示す情報を最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶させる。
- [0145] 最適アンテナ・ビーム保存部104は、分散アンテナ300とビームとの組合せを示す情報を記憶する。デジタル信号処理装置200は、最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶された分散アンテナ300とビームとの組合せを用いて、端末装置400との無線通信を行う。なお、最適アンテナ・ビーム保存部104は、図9に示されるビームID割り当て情報111を記憶してもよい。
- [0146] 最適アンテナ・ビーム保存部104は、例えば、HDD、フラッシュメモリ、EEPROM、RAM、ROM等の記憶媒体、又は、これらの記憶媒体

の任意の組み合わせによって構成される。

[0147] 以上のような構成によって、分散アンテナ300側では、最適ビームIDに紐づけられた分散アンテナとビームとによって、端末装置400へ信号を送信するように設定がなされる。

[0148] [端末装置の構成]

端末装置400は、分散アンテナ300におけるビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングに同期した受信タイミングごとに、無変調波信号を受信する。端末装置400は、無変調波信号の受信タイミングと、予め通知された送信タイミング情報とに基づいて、当該無変調波信号に紐づけられたビームIDを特定することができる。

[0149] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1の端末装置400のその他の構成は、前述の図3に示される従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の構成と基本的に同様であるため、説明を省略する。

[0150] [通信制御装置の動作]

以下、第2の実施形態の分散アンテナシステムのアンテナ・ビーム選択における通信制御装置100aの動作の一例について説明する。図12は、本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステムの通信制御装置100aの動作を示すフローチャートである。

[0151] まず、無変調波信号同時送信指示部101aが、ビーム選択を行う分散アンテナ300の台数mの値と、各分散アンテナ300で用いられるビームの個数nの値とを、それぞれ決定する(ステップS201)。このとき、図9に示されるように、無変調波信号同時送信指示部101aは、複数の分散アンテナ300によって無変調波信号の送信のために同時に用いられるビームごとに、当該ビームを一意に識別することができるビームIDをそれぞれ割り当てる。

[0152] 次に、無変調波信号同時送信指示部101aは、予め送信タイミング情報を端末装置400へ通知する(ステップS202)。前述の通り、送信タイミング情報は、m台の分散アンテナからビームIDごとに同時に送信される

、無変調波信号の送信タイミングを示す情報である。

- [0153] 次に、無変調波信号同時送信指示部101aは、無変調波信号を送信させるビームをカウントするカウンタ*i*の値を初期化し、 $i = 0$ とする（ステップS203）。
- [0154] 次に、無変調波信号同時送信指示部101aは、次のビームで無変調波信号を送信させるために（すなわち、ビームをスイープするために）、カウンタ*i*の値を1繰り上げ、 $i \leftarrow i + 1$ とする（ステップS204）。
- [0155] 次に、無変調波信号同時送信指示部101aは、予め端末装置400へ通知された送信タイミング情報に基づく*i*番目のビームの送信タイミングで、無変調波信号を、*m*台の全ての分散アンテナ300から*i*番目のビームによって送信させるための指示である無変調波信号同時送信を、デジタル信号処理装置200へ出力する（ステップS205）。
- [0156] 無変調波信号同時送信指示部101aは、*m*台の全ての分散アンテナ800から*n*種類のビームによって無変調波信号を送信させるまで（すなわち、 $i = n$ となるまで）、デジタル信号処理装置200への同一無変調波信号送信指示の出力を繰り返す（ステップS204～ステップS206）。
- [0157] 次に、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、上記送信された無変調波信号に対して端末装置400から送信されるフィードバック信号が*m*台の全ての分散アンテナ300によって受信されることを待ち受ける（ステップS207）。ここで、フィードバック信号には、最適ビームIDを示す情報が含まれている。
- [0158] 次に、フィードバック信号が*m*台の全ての分散アンテナ300によって受信された場合（ステップS207・YES）、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、デジタル信号処理装置200から、フィードバック信号に含まれる最適ビームIDを示す情報を取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された最適ビームIDを最適アンテナ・ビーム選択部103へ出力する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、最適ビームIDが紐づけられたビームを示す情報を最適アンテナ・ビーム

保存部104に記憶させる（ステップS208）。

[0159] 次に、分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、各分散アンテナ300におけるフィードバック信号の受信品質の測定結果を示す情報をデジタル信号処理装置200から取得する。分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、取得された測定結果に基づいて、例えば受信品質が最も良好であった分散アンテナ300を、端末装置400との無線通信に最適な分散アンテナとして決定する。

[0160] 分散アンテナ別フィードバック結果受信部102は、最適な分散アンテナとして決定された分散アンテナ300を示す情報を、最適アンテナ・ビーム選択部103へ出力する。最適アンテナ・ビーム選択部103は、取得された分散アンテナ300を示す情報を最適アンテナ・ビーム保存部104に記憶させる（ステップS108）。以上で、図12のフローチャートが示す通信制御装置100の動作が終了する。

[0161] [端末装置の動作]

本実施形態における分散アンテナシステムの端末装置400の動作は、前述の図3に示される従来の分散アンテナシステム6の端末装置900の動作と基本的に同様であるため、説明を省略する。

[0162] 以上説明したように、本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステム1では、分散アンテナ300が無変調波信号であるビーム特定信号を送信する際に用いたビームに紐づけられたビームIDを端末装置400が特定することができるように、分散アンテナ300側（収容局側）から端末装置400へ、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングを示す送信タイミング情報が事前に通知される。分散アンテナ300側（収容局側）は、端末装置400へ予め通知した送信タイミング情報に基づく、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングで、全ての分散アンテナ300がビームを同時にスイープして無変調波信号を端末装置400へ送信する。

[0163] 端末装置400は、ビームIDごとの無変調波信号の送信タイミングと同期した受信タイミングで当該ビーム特定信号を受信することで、受信された

各無変調波信号の送信に用いられたビームのビームIDを特定することができる。端末装置400は、ビームIDごとの無変調波信号の受信品質の測定結果に基づいて、当該受信品質が最良であったビームIDを特定する。端末装置400は、特定されたビームIDを最適ビームIDとしてフィードバック信号に埋め込む。端末装置400は、最適ビームIDが含まれるフィードバック信号を分散アンテナ300側（収容局側）へ送信する。

[0164] 分散アンテナ300側（収容局側）は、端末装置400から送信されたフィードバック信号を受信し、受信されたフィードバック信号に含まれる最適ビームIDを読み出す。分散アンテナ300側（収容局側）は、読み出された最適ビームIDが紐づけられたビームを、端末装置400との無線通信において用いるように設定を行う。また、分散アンテナ300側（収容局側）は、端末装置400から送信されたフィードバック信号を全ての分散アンテナ300によって受信する。分散アンテナ300側（収容局側）は、各分散アンテナ300によって受信されたフィードバック信号のうち、最も受信品質（例えば受信電力）が良好であったフィードバック信号を受信した分散アンテナ300を特定する。分散アンテナ300側（収容局側）は、特定された分散アンテナ300を、端末装置400との無線通信において用いるように設定を行う。

[0165] 本発明の第2の実施形態における分散アンテナシステム1は、上記のような構成を備えることで、複数の分散アンテナ300から端末装置400へ向けて、無変調波信号であるビーム特定信号を同時に送信するため、複数の分散アンテナ300からの無変調波信号の送信を、1つ分の分散アンテナ300による無変調波信号の送信に要する時間のみで完了させることができる。これにより、本実施形態における分散アンテナシステム1は、分散アンテナ300が増加した場合であっても、ビーム選択に要する時間が長くなることがないため、オーバーヘッドを増加させることがなく、データの伝送効率を低下させることがない。また、本実施形態における分散アンテナシステム1は、分散アンテナ300が増加した場合であっても、ビーム選択に要する時間

