

(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
2013年5月30日(30.05.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/077148 A1

- (51) 国際特許分類:
H04W 56/00 (2009.01) **H04W 4/00** (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/078004
- (22) 国際出願日: 2012年10月30日(30.10.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-256052 2011年11月24日(24.11.2011) JP
- (71) 出願人: 株式会社メガチップス(MEGACHIPS CORPORATION) [JP/JP]; 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 杉本 浩司(SUGIMOTO Koji); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原一丁目1番1号 株式会社メガチップス内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪府中央区域見1丁目4

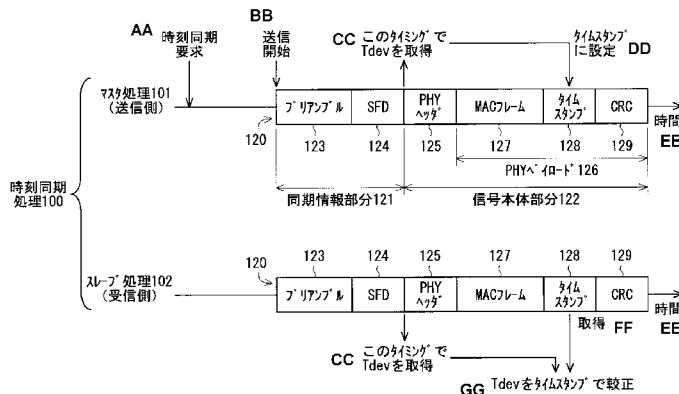
番70号住友生命OBPプラザビル10階
Osaka (JP).

- (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, IS, KE, KG, KM, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION SYSTEM, AND COMMUNICATION DEVICE

(54) 発明の名称: 通信システムおよび通信装置



- 100 Time synchronization process
101 Master process (transmission side)
102 Slave process (reception side)
121 Synchronization information section
122 Signal main body section
123 Preamble
125 PHY header
126 PHY payload
127 MAV frame
128 Time stamp
AA Time synchronization request
BB Begin transmission
CC Acquire Tdev at this timing
DD Set as time stamp
EE Time
FF Acquire
GG Calibrate Tdev with the time stamp

(57) Abstract: A communication device has a transmission/reception unit and a communication processing unit. The transmission/reception unit is formed in accordance with multiple communication methods. The communication processing unit selects one of the multiple communication methods in accordance with a predetermined selection rule for each time slot based on a device time, and establishes communication via the transmission/reception unit by means of the selected communication method. In a time synchronization master process (101), a first communication device includes the device time (Tdev) thereof as a time stamp (128) in a time synchronization request signal (120), and transmits the time synchronization request signal (120). In a time synchronization slave process (102), a second communication device receives the time synchronization request signal (120), and calibrates the device time (Tdev) of the second communication device on the basis of the time stamp (128) in the time synchronization request signal (120).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/077148 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

通信装置は、送受信部と、通信処理部とを有する。送受信部は、複数の通信方式に準拠して構成されている。通信処理部は、複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻に基づくタイムスロットごとに所定の選択規則に従って選択し、選択した通信方式によって送受信部を介して通信を行う。第1の通信装置は、時刻同期マスタ処理(101)において、自装置の装置内時刻(T_{dev})をタイムスタンプ(128)として時刻同期要求信号(120)に含ませ、時刻同期要求信号(120)を送信する。第2の通信装置は、時刻同期スレーブ処理(102)において、時刻同期要求信号(120)を受信し、時刻同期要求信号(120)中のタイムスタンプ(128)に基づいて自装置の装置内時刻(T_{dev})を較正する。

明 細 書

発明の名称： 通信システムおよび通信装置

技術分野

[0001] 本発明は、通信技術に関する。

背景技術

[0002] 下記特許文献 1 には、有線通信と無線通信の両方を採用した通信システムが記載されている。具体的には、当該システムを構成する通信装置は、有線通信機能と有線通信機能の両方を有している。特に、その通信装置は、同じシーケンス番号が付与された通信パケットを有線と無線の両方で送信する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 0 - 2 8 5 7 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、通信装置に複数の通信方式を搭載するには、各通信方式の回路をそれぞれ設ければよい。このような構成を個別タイプと称することにする。

[0005] また、通信方式が異なっても同じ回路を利用する場合があるので、そのような同じ回路を共用することも可能である。このような構成を共用タイプと称することにする。共用タイプによれば、回路の共用によって、コストを削減可能である。

[0006] ここで、共用回路は複数の通信方式で同時に利用することができない。このため、共用回路を時分割で利用する手法、換言すれば共用回路の利用が許可される通信方式を時分割で選択する手法が考えられる。なお、この場合、複数の通信方式が時間的に多重化される（あるいは時分割多重化される）のよう表現可能である。

[0007] 本発明は、通信方式の時分割多重化に有用な各種技術を提供することを目

的とする。

- [0008] なお、通信方式の時分割多重化は、共用タイプだけでなく、個別タイプにおいても採用可能である。このため、本発明は共用タイプと個別タイプのいずれか一方に限定されるものではない。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明の第1の態様によれば、複数の通信装置を備えた通信システムであって、前記複数の通信装置のそれぞれは、複数の通信方式に準拠して構成された送受信部と、前記複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻に基づくタイムスロットごとに所定の選択規則に従って選択し、選択した通信方式によって前記送受信部を介して通信を行う、通信処理部とを有し、前記複数の通信装置は、自装置の前記装置内時刻をタイムスタンプとして時刻同期要求信号に含ませ前記時刻同期要求信号を送信する時刻同期マスタ処理を行う、少なくとも1つの第1の通信装置と、前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タイムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を校正する時刻同期スレーブ処理を行う、少なくとも1つの第2の通信装置とを含む、通信システムが提供される。
- [0010] 本発明の第2の態様によれば、第1の態様に係る通信システムであって、前記時刻同期要求信号は、同期制御部分と、前記同期制御部分に引き続く信号本体部分とを有し、前記時刻同期マスタ処理では、前記信号本体部分の送信開始タイミングにおける前記装置内時刻を、前記タイムスタンプに採用し、前記時刻同期スレーブ処理では、前記信号本体部分の受信開始タイミングにおける前記装置内時刻を、受信した前記タイムスタンプで校正する、通信システムが提供される。
- [0011] 本発明の第3の態様によれば、第1または第2の態様に係る通信システムであって、前記少なくとも1つの第1の通信装置は、複数の第1の通信装置であり、前記時刻同期マスタ処理は、前記時刻同期要求信号に権限レベルを設定する処理を含み、前記時刻同期スレーブ処理は、受信した前記時刻同期要求信号の前記権限レベルが、それまでに受信した前記時刻同期要求信号の