が長くなることのないため、端末装置400の移動に対して分散アンテナ300の指向性を追従させることが困難になることがなく、分散アンテナ側（収容局側）と端末装置との間の無線通信そのものが困難になることを防ぐことができる。

[0166] このように、第2の実施形態における分散アンテナシステム1では、ビーム特定信号にビームIDを示す情報を含める必要がないことによって、無変調波（CW）信号を用いることを可能にしている。無変調波信号を用いてビーム選択が行われることによって、例えば、フィードバック信号の受信品質の評価が、より公平、かつ、より高精度に行うことが可能になる。これにより、本実施形態における分散アンテナシステム1によれば、端末装置400との無線通信において最適な分散アンテナ300の選択を、より精度高く行うことが可能になる。

[0167] なお、第2の実施形態における分散アンテナシステム1によるビーム選択において用いられる電波は、ビーム特定信号にビームIDを示す情報を含める必要がないという条件のみであり、無変調波（CW）に限られるものではない。例えば、本実施形態における分散アンテナシステムによるビーム選択において、サウンディング参照信号（SRS）が用いられてもよい。

[0168] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、複数の分散アンテナ300が用いるビームの個数は同数であるものとしたが、分散アンテナ300ごとに異なる個数のビームがそれぞれ用いられる構成であってもよい。この場合、他の分散アンテナ300より用いるビームの個数が多い分散アンテナ300のみによって送信される無変調波信号があってもよい。

[0169] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、全ての分散アンテナ300から無変調波信号を同時にするものとしたが、一部の分散アンテナ300のみから無変調波信号を同時にするようにしてもよい。

[0170] なお、本実施形態における分散アンテナシステム1では、一例として、端末装置400側でビーム選択が行われない場合について説明したが、これに限られるものではない。例えば、端末装置400が、分散アンテナ300と

同様に複数のビームを用いて適応ビームフォーミングを行う構成であってもよい。この場合、例えば、端末装置400は、ビームIDを含むフィードバック信号を、当該ビームIDが紐づけられたビームによって、ビームIDごとにそれぞれ分散アンテナ300へ送信すればよい。そして、分散アンテナ300側（收容局側）では、端末装置400側のビームIDごとにフィードバック信号の受信品質を測定し、受信品質が最も良好であったフィードバック信号に含まれるビームIDを（端末装置400側の）最適ビームIDとして、端末装置400フィードバックするようにすればよい。また、端末装置400は、分散アンテナ300からの無変調波信号を受信する時、受信ビームを切り替えて、それぞれの受信品質（例えば、受信電力）を測定することで、使用するビームを特定してもよい。

[0171] なお、前述の各実施形態における分散アンテナシステム1は、適応ビームフォーミングを用いて無線通信を行う。各実施形態における分散アンテナシステム1は、複数のビームの中から最適なビームを選択する。ここでいう最適なビームとは、前述の通り、例えば受信電力の値が最大となるような、受信品質が最良となるビームである。前述の各実施形態では、各分散アンテナ300が複数のアンテナ素子を備えており、分散アンテナ300ごとに複数の種類のビームを形成することが可能であることを前提としている。

[0172] 上述した実施形態によれば、通信制御装置は、送受信部と、選択部とを備える。例えば、通信制御装置は、第1の実施形態における通信制御装置100であり、送受信部は、第1の実施形態における同一ビームサーチ信号同時送信指示部101及び分散アンテナ別フィードバック結果受信部102であり、選択部は、第1の実施形態における最適アンテナ・ビーム選択部103である。

[0173] 送受信部は、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号をビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へビーム識別子ごとに同時に送信する。例えば、ビーム識別子は、第1の実施形態におけるビームIDであり、ビーム特定信号は、実施形態におけるビームサーチ信号

であり、アンテナは、第1の実施形態における分散アンテナ300であり、無線局は、第1の実施形態における端末装置400である。

[0174] また、送受信部は、無線局におけるビーム識別子ごとのビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を複数のアンテナによってそれぞれ受信する。例えば、報告信号は、第1の実施形態におけるフィードバック信号であり、選択ビーム識別子は、第1の実施形態における最適ビームIDである。

[0175] 選択部は、複数のアンテナによってそれぞれ受信された報告信号の受信品質に基づいて無線局との通信に用いるアンテナを選択し、選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する。

[0176] また、上述した実施形態によれば、通信制御装置は、送受信部と、選択部を備える。例えば、通信制御装置は、第2の実施形態における通信制御装置100aであり、送受信部は、第2の実施形態における無変調波信号同時送信指示部101a及び分散アンテナ別フィードバック結果受信部102であり、選択部は、第2の実施形態における最適アンテナ・ビーム選択部103である。

[0177] 送受信部は、複数の送信ビームを順に用いて送信ビームごとに予め定められた送信タイミングでビーム特定信号を複数のアンテナから無線局へ送信する。例えば、ビーム特定信号は、第2の実施形態における無変調波信号であり、アンテナは、第2の実施形態における分散アンテナ300であり、無線局は、第2の実施形態における端末装置400である。

[0178] また、送受信部は、無線局における送信ビームごとのビーム特定信号の受信タイミングと受信品質とに基づいて選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む報告信号を複数のアンテナによってそれぞれ受信する。例えば、報告信号は、第2の実施形態におけるフィードバック信号である。

[0179] 選択部は、複数のアンテナによってそれぞれ受信された報告信号の受信品質に基づいて無線局との通信に用いるアンテナを選択し、報告信号に含まれ

る情報に基づいて無線局との通信に用いる送信ビームを選択する。

[0180] なお、上記の通信制御装置において、報告信号に含まれる情報は、選択されたビーム特定信号が受信された順番を示す情報であってもよい。

[0181] なお、上記の通信制御装置において、ビーム特定信号は、無変調波を用いて複数のアンテナから送信されるようにしてもよい。

[0182] なお、上記の通信制御装置において、ビーム特定信号は、サウンディング参照信号であってもよい。

[0183] 上述した各実施形態における通信制御装置、デジタル信号処理装置、及び端末装置の各装置の一部又は全部をコンピュータで実現するようにしてもよい。その場合、この機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによって実現してもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含んでもよい。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよく、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであってもよく、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等のプログラマブルロジックデバイスを用いて実現されるものであってもよい。

[0184] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱し

ない範囲の設計等も含まれる。

### 符号の説明

[0185] 1, 6…分散アンテナシステム, 100, 100a…通信制御装置, 101…同一ビームサーチ信号同時送信指示部, 101a…無変調波信号同時送信指示部, 102…分散アンテナ別フィードバック結果受信部, 103…最適アンテナ・ビーム選択部, 104…最適アンテナ・ビーム保存部, 200…デジタル信号処理装置, 300…分散アンテナ, 400…端末装置, 600…通信制御装置, 601…ビーム特定信号送信指示部, 602…フィードバック結果受信部, 603…最適アンテナ・ビーム選択部, 604…最適アンテナ・ビーム保存部, 700…デジタル信号処理装置, 800…分散アンテナ, 900…端末装置, 901…アンテナ部, 902…デジタル信号処理部, 903…最適ビームID選択部, 904…フィードバック信号送信指示部

## 請求の範囲

- [請求項1] 同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信する送信ステップと、
- 前記無線局における前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する受信ステップと、
- 前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する選択ステップと、
- を有する通信制御方法。
- [請求項2] 複数の送信ビームを順に用いて前記送信ビームごとに予め定められた送信タイミングでビーム特定信号を複数のアンテナから無線局へ送信する送信ステップと、
- 前記無線局における前記送信ビームごとの前記ビーム特定信号の受信タイミングと受信品質とに基づいて選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する受信ステップと、
- 前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記報告信号に含まれる情報に基づいて前記無線局との通信に用いる送信ビームを選択する選択ステップと、
- を有する通信制御方法。
- [請求項3] 前記報告信号に含まれる前記情報は、選択された前記ビーム特定信号が受信された順番を示す情報である
- 請求項2に記載の通信制御方法。

- [請求項4] 前記ビーム特定信号は、無変調波を用いて前記複数のアンテナから送信される
- 請求項2又は3に記載の通信制御方法。
- [請求項5] 前記ビーム特定信号は、サウンディング参照信号である
- 請求項2又は3に記載の通信制御方法。
- [請求項6] 第1無線局と、第2無線局と、を有する無線通信システムの通信制御方法であって、
- 前記第1無線局が、同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから第2無線局へ前記ビーム識別子ごとに同時に送信する第1送信ステップと、
- 前記第2無線局が、前記第1無線局から前記ビーム識別子ごとに送信された前記ビーム特定信号を受信する第1受信ステップと、
- 前記第2無線局が、前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて、複数の前記ビーム識別子から特定のビーム識別子である選択ビーム識別子を選択する第1選択ステップと、
- 前記第2無線局が、前記選択ビーム識別子を含む報告信号を前記第1無線局へ送信する第2送信ステップと、
- 前記第1無線局が、前記報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する第2受信ステップと、
- 前記第1無線局が、前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記第2無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記第2無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する第2選択ステップと、
- 有する通信制御方法。
- [請求項7] 同一のビーム識別子を含むビーム特定信号を前記ビーム識別子に紐づけられた送信ビームによって複数のアンテナから無線局へ前記ビー

ム識別子ごとに同時に送信し、前記無線局における前記ビーム識別子ごとの前記ビーム特定信号の受信品質に基づいて選択されたビーム識別子を示す選択ビーム識別子を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する送受信部と、

前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記選択ビーム識別子に紐づけられた送信ビームを前記無線局との通信に用いる送信ビームとして選択する選択部と、

を備える通信制御装置。

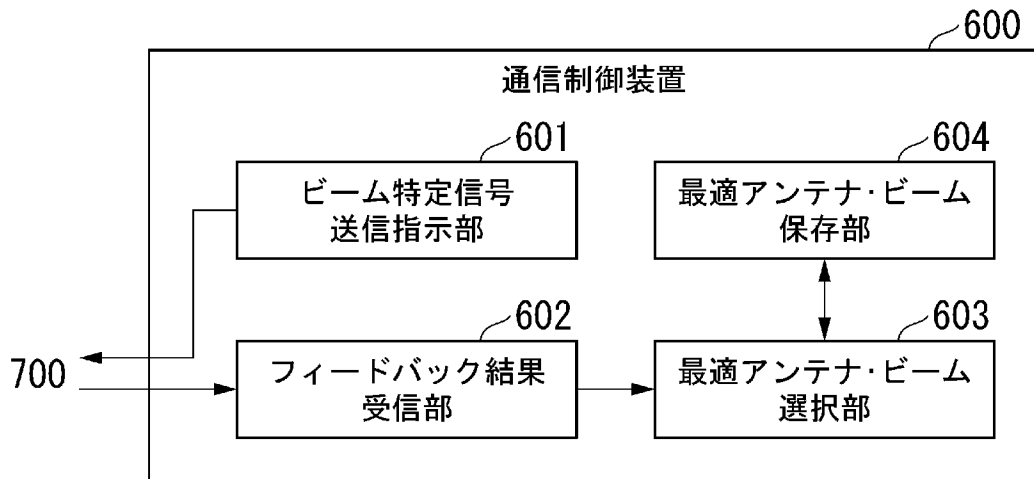
[請求項8]

複数の送信ビームを順に用いて前記送信ビームごとに予め定められた送信タイミングでビーム特定信号を複数のアンテナから無線局へ送信し、前記無線局における前記送信ビームごとの前記ビーム特定信号の受信タイミングと受信品質とに基づいて選択されたビーム特定信号に基づく情報を含む報告信号を前記複数のアンテナによってそれぞれ受信する送受信部と、

前記複数のアンテナによってそれぞれ受信された前記報告信号の受信品質に基づいて前記無線局との通信に用いるアンテナを選択し、前記報告信号に含まれる情報に基づいて前記無線局との通信に用いる送信ビームを選択する選択部と、

を備える通信制御装置。

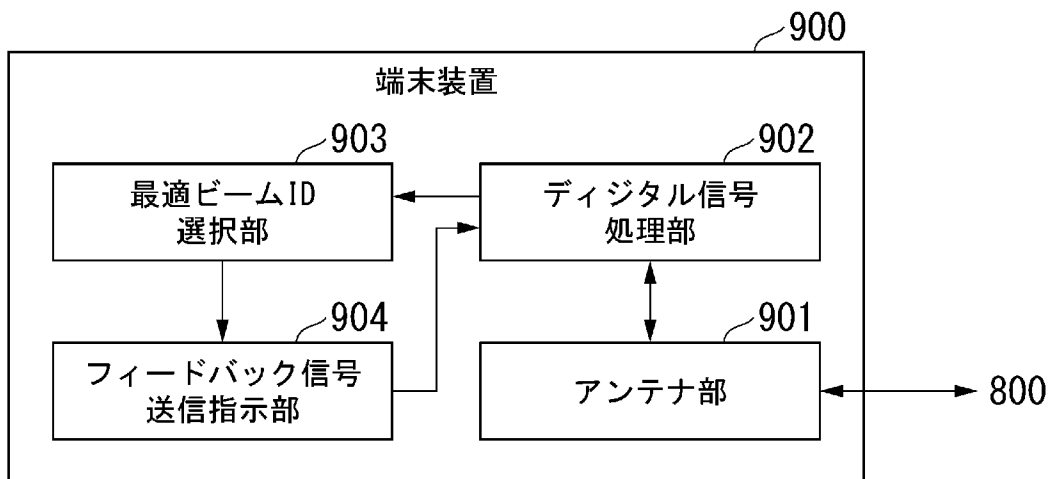
[図1]