前記権限レベルの最高値と同じであるかまたは前記最高値よりも高いことを条件にして、実行される、通信システムが提供される。

[0012] 本発明の第4の態様によれば、第1ないし第3の態様のうちのいずれか1つに係る通信システムであって、前記所定の選択規則は、通信方式を選択する際の前記装置内時刻を関与させた規則である、通信システムが提供される。

[0013] 本発明の第5の態様によれば、第1ないし第4の態様のうちのいずれか1つに係る通信システムであって、前記少なくとも1つの第1の通信装置は、前記時刻同期マスタ処理に加え前記時刻同期スレーブ処理も実行可能な通信装置を少なくとも1つ含む、通信システムが提供される。

[0014] 本発明の第6の態様によれば、第1ないし第5の態様のうちのいずれか1つに係る通信システムであって、前記少なくとも1つの第2の通信装置は、前記時刻同期スレーブ処理に加え前記時刻同期マスタ処理も実行可能な通信装置を少なくとも1つ含む、通信システムが提供される。

[0015] 本発明の第7の態様によれば、複数の通信方式に準拠して構成された送受信部と、前記複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻に基づくタイムスロットごとに所定の選択規則に従って選択し、選択した通信方式によって前記送受信部を介して通信を行う、通信処理部とを備え、前記通信処理部は、自装置の前記装置内時刻をタイムスタンプとして時刻同期要求信号に含ませ前記時刻同期要求信号を送信する時刻同期マスタ処理を行う、通信装置が提供される。

[0016] 本発明の第8の態様によれば、第7の態様に係る通信装置であって、前記通信処理部は、前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タイムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を較正する時刻同期スレーブ処理をさらに行う、通信装置が提供される。

[0017] 本発明の第9の態様によれば、複数の通信方式に準拠して構成された送受信部と、前記複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻に基づくタイムスロットごとに所定の選択規則に従って選択し、選択した通信方式によって前記

送受信部を介して通信を行う、通信処理部とを備え、前記通信処理部は、前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タイムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を較正する時刻同期スレーブ処理を行う、通信装置が提供される。

発明の効果

- [0018] 上記の第1の態様によれば、各通信装置におけるタイムスロットの切り替えを、複数の通信装置間で同期させることが可能である。このため、複数の通信装置間でタイムスロットがずれることによって生じる通信効率の低下を改善できる。
- [0019] 上記の第2の態様によれば、時刻同期マスタ処理および時刻同期スレーブ処理において、時刻同期要求信号中の同じ位置で、装置内時刻を取得する。このため、同期精度を高めることができる。
- [0020] また、時刻同期マスタ処理において、信号本体部分の送信開始タイミング（換言すれば、同期制御部分から信号本体部分への移行タイミング）は、時刻同期要求信号の送信初期に存在する。このため、当該タイミングから時刻同期要求信号の送信終了までには時間的余裕がある。したがって、時刻同期要求信号にタイムスタンプを含める処理を、時間的余裕を持って行うことができる。
- [0021] また、時刻同期要求信号の受信側では、同期制御部分の開始タイミングを正確に検出することは難しい場合がある。
- [0022] これらに鑑みると、時刻同期マスタ処理と時刻同期スレーブ処理のいずれにおいても信号本体部分の開始タイミングで装置内時刻を取得することは、実用的である。
- [0023] 上記の第3の態様によれば、時刻同期マスタ処理を行う第1の通信装置が2つ以上存在する構成であっても、時刻同期スレーブ処理の頻繁な実行により生じうる、装置内時刻の不確定状態を回避することができる。
- [0024] また、時刻同期マスタ処理を行う第1の通信装置が2つ以上存在するので、例えばそのうちの1つがシステムから離脱した場合であっても、時刻同期

を維持できる。換言すれば、時刻同期の管理が容易なシステムを提供できる。

[0025] 上記の第4の態様によれば、通信方式の選択を複数の通信装置間で同期させることが可能である。このため、複数の通信装置間で通信方式が異なることによって生じる通信効率の低下を改善できる。

[0026] 上記の第5および第6の態様によれば、時刻同期マスタ処理と時刻同期スレーブ処理の両方を行う通信装置が存在する。このため、通信システムの広範囲に渡って装置内時刻を同期させることができる。かかる点は、通信装置の設置範囲の拡大、換言すれば通信システムのエリア拡大に資する。

[0027] 上記の第7ないし第9の態様によれば、上記の第1の態様に係る通信システム、さらには上記の第2ないし第6の態様に係る通信システムを提供可能である。

[0028] 本発明の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]第1の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図2]第1の実施形態について、通信装置を例示するブロック図である。

[図3]第1の実施形態について、通信動作の第1例を説明するシーケンス図である。

[図4]第1の実施形態について、通信動作の第2例を説明するシーケンス図である。

[図5]第1の実施形態について、通信動作の第3例を説明するシーケンス図である。

[図6]第1の実施形態について、装置内時刻同期処理を例示するシーケンス図である。

[図7]第1の実施形態について、通信方式の選択規則（交互選択規則）を例示する図である。

[図8]第1の実施形態について、権限レベルを利用した装置内時刻同期処理を

例示するフローチャートである。

[図9]第1の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図10]第1の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図11]第2の実施形態について、通信方式の選択規則（ランダム選択規則）を例示する図である。