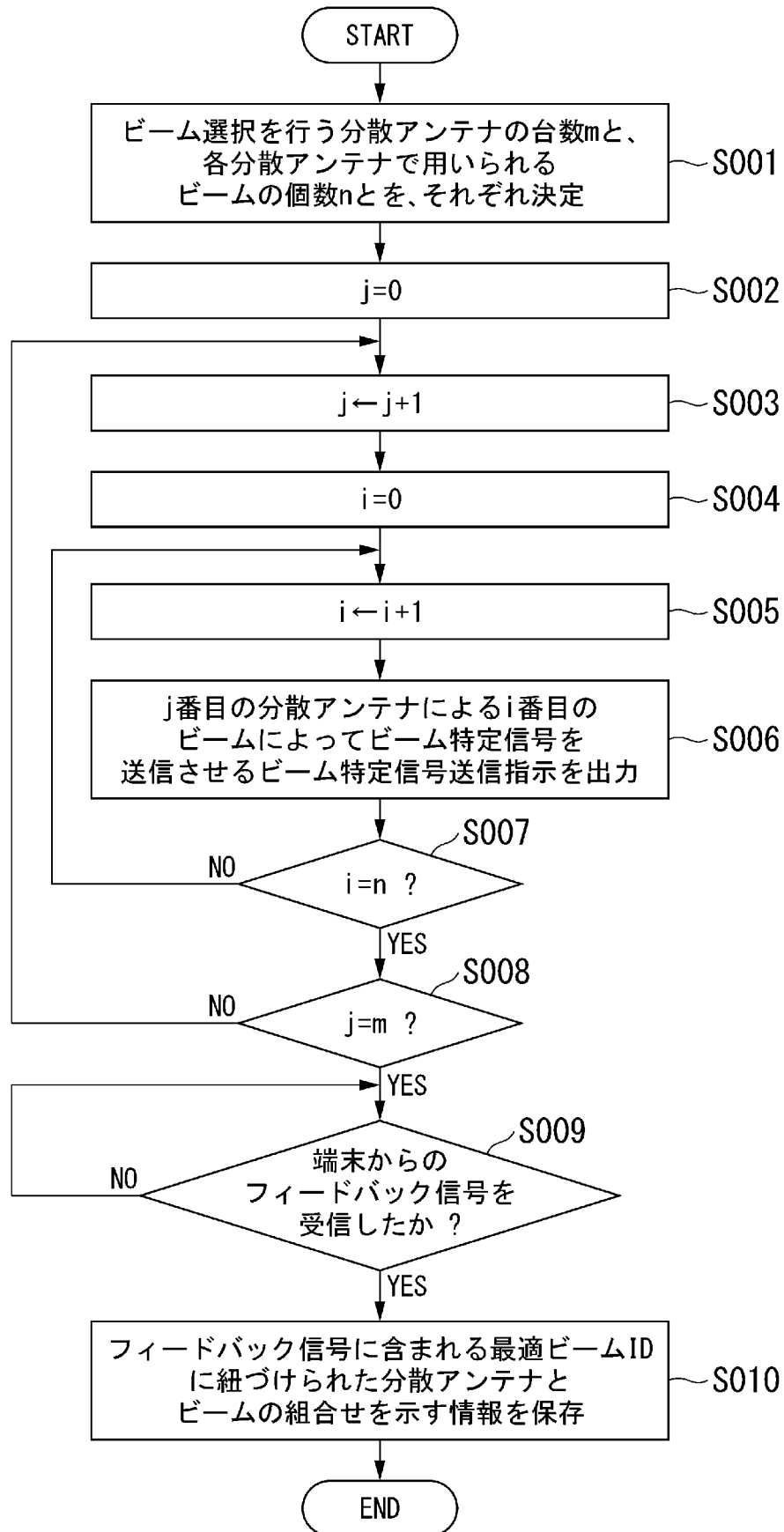
[図2]

	分散アンテナ #1	分散アンテナ #2	...	分散アンテナ #j	...	分散アンテナ #m
ビーム #1	ビームID #1	ビームID #n+1	...	ビームID #(j-1) × n+1	...	ビームID #(m-1) × n+1
ビーム #2	ビームID #2	ビームID #n+2	...	ビームID #(j-1) × n+2	...	ビームID #(m-1) × n+2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
ビーム #i	ビームID #i	ビームID #n+i	...	ビームID #(j-1) × n+i	...	ビームID #(m-1) × n+i
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
ビーム #n	ビームID #n	ビームID #2 × n	...	ビームID #j × n	...	ビームID #m × n

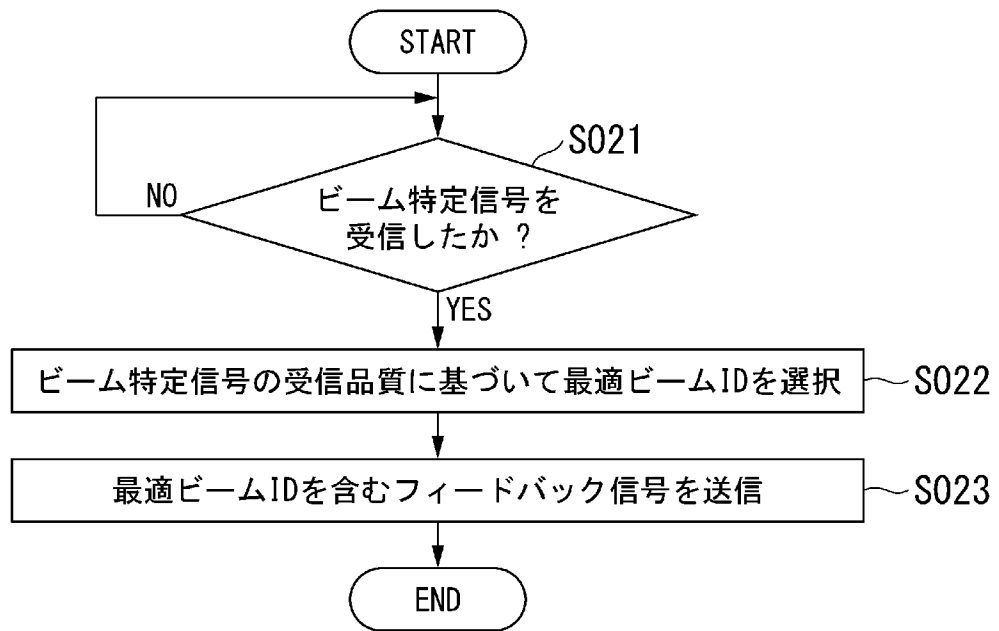
[図3]



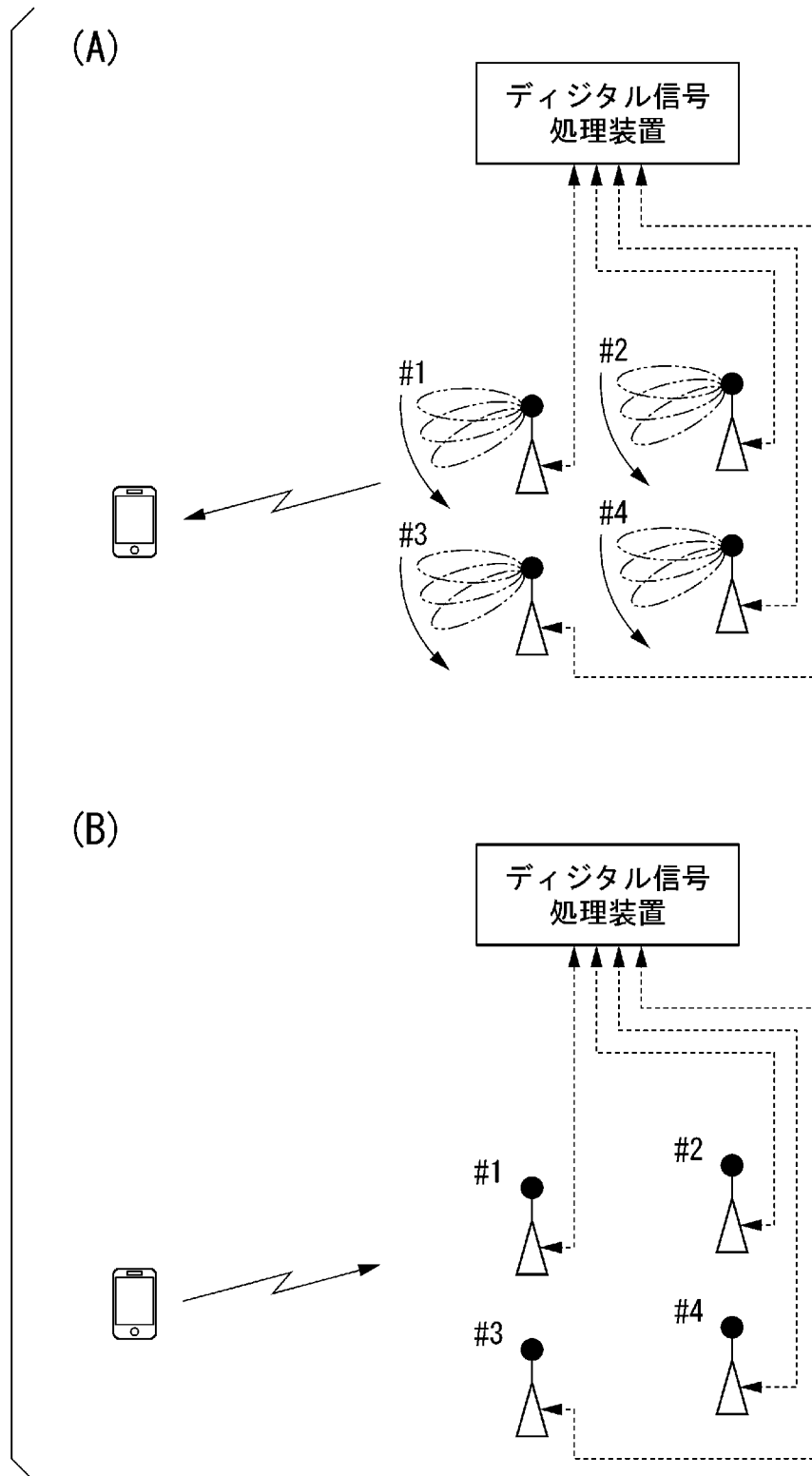
[図4]



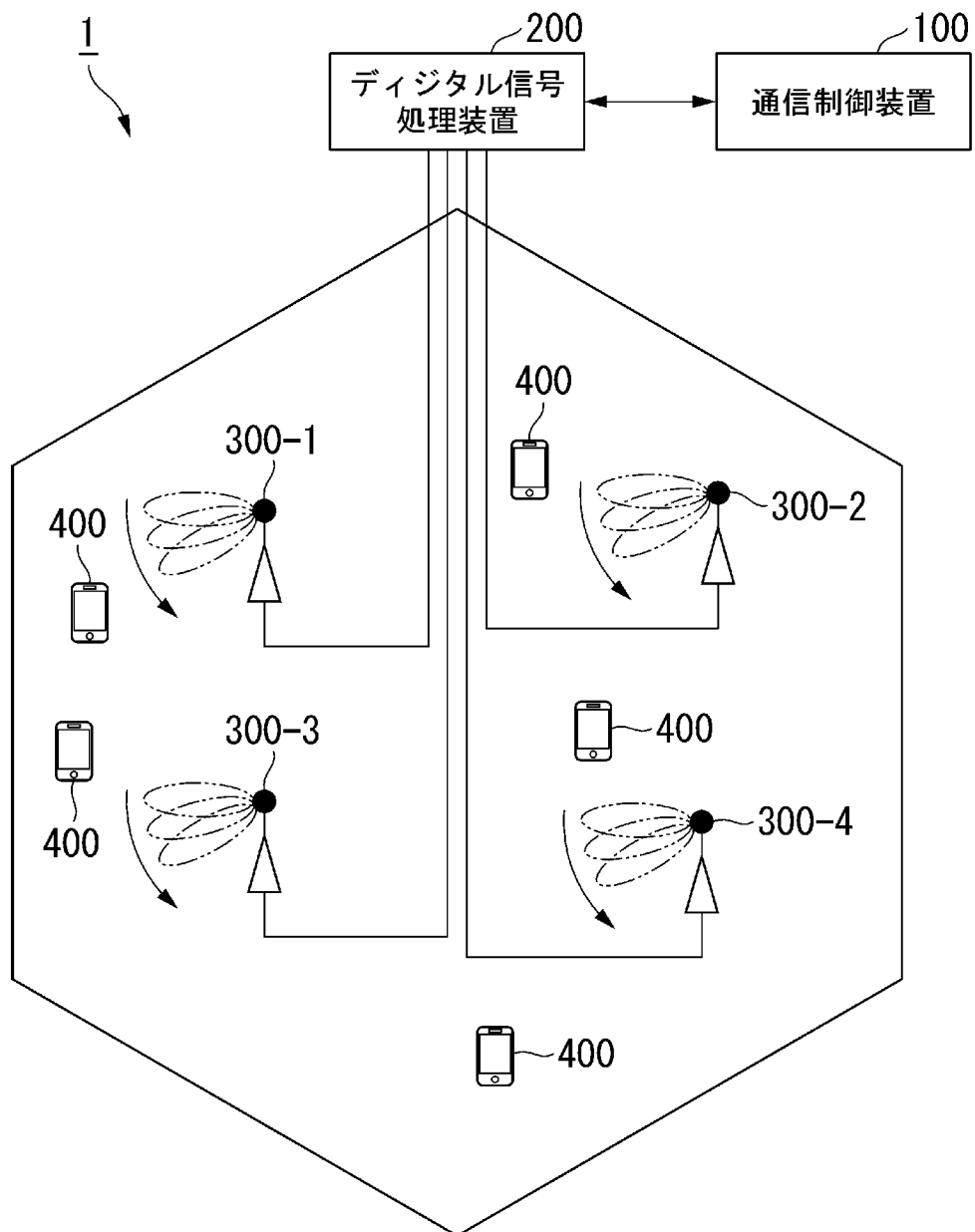
[図5]



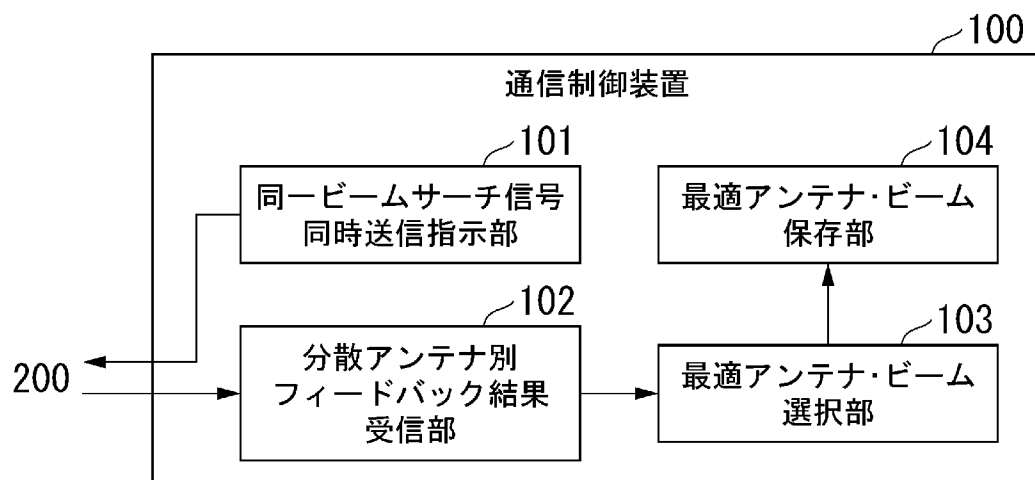
[図6]



[図7]



[図8]