[図12]第2の実施形態について、装置内時刻が同期していない状態における交互選択規則の課題を説明する図である。

[図13]第2の実施形態について、ランダム選択規則による通信を例示する図である。

[図14]第2の実施形態について、ランダム選択規則による通信を例示する図である。

[図15]第3の実施形態について、通信方式の選択規則（適応型選択規則）を例示する図である。

[図16]第3の実施形態について、適応型選択規則による通信を例示する図である。

[図17]第3の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図18]第3の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図19]第4の実施形態の比較例として、一般的な間欠通信を説明するシーケンス図である。

[図20]第4の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図21]第4の実施形態について、通信装置を例示するブロック図である。

[図22]第4の実施形態について、通信動作を例示するシーケンス図である。

[図23]第4の実施形態について、通信動作を例示するシーケンス図である。

[図24]第5の実施形態について、通信システムを例示する構成図である。

[図25]第5の実施形態について、通信装置を例示するブロック図である。

[図26]第5の実施形態について、MAC処理手段を例示するブロック図である。

[図27]第5の実施形態について、通信動作を例示するシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0030] <第 1 の実施形態>

<通信システム 1>

図 1 に、第 1 の実施形態に係る通信システム 1 の概略構成を例示する。図 1 の例では通信システム 1 は 3 つの通信装置 10 を含んでいる。但し、通信装置 10 の個数はこの例に限定されるものではない。なお、以下の説明では、3 つの通信装置 10 を、通信装置 11, 12, 13 と称することにより、区別する場合もある。

[0031] 各通信装置 10 は無線通信機能と有線通信機能の両方を有している。ここでは、有線通信として、電力線 5 を伝送路に利用する電力線通信 (PLC) を例示するが、この例に限定されるものではない。なお、以下では、無線通信および無線を RF と表記する場合もある。

[0032] <通信装置 10>

図 2 に、通信装置 10 のブロック図を例示する。図 2 の例によれば、通信装置 10 は、送受信部 30 と、通信処理部 50 と、上位処理部 70 とを含んでいる。なお、図面および以下の説明では各種名称を略記する場合がある。

[0033] 送受信部 30 は、RF 方式と PLC 方式とに準拠して構成されており、RF 送受信回路 31 と、PLC 送受信回路 32 とを含んでいる。

[0034] RF 送受信回路 31 は、無線信号の送受信を担う。例えば、RF 送受信回路 31 は、通信処理部 50 から入力されたベースバンド信号（換言すれば、当該信号に含まれるデータ）を、無線信号に変換してアンテナから送信する。また、RF 送受信回路 31 は、アンテナを介して受信した無線信号を、通信処理部 50 へ入力可能な（換言すれば、通信処理部 50 の入力信号形式に従った）ベースバンド信号に変換する。得られたベースバンド信号は通信処理部 50 へ入力される。

[0035] PLC 送受信回路 32 は、PLC 信号の送受信を担う。例えば、PLC 送受信回路 32 は、通信処理部 50 から入力されたベースバンド信号を、PLC 信号として、電力線 5 の電圧に重畳する。また、PLC 送受信回路 32 は

、電力線 5 の電圧に重畳されている P L C 信号を抽出し、通信処理部 5 0 へ入力可能なベースバンド信号に変換する。得られたベースバンド信号は通信処理部 5 0 へ入力される。

[0036] 通信処理部 5 0 は、上位処理部 7 0 と送受信部 3 0 と間で通信データを仲介する処理を行うとともに、通信に関連した各種処理も行う。

[0037] ここでは、通信処理部 5 0 は O S I (Open System Interconnection) 参照モデルにおける物理 (P H Y) 層の機能とメディアアクセス制御 (M A C) 層 (あるいはデータリンク層) の機能を提供し、それよりも上位層の機能を上位処理部 7 0 が提供する場合を例示する。なお、O S I 参照モデルの各層は、他の通信プロトコルスタックの各層と対応付け可能である。

[0038] 図 2 の例では、通信処理部 5 0 は、R F 送受信回路 3 1 用のベースバンド処理手段 (以下、R F ベースバンド処理手段とも称する) 5 1 と、P L C 送受信回路 3 2 用のベースバンド処理手段 (以下、P L C ベースバンド処理手段とも称する) 5 2 と、メディアアクセス制御処理手段 (以下、M A C 処理手段とも称する) 5 3 と、選択手段 5 4 と、クロック 5 5 とを含んでいる。

[0039] M A C 処理手段 5 3 は、M A C 層の機能を提供し、いわゆる M A C 処理を行う。M A C 処理には送信処理と受信処理が含まれる。送信処理では例えば、上位処理部 7 0 から入力された P D U (Protocol Data Unit。以下、パケットとも称する) に M A C ヘッダ、あるいはさらに他の情報を付加して M A C 層の P D U (以下、フレームまたは M A C フレームとも称する) を生成する。生成された M A C フレームは、ベースバンド処理手段 5 1, 5 2 のいずれかに引き渡される。

[0040] 受信処理は、ベースバンド処理手段 5 1, 5 2 によって復元された M A C フレームを解釈する処理と、その解釈に応じた処理とを含む。例えば、受信した M A C フレームが自装置宛であるか否かを判別する。そして、自装置宛の M A C フレームについては、M A C ヘッダの除去等によって、上位処理部 7 0 へ引き渡すためのパケットを生成する。また、例えば、受信した M A C フレームが応答 (A C K) の要求を含む場合、A C K フレームを生成して送

信する。また、他装置宛のMACフレームは破棄してもよいが、それを送信すれば信号の中継することが可能である。

[0041] MAC処理は、上記の送信処理および受信処理のようにMACフレーム自体の処理（以下、MACフレーム処理とも称する）の他に、その他の処理（以下、MAC関連処理とも称する）も含んでもよい。MAC関連処理として、例えば、受信したMACフレームに含まれた制御情報に応じた制御処理（例えば、MAC処理手段53または通信処理部50内の設定に関する制御）が挙げられる。

[0042] 選択手段54は、RFベースバンド処理手段51とPLCベースバンド処理手段52のうちのいずれか一方を選択的に（換言すれば、排他的に）、MAC処理手段53と機能的に結び付ける。すなわち、ベースバンド処理手段51、52のうちのいずれか一方が、MAC処理手段53に対して有効化される。これにより、MAC処理手段53は、選択された（換言すれば、有効化された）ベースバンド処理手段51または52と、MACフレームの受け渡しを行う。