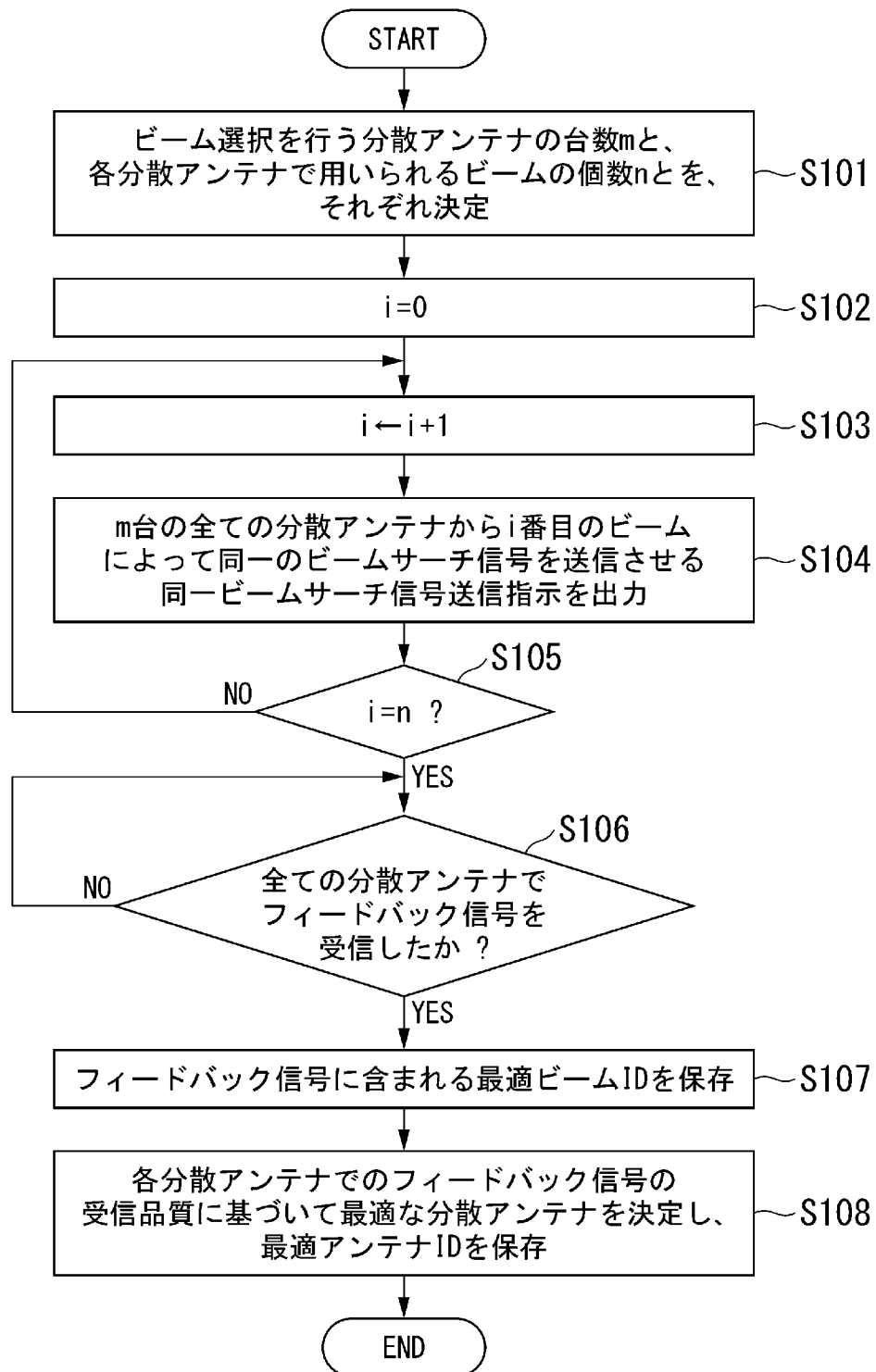


[図9]

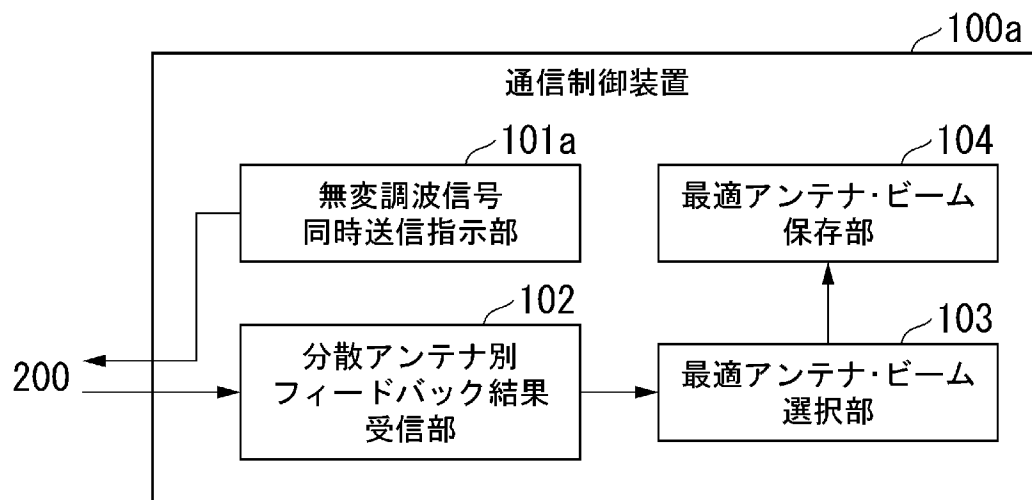
111

	分散アンテナ #1	分散アンテナ #2	...	分散アンテナ #j	...	分散アンテナ #m
ビーム #1	ビームID #1	ビームID #1	...	ビームID #1	...	ビームID #1
ビーム #2	ビームID #2	ビームID #2	...	ビームID #2	...	ビームID #2
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
ビーム #i	ビームID #i	ビームID #i	...	ビームID #i	...	ビームID #i
⋮	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
ビーム #n	ビームID #n	ビームID #n	...	ビームID #n	...	ビームID #n

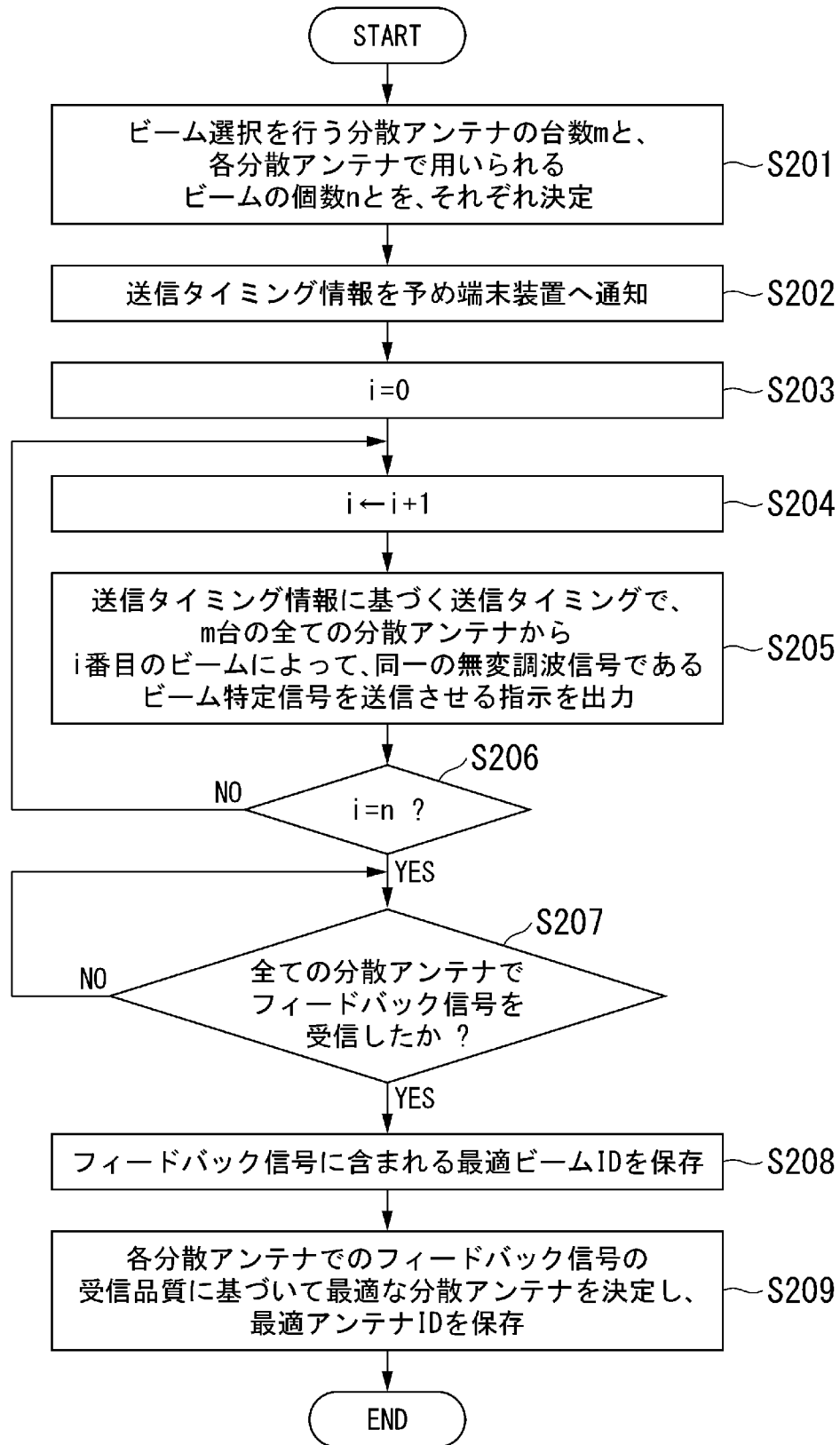
[図10]