[0043] ベースバンド処理手段51、52の選択は、予め与えられた選択規則に従って行われる。

[0044] 選択手段54のかかる選択制御により、通信処理部50は、RF方式とPLC方式を時分割で選択し、選択した通信方式で以て送受信部30を介して通信を行う。

[0045] ここで、図2の例では、送信フレームは、MAC処理手段53から、選択手段54を経由して、有効なベースバンド処理手段51または52へ引き渡される。すなわち、選択手段54が、有効なベースバンド処理手段51または52へ送信フレームを引き渡す。

[0046] これに対し、選択手段54がMAC処理手段53に、送信フレームの引き渡し先となるベースバンド処理手段51または52を指示する構成を採用することも可能である。かかる例によれば、送信フレームは、選択手段54を経由せずに、MAC処理手段53から、ベースバンド処理手段51または5

2へ引き渡される。

[0047] また、図2の例では、受信フレームは、ベースバンド処理手段51または52から、選択手段54を経由して、MAC処理手段53へ引き渡される。

[0048] これに対し、選択手段54を経由せずにベースバンド処理手段51または52からMAC処理手段53へ、受信フレームを引き渡す構成を採用することも可能である。

[0049] RFベースバンド処理手段51はRF送受信回路31に対して設けられ、PLCベースバンド処理手段52はPLC送受信回路32に対して設けられている。ベースバンド処理手段51、52のいずれも、物理層の機能を提供し、いわゆるベースバンド処理を行う。ベースバンド処理は、ベースバンド信号自体に関する処理（以下、ベースバンド信号処理とも称する）と、ベースバンド信号を利用した処理（以下、ベースバンド関連処理とも称する）とを含む。

[0050] ベースバンド信号処理には、送信処理および受信処理が含まれる。RFベースバンド処理手段51を例に挙げると、送信処理は例えば、PHYヘッダの付加、無線通信用のデータ変調、同期制御情報（ここでは、プリアンブルおよびSFDを例示する）の付加等を行うことによって、MAC処理手段53から引き渡されたMACフレームから、PHYフレームを生成する処理を含む。PHYフレームは、RF送受信回路31へ入力可能な（換言すれば、RF送受信回路31の入力信号形式に従った）ベースバンド信号として、RF送受信回路31へ入力される。

[0051] 受信処理は例えば、同期制御情報の検出、無線通信用のデータ復調、PHYヘッダの削除等を行うことによって、RF送受信回路31から入力されたベースバンド信号から、MACフレームを生成する処理を含む。

[0052] また、ベースバンド関連処理として例えば、送受信回路31、32を利用した各種処理（いわゆるキャリアセンス等）が挙げられる。

[0053] PLCベースバンド処理手段52によるベースバンド処理は、RFベースバンド処理手段51によるそれと基本的には同様であるが、PLC方式とR

F方式の違いに応じて適宜変形される。

[0054] 上記処理手段51～54は例えば、ソフトウェアによって実現可能である。具体的には、上記処理手段51～54の各種機能を実現するための処理手順が記述されたプログラム（不図示の記憶手段に格納されている）をプロセッサ（図示略）が実行することによって、当該プロセッサが上記処理手段51～54として機能する。なお、上記プロセッサは、汎用のCPU（Central Processing Unit）であってもよいし、特化されたDSP（Digital Signal Processor）であってもよい。また、上記処理手段51～54を複数のプロセッサで実現してもよい。なお、上記処理手段51～54の各種機能の一部または全部をハードウェアによって実現することも可能である。

[0055] クロック55は、所定周期（すなわち所定周波数）で値をカウントし、そのカウント値を装置内で利用する時刻（以下、装置内時刻と称する） T_{dev} として提供する。上記所定周期、すなわち装置内時刻 T_{dev} の最小時間単位として、例えば水晶発振子の発振周期を採用可能であるが、その他の時間長さを採用してもよい。装置内時刻 T_{dev} は、図2の例では、各処理手段51～54へ供給される。

[0056] なお、装置内時刻 T_{dev} は、上記カウント値そのもので表現されてもよいし、あるいは上記カウント値を例えば一般的な時、分、秒による情報に変換することによって表現されてもよい。

[0057] クロック55は例えば、いわゆるクロック回路、リアルタイムクロック（RTC）等で構成可能である。また、例えば、上記処理手段51～54として機能させる上記プロセッサの動作クロック信号をカウントするカウンタによって、クロック55を実現してもよい。なお、クロック55は、上記処理手段51～54用の上記プロセッサのパッケージに外付けされてもよいし、あるいは、当該パッケージに内蔵されていてもよい。

[0058] 上位処理部70は、上記のように、OSI参照モデルにおいてMAC層（あるいはデータリンク層）よりも上位層の機能を提供する。上位処理部70は例えば、送信パケットの生成、受信パケットの解釈、その解釈に応じた処

理、等を行う。ここでは、上位処理部 70 は、通信装置 10 内の全体の処理を司るプロセッサ（汎用の CPU が例示される。図示略）によって、ソフトウェア的に実現されるものとする。

[0059] ここで、送受信回路 31, 32 は、互いに独立した構成（すなわち個別タイプ）であってもよいし、あるいは、回路の一部を共用した構成（すなわち共用タイプ）であってもよい。また、RF 送受信回路 31 において、送信回路および受信回路を、個別タイプと共用タイプのいずれで構成してもよい。PLC 送受信回路 32 についても同様である。ここでは、いずれの共用タイプについても、共用回路の有効化処理（共用回路の利用者となる回路の選択、回路接続の切り替え制御、等）を、通信処理部 50 が行う場合を例示する。より具体的には、選択手段 54 が直接的に、あるいは、間接的に（すなわちベースバンド処理手段 51, 52 を介して）、送受信部 30 を制御するものとする。