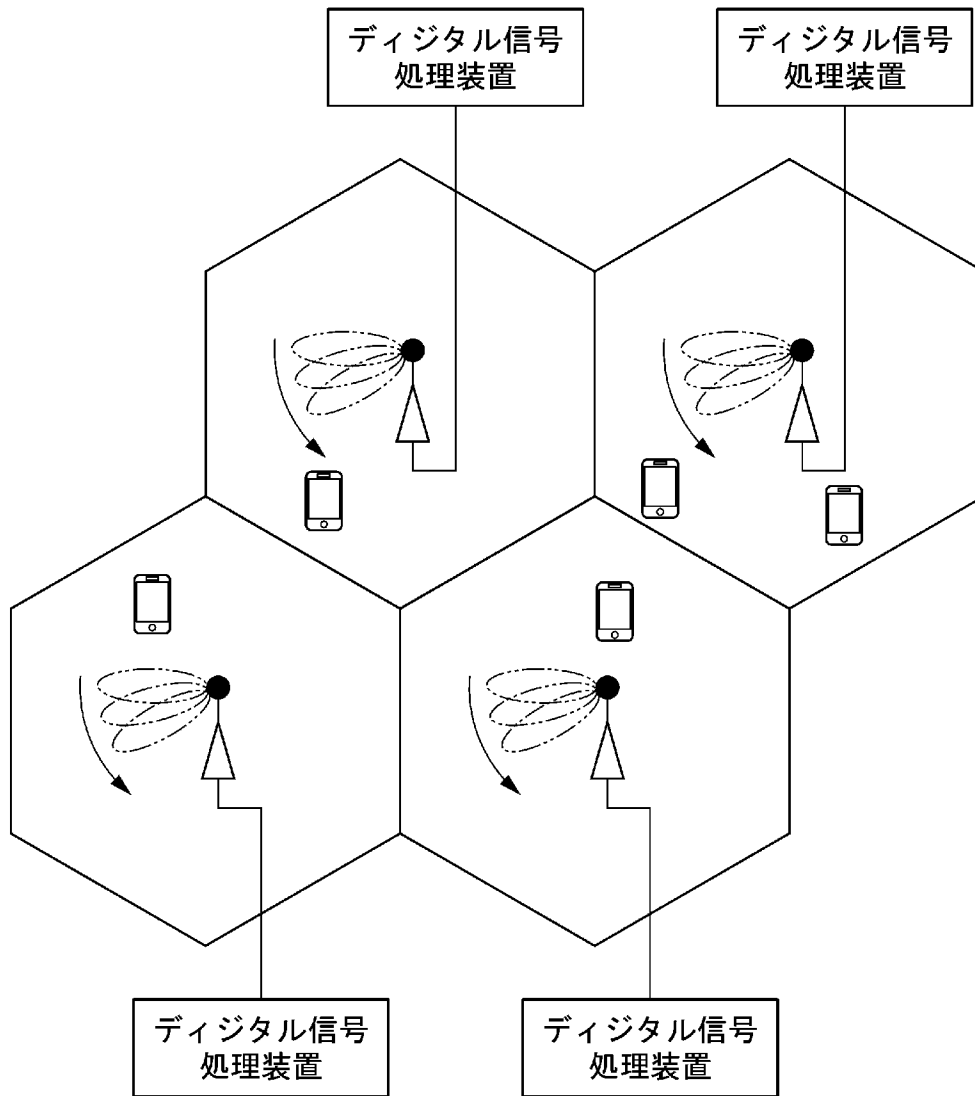
[図11]



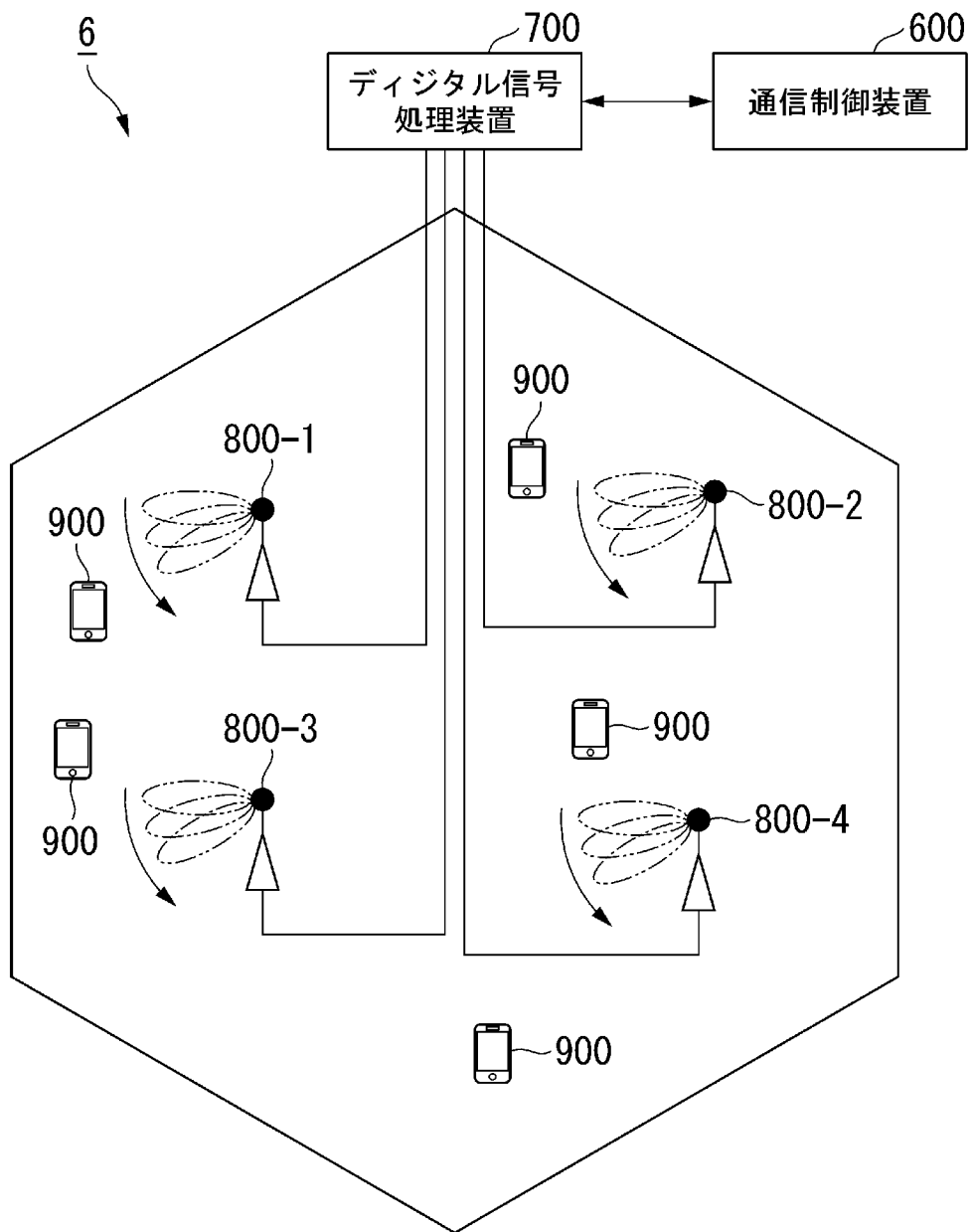
[図12]