[0060] また、ベースバンド処理手段 51, 52 は、互いに独立した構成であってもよいし、あるいは、処理手段（換言すれば、機能）の一部を共用した構成であってもよい。また、RF ベースバンド処理手段 51 において、送信処理手段および受信処理手段を、個別タイプと共用タイプのいずれで構成してもよい。PLC ベースバンド処理手段 52 についても同様である。ここでは、いずれの共用タイプについても、共用手段の有効化処理（共用手段の利用者となる処理手段の選択、処理フローの切り替え制御、等）は、選択手段 54 が行う場合を例示する。

[0061] <通信動作>

図 3～図 5 に、通信装置 10 による通信動作を例示する。なお、図 3～図 5 では、説明を簡単にするため、MAC 処理手段 53 と選択手段 54 とをまとめて図示し、ベースバンド処理手段 51, 52 と送受信回路 31, 32 とをまとめて図示している。

[0062] いずれの動作例においても、通信装置 10 は、タイムスロット S を利用した同期通信を行う。

[0063] 図3の例を参照すると、選択手段54は、装置内時刻 T_{dev} （図2参照）を所定時間 T_{slot} ごとに区切ることによってタイムスロットSを規定するとともに、各タイムスロットSにRF方式とPLC方式とのいずれか一方を割り当てる。すなわち、RF方式が割り当てられたタイムスロットS（以下、RFタイムスロットSと称する場合もある）の期間中は、RFベースバンド処理手段51およびRF送受信回路31が有効化され、PLCベースバンド処理手段52およびPLC送受信回路32は利用されない。PLC方式が割り当てられたタイムスロットS（以下、PLCタイムスロットSと称する場合もある）の期間中は、上記とは逆の状態になる。

[0064] また、図3の例では、RF方式とPLC方式とが交互に割り当てられる。すなわち、選択手段54は、RF方式とPLC方式とを交互に（したがって所定順序で）選択する旨の選択規則に従って、通信方式を選択する。

[0065] 図3に示す第1例によれば、送信側の通信装置10では、MAC処理手段53が、上位処理部70（図2参照）から、送信データDATAを含んだパケットを受け取り、当該パケットをMACフレームに加工し、当該MACフレームを選択手段54に引き渡す。図3の例によれば、選択手段54は、MACフレームを受け取った時点で有効なRFベースバンド処理手段51へ、MACフレームを入力する。

[0066] なお、選択手段54が、MACフレームを受け取った時点のRFタイムスロットS中に当該MACフレームの送信を完了できないと判断した場合、次のPLCタイムスロットSの開始までMACフレームの出力を保留するように構成してもよい。

[0067] MACフレームを受け取ったRFベースバンド処理手段51は、MACフレームをベースバンド信号に加工し、RF送受信回路31へ出力する。これにより、RF送受信回路31から、対応するRF信号が出力される。

[0068] 図3の例によれば、受信側の通信装置10では、RFタイムスロットSにおいて、RF送受信回路31が上記RF信号を受信する。受信信号は、RF送受信回路31およびRFベースバンド処理手段51によってMACフレー

ムに復元される。復元されたMACフレームは、選択手段54を介してMAC処理手段53へ引き渡される。MAC処理手段53は、MACフレームをパケットに加工して上位処理部70へ引き渡す。

[0069] また、図3の例では、MAC処理手段53は、受信したMACフレームがACK要求を含むことを解釈し、それによりACKフレームを生成する。ACKフレームは、選択手段54へ引き渡され、上記の送信側と同様の処理によって送信される。ACKを要求した側のMAC処理手段53がACKフレームを受け取ることにより、一連の処理が完了する。

[0070] なお、ACKを要求しない通信形態も採用可能である。例えばブロードキャストおよびマルチキャストでは、ACKどうしが衝突する可能性があるので、ACKを要求しない方が好ましい場合もある。もちろんユニキャストにおいても、ACKを省略可能である。

[0071] 図3の例ではRF通信を例示したが、PLCタイムスロットSでは、PLCベースバンド処理手段52およびPLC送受信回路32によって、PLC通信が行われる。

[0072] 次に、図4に示す第2例では、送信側の通信装置10は、ACKの不受信により、送信処理を繰り返す。ACKの不受信は、例えば、ACKが受信側へ到達していないこと、送信信号自体が受信側へ到達していないこと、等によって生じうる。なお、これらの信号不到達は、例えば、通信状況の低下、通信方式の不一致、等が原因と考えられる。

[0073] 例えば、MAC処理手段53が、装置内時刻 T_{dev} に基づいてACK待ち時間（タイムスロットSの時間 T_{slot} よりも短い）が過ぎてもACKを受信していないと判断した場合、MAC処理手段53が対象のMACフレームを再出力する。あるいは、MAC処理手段53の指示によって、選択手段54が対象のMACフレームを再出力するように構成してもよい。あるいは、選択手段54が、受信信号がACKフレームであるか否かを判別することによって（受信フレーム中のフレーム種別を示す情報から判別可能である）、選択手段54自身がMAC処理手段53の指示無しに再送処理を行ってもよい。

[0074] 再送の上限回数、間隔等は予め設定され、例えばMAC処理手段53または選択手段54がアクセス可能に設けられた記憶手段に格納されている。例えば、再送上限回数等の設定に関してマスタとして機能する通信装置10が、スレーブとなる他の通信装置10へ、再送に関する設定値を送信することによって、各通信装置10は当該設定値を取得可能である。

[0075] 再送処理は、図4に例示するように、複数のタイムスロットSに渡ってもよく、この場合、RFとPLCの両方で再送が行われる。逆に、タイムスロットSが切り替わることによって再送処理を中止するようにしてもよい。

[0076] 次に、図5に示す第3例によれば、同じ送信データDATAが、同じシーケンス番号（フレームを区別するために利用される）を付与されて、RFとPLCの両方で送信される。図5の例のようにRFとPLCの両方で受信に成功した場合、受信済みのシーケンス番号を有するフレーム（すなわち後に受信したフレーム）は破棄される。

[0077] この例によれば、RFとPLCの一方のみでフレームを送信する場合に比べて、通信の信頼性向上が期待できる。このため、図5の例のようにACKを省略可能である。かかる点に鑑みると、図5の例を、ブロードキャストおよびマルチキャストに採用することが考えられる。

[0078] なお、同じシーケンス番号を有する受信済みフレームの破棄は、図5の例に限定されるものではない。例えば、通信装置10が中継機能を有する場合も、同じシーケンス番号のフレームを2回以上受信する可能性がある。そのような場合に、受信済みフレームを破棄するようにしてもよい。

[0079] <装置内時刻T_{dev}の同期>

通信装置10は、上記のように、タイムスロットSを利用した同期通信を行う。同期通信において、送信側と受信側でRFタイムスロットSの期間がずれていると、通信可能時間が短くなり、その結果、通信効率が低くなってしまう。このため、送信側と受信側でRFタイムスロットSの期間が一致している（換言すれば、同期している）ことが好ましい。PLCタイムスロットSについても同様である。

[0080] かかる点に鑑み、通信システム 1 は、タイムスロット S の生成に利用する装置内時刻 T_{dev} を通信装置 10 間で一致させる（換言すれば、同期させる）ための装置内時刻同期処理を行う。

[0081] 図 6 に、装置内時刻同期処理を例示する。図 6 に示すように装置内時刻同期処理 100 は時刻同期マスタ処理 101 と時刻同期スレーブ処理 102 とに分けられ、これらの処理 101, 102 は別々の通信装置 10 で行われる。ここでは、通信装置 11（図 1 参照）が時刻同期マスタ処理 101 を行い、通信装置 12, 13（図 1 参照）が時刻同期スレーブ処理 102 を行う場合を例示する。かかる例において、通信装置 11 を時刻同期に関する第 1 の通信装置 11 または時刻同期マスタ装置 11 と称し、通信装置 12, 13 を時刻同期に関する第 2 の通信装置 12, 13 または時刻同期スレーブ装置 12, 13 と称する場合もある。

[0082] なお、以下では説明を簡単にするため装置内時刻同期処理 100 が RF 方式で行われる場合を例示するが、PLC 方式についても同様に理解される。

[0083] <時刻同期マスタ処理 101>

図 6 に示すように、装置内時刻 T_{dev} の同期要求が生成されることによって、通信処理部 50 は時刻同期マスタ処理 101 を開始する。ここでは、当該時刻同期要求が選択手段 54 によって生成される場合を例示する。但し、例えば、MAC 処理手段 53 または上位処理部 70 が時刻同期要求を生成してもよい。すなわち、通信処理部 50 は、内部生成または外部入力によって、時刻同期要求を取得する。なお、時刻同期要求は周期的に生成されてもよいし、ランダムな時間間隔で生成されてもよい。

[0084] 選択手段 54 が時刻同期要求を MAC 処理手段 53 へ入力することにより、MAC 処理手段 53 は時刻同期要求用の MAC フレームを生成する。この MAC フレームには、時刻同期要求フレームであることの情報（すなわちフレーム種別の情報）、ブロードキャストであることの情報（すなわち宛先が全ての時刻同期スレーブ装置 12, 13 であることの情報）、等が含まれる。例えばタイムスロット S の単位時間 T_{slot} の設定値、等を含ませてもよい。

。

[0085] その後、時刻同期要求用のMACフレームは、その時点で有効なRFベースバンド処理手段51によって、PHYフレームに変形される。そして、当該PHYフレームはベースバンド信号としてRFベースバンド処理手段51から出力され、そのベースバンド信号が無線信号に変換されてRF送受信回路31から出力される。なお、時刻同期要求用のベースバンド信号を、時刻同期要求信号とも称することにする。

[0086] 図6に示すように、時刻同期要求信号120（より具体的には、そのビット列）は、一般的なPHYベースバンド信号と同様に、同期制御部分121と、同期制御部分121に引き続く信号本体部分122とに大別される。

[0087] 同期制御部分121は、受信側が時刻同期要求信号120の検出、当該信号120に対する同期、等に利用するための情報である。図6の例では、同期制御部分121は、プリアンプル123と、プリアンプル123に引き続くSFD（Start Frame Delimiter）124とで構成される。一般的に、プリアンプル123には所定パターンのビット列が予め割り当てられており、SFD124についても同様である。

[0088] 信号本体部分122は、基本的に、PHYヘッダ125と、PHYヘッダ125に引き続くPHYペイロード126とで構成される。図6に例示のPHYペイロード126では、PHYヘッダ125の側から、MACフレーム（ここでは時刻同期要求用のMACフレーム）127と、タイムスタンプ128と、誤り検出符号（ここではCRC（Cyclic Redundancy Check）が例示される）129とが並んでいる。

[0089] 時刻同期要求信号120においてMACフレーム127以外の要素123，124，125，128，129が、RFベースバンド処理手段51で付加される。

[0090] 特に、タイムスタンプ128として、信号本体部分122の送信開始タイミング（換言すれば、同期情報部分121の送信終了タイミング）における装置内時刻T_{dev}が設定される。

[0091] 具体的には、RFベースバンド処理手段51は、時刻同期要求信号120の出力中に、SFD124のビット列からPHYヘッダ125のビット列へ切り替わるタイミングを検出し、その検出タイミングにおける自装置の装置内時刻T_{dev}をクロック55から取得する。そして、RFベースバンド処理手段51は、取得した装置内時刻T_{dev}をタイムスタンプ128として、MACフレーム127の後ろに付加する。さらにその後、RFベースバンド処理手段51は、プリアンプル123の先頭からタイムスタンプ128の最後尾までのビット列についてCRCを算出し、得られたCRCをタイムスタンプ128の後ろに付加する。

[0092] これにより、時刻同期マスタ処理101において、時刻同期マスタ装置11の装置内時刻T_{dev}をタイムスタンプ128として含む時刻同期要求信号120が生成され、当該時刻同期要求信号120が時刻同期スレーブ装置12, 13へ送信される。