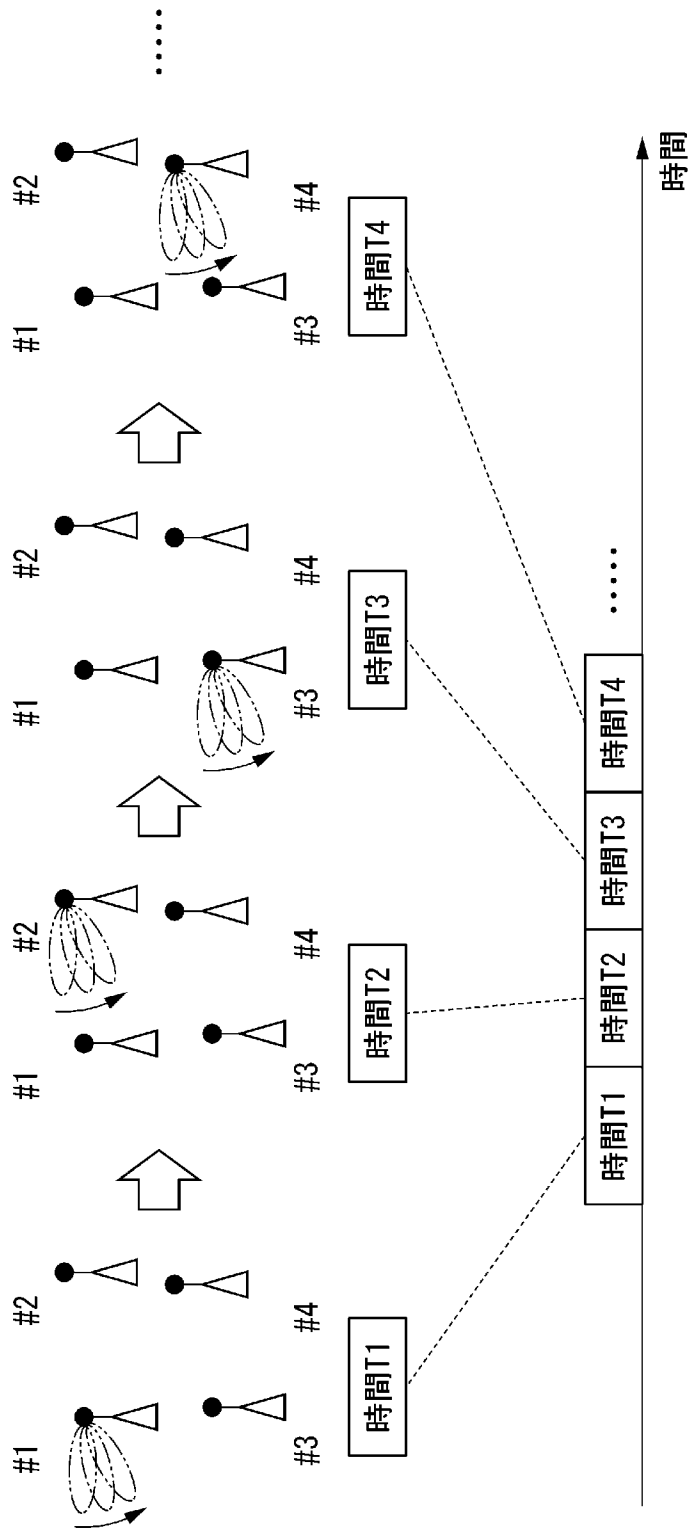
[図13]



[図14]



[図15]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2021/026399

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
H04B 7/06(2006.01)i; H04B 7/022(2017.01)i  
FI: H04B7/06 956; H04B7/022

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)  
H04B7/06; H04B7/022

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 2016/208270 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 29 December 2016 (2016-12-29) paragraphs [0013]-[0056]	1-8
A	JP 2021-5878 A (NEC CORP) 14 January 2021 (2021-01-14) paragraphs [0019]-[0100], fig. 6-7	1-8
A	JP 2013-528001 A (LG ELECTRONICS INC) 04 July 2013 (2013-07-04) paragraphs [0037]-[0083]	1-8
A	JP 2011-259468 A (HITACHI LTD) 22 December 2011 (2011-12-22) paragraphs [0020]-[0093]	1-8
A	US 2020/0136711 A1 (SONY CORPORATION) 30 April 2020 (2020-04-30) paragraphs [0036]-[0168]	1-8

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  
03 August 2021 (03.08.2021)

Date of mailing of the international search report  
17 August 2021 (17.08.2021)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer  
  
Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/026399

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2016/208270 A1	29 Dec. 2016	(Family: none)	
JP 2021-5878 A	14 Jan. 2021	(Family: none)	
JP 2013-528001 A	04 Jul. 2013	US 2013/0010744 A1 paragraphs [0044]- [0090]	
		KR 10-2011-0107723 A	
JP 2011-259468 A	22 Dec. 2011	(Family: none)	
US 2020/0136711 A1	30 Apr. 2020	EP 3667936 A1 paragraphs [0019]- [0141]	
		CN 109391296 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 7/06(2006.01)i; H04B 7/022(2017.01)i FI: H04B7/06 956; H04B7/022		
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（IPC）） H04B7/06; H04B7/022 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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 2016/208270 A1（三菱電機株式会社）29.12.2016（2016-12-29） 段落[0013]-[0056]	1-8
A	JP 2021-5878 A（日本電気株式会社）14.01.2021（2021-01-14） 段落[0019]-[0100]、図6-7	1-8
A	JP 2013-528001 A（エルジー エレクトロニクス インコーポレイティド） 04.07.2013（2013-07-04） 段落[0037]-[0083]	1-8
A	JP 2011-259468 A（株式会社日立製作所）22.12.2011（2011-12-22） 段落[0020]-[0093]	1-8
A	US 2020/0136711 A1（Sony Corporation）30.04.2020（2020-04-30） 段落[0036]-[0168]	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 03.08.2021	国際調査報告の発送日 17.08.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 谷岡 佳彦 5K 1593 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/026399

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2016/208270	A1	29.12.2016	(ファミリーなし)	
JP	2021-5878	A	14.01.2021	(ファミリーなし)	
JP	2013-528001	A	04.07.2013	US 2013/0010744 A1 段落[0044]-[0090] KR 10-2011-0107723 A	
JP	2011-259468	A	22.12.2011	(ファミリーなし)	
US	2020/0136711	A1	30.04.2020	EP 3667936 A1 段落[0019]-[0141] CN 109391296 A	