[0093] ここで、RFベースバンド処理手段51は、一般的な受信処理において、同期制御部分121のビットパターンを利用することによって、受信ビット列中からPHYヘッダ125等の位置を特定する。このため、かかる機能を利用することによって、時刻同期マスタ処理101においても、SFD124からPHYヘッダ125へ切り替わるタイミングを検出することが可能である。

[0094] <時刻同期スレーブ処理102>

時刻同期スレーブ装置12, 13は、時刻同期要求信号120を受信すると、時刻同期スレーブ処理102を行う。なお、時刻同期要求信号120は、時刻同期マスタ装置11から直接受信してもよいし、他の時刻同期スレーブ装置による中継を経て受信してもよい。

[0095] 具体的には、RFベースバンド処理手段51は、時刻同期要求信号120の受信中に、信号本体部分122の受信開始タイミング（換言すれば、同期情報部分121の受信終了タイミング）を検出し、その検出タイミングにおける自装置の装置内時刻T_{dev}をクロック55から取得する。また、RFベー

スバンド処理手段51は、時刻同期要求信号120中から、MACフレーム127とタイムスタンプ128とを抽出する。そして、RFベースバンド処理手段51は、クロック55から取得した上記装置内時刻 T_{dev} と、MACフレーム127と、タイムスタンプ128とをMAC処理手段53へ引き渡す。

[0096] MAC処理手段53は、受信したMACフレームが時刻同期要求用であることを解釈すると、信号本体部分122の受信開始タイミングで取得された上記装置内時刻 T_{dev} と、受信したタイムスタンプ128に記録されている時刻との差分に応じて、自装置の装置内時刻 T_{dev} を校正する。

[0097] ここでは、MAC処理手段53が、上記差分に応じて、クロック55の現在時刻自体を校正する場合を例示する。但し、例えば、選択手段54が、上記差分を保有し、クロック55から提供される装置内時刻 T_{dev} を上記差分で校正した時刻を、タイムスロットSの生成等で利用する装置内時刻 T_{dev} として扱ってもよい。

[0098] ところで、時刻同期スレーブ装置12, 13は、信号本体部分122の受信開始タイミングを検出した時点では、その受信信号が時刻同期要求信号120であるか否かを判別できない。しかし、全ての受信信号に対して、信号本体部分122の受信開始タイミングで装置内時刻 T_{dev} を取得しておけばよい。

[0099] また、MACフレーム127中のフレーム種別を示すビット列を取得した時点で、その受信信号が時刻同期要求信号120であるか否かを判別可能である。すなわち、時刻同期要求信号120であることが判別されれば、その受信信号はタイムスタンプ128を含んでいることが判別される。よって、時刻同期要求信号120であることが判別された場合だけ、タイムスタンプ128の抽出処理が行われる。

[0100] なお、上記では装置内時刻 T_{dev} の校正をMAC処理手段53が行う場合を例示したが、選択手段54に装置内時刻 T_{dev} を校正させることも可能である。

[0101] <時刻同期処理 100 による効果>

時刻同期処理 100 によれば、各通信装置 10 におけるタイムスロット S の切り替えを、複数の通信装置 10 間で同期させることが可能である。このため、複数の通信装置 10 間でタイムスロット S がずれることによって生じる通信効率の低下を改善できる。

[0102] ここで、装置内時刻 T_{dev}の取得タイミングを、時刻同期マスタ処理 101 と時刻同期スレーブ処理 102 とで違えることも可能である。例えば、時刻同期マスタ処理 101 における装置内時刻 T_{dev}の取得タイミングを、プリアンプル 123 の送信開始タイミングに設定することも可能である。また、例えば、時刻同期スレーブ処理 102 における装置内時刻 T_{dev}の取得タイミングを、時刻同期要求信号 120 の終了タイミングに設定することも可能である。

[0103] しかし、上記例のように時刻同期マスタ処理 101 および時刻同期スレーブ処理 102 において時刻同期要求信号 120 中の同じ位置で装置内時刻 T_{dev}を取得することにより、同期精度を高めることができる。

[0104] また、時刻同期マスタ処理 101 において、信号本体部分 122 の送信開始タイミング（換言すれば、同期制御部分 121 から信号本体部分 122 への移行タイミング）は、時刻同期要求信号 120 の送信初期に存在する。このため、当該タイミングから時刻同期要求信号 120 の送信終了までには時間的余裕がある。したがって、時刻同期要求信号 120 にタイムスタンプ 128 を含める処理を、時間的余裕を持って行うことができる。

[0105] また、時刻同期スレーブ装置 12, 13 では、プリアンプル 123 および SFD 124 の開始タイミングを正確に検出することは難しい場合がある。

[0106] これらに鑑みると、上記例のように時刻同期マスタ処理 101 と時刻同期スレーブ処理 102 のいずれにおいても信号本体部分 122 の開始タイミングで装置内時刻 T_{dev}の取得することは、実用的である。

[0107] <通信方式の選択規則>

図 7 に、各タイムスロット S に割り当てる通信方式を選択するための選択

規則 140 を例示する。かかる選択規則 140 は、R F 方式と P L C 方式を予め設定された順序で各タイムスロット S に割り当てる所定順選択規則である。図 7 の例は所定順選択規則の中でも特に、図 3 ～図 5 に例示した、R F 方式と P L C 方式とを交互に割り当てる交互選択規則である。

[0108] 図 7 の例では、装置内時刻 T_{dev} から選択準備値 J を生成し、得られた選択準備値 J を選択比率 ($R F : P L C = K_{rf} : K_{plc}$) の指標値 K ($= K_{rf} + K_{plc}$) で除算した際の余り値 L を求め、余り値 L に応じて R F 方式と P L C 方式のいずれかが選択される。なお、説明を簡単にするため、ここでは K_{rf} および K_{plc} は正の整数とする。

[0109] より具体的には、選択準備値 J は、例えば、入力された装置内時刻 T_{dev} は何番目のタイムスロット S に属するのかわを示す。この例において、選択準備値 J が示すタイムスロット S の順番値は、起動時から数えた絶対的な値でなくてもよい。例えば、選択準備値 J の取得に関して予め定義された一方向ハッシュ関数を利用することにより、入力キーとしての装置内時刻 T_{dev} を、ハッシュ値としての選択準備値 J に変換可能である。

[0110] 選択比率に関し、例えば交互選択の場合、 $K_{rf} : K_{plc} = 1 : 1$ であり、 $K = 2$ に設定される。 $K = 2$ によれば、選択準備値 J を選択比率指標値 K で除算した際の余り L は 0 または 1 になる。例えば、 $L = 0$ の場合は R F 方式を選択し、 $L = 1$ の場合は P L C 方式を選択するように予め定義しておく。

[0111] 例えば、各タイムスロット S において装置内時刻 T_{dev} を選択規則 140 に入力し、得られた通信方式を次のタイムスロット S に割り当てることにより、R F 方式と P L C 方式の交互選択を実現することが可能である。

[0112] なお、所定順選択規則は交互選択規則に限定されるものではない。例えば、選択比率 $K_{rf} : K_{plc} = 1 : 2$ に設定し (このとき $K = 3$)、余り値 $L = 0$ の場合は R F 方式を選択し、 $L = 1, 2$ の場合は P L C 方式を選択するように定義してもよい。この例によれば、 $R F \rightarrow P L C \rightarrow P L C$ の順序で構成された 1 サイクルを繰り返すことが可能である。

[0113] かかる選択規則 140 には、通信方式を選択する際の装置内時刻 T_{dev} が関

与している（換言すれば、依存している）。このため、装置内時刻 T_{dev} が同期している通信装置 10 同士では、通信方式の選択を同期させることが可能である。このため、複数の通信装置 10 間で通信方式が異なることによって生じる通信効率の低下を改善できる。

[0114] <システム構成の他の例>

上記では、装置内時刻同期処理 100 が、1 つの時刻同期マスタ装置 11 と 2 つの時刻同期スレーブ装置 12, 13 で行われる場合を例示した。しかし、時刻同期マスタ装置と時刻同期スレーブ装置の個数はこれに限定されるものではない。

[0115] 例えば、2 つの通信装置 11, 12 を時刻同期マスタ装置として動作させ、1 つの通信装置 13 を時刻同期スレーブ装置として動作させてもよい。このように複数の時刻同期マスタ装置 11, 12 が存在することにより、例えば時刻同期マスタ装置 11 が通信システム 1 から離脱した場合であっても、もう一つの時刻同期マスタ装置 12 によって装置内時刻同期処理 100 を維持できる。換言すれば、時刻同期の管理が容易なシステムを提供できる。

[0116] この例では、時刻同期スレーブ装置 13 は 2 つの時刻同期マスタ装置 11, 12 から時刻同期要求信号 120 を受信することになる。

[0117] この場合、時刻同期スレーブ装置 13 は、時刻同期マスタ装置 11, 12 を区別することなく、時刻同期要求信号 120 を受信する度に、時刻同期スレーブ処理 102 を実行する例が考えられる。

[0118] あるいは、例えば、時刻同期マスタ装置 11, 12 が時刻同期要求信号 120 に権限レベルを設定し、時刻同期スレーブ装置 13 は権限レベルに基づいて時刻同期スレーブ処理 102 を実行するか否かを決定してもよい。そのような例を、図 8 のフローチャートを参照して説明する。

[0119] 時刻同期マスタ装置 11, 12 に予め異なる権限レベルを付与しておく。なお、かかる権限レベルは、例えば、通信処理部 50 の記憶手段（図示略）に格納される。そして、時刻同期マスタ装置 11, 12 のそれぞれが、時刻同期要求信号 120 の MAC フレーム 127、PHY ヘッダ 125 等に自身

の権限レベルを含める（図 8 の時刻同期マスタ処理 101 参照）。

[0120] 他方、時刻同期スレーブ装置 13 は、受信した時刻同期要求信号 120 の権限レベルを、それまでに受信した時刻同期要求信号 120 の権限レベルの最高値と比較する（図 8 の権限レベル判定処理 103 参照）。なお、かかる最高値は、例えば、通信処理部 50 の記憶手段（図示略）に保有され、適宜更新される。

[0121] そして、時刻同期スレーブ装置 13 は、図 8 に示すように、今回の権限レベルが上記最高値以上であることを条件にして、今回受信した時刻同期要求信号 120 に従って時刻同期スレーブ処理 102 を実行する。これに対し、今回の権限レベルが上記最高値よりも低ければ、今回受信した時刻同期要求信号 120 に対しては、時刻同期スレーブ処理 102 を実行しない。

[0122] このように権限レベルを利用することによって、複数の時刻同期マスタ装置 11, 12 が存在する構成であっても、時刻同期スレーブ装置 13 において時刻同期スレーブ処理 102 が頻繁に実行されるのを抑制することができる。時刻同期スレーブ処理 102 の頻繁な実行は装置内時刻 T_{dev} が安定的に定まらない状態（換言すれば、不確定状態）に繋がることに鑑みれば、そのような不確定状態を回避することができる。

[0123] ここで、時刻同期スレーブ装置 13 は、自身が保有している上記権限レベル最高値をクリアする（換言すればリセットする）処理を行ってもよい。例えば、時刻同期スレーブ装置 13 が所定のタイミングで自発的に、かかる保有最高値クリア処理を実行する。あるいは、自発的な実行に代えてまたは加えて、他の通信装置（例えば時刻同期マスタ装置 11, 12 のいずれか）が所定のタイミングで送信する指示によって、保有最高値クリア処理が実行されるようにしてもよい。いずれの例においても上記所定のタイミングは、周期的であってもよいし、ランダムであってもよい。

[0124] 保有最高値クリア処理によれば、上記権限レベルが最高の時刻同期マスタ装置 11 が通信システム 1 から離脱した場合であっても、残余の時刻同期マスタ装置によって装置内時刻同期処理 100 を維持できる。換言すれば、時

時刻同期の管理が容易なシステムを提供できる。

[0125] また、図 9 に例示するように、例えば、通信装置 11 に時刻同期マスタ処理 101 を実行させ、通信装置 12 に時刻同期スレーブ処理 102 を実行させ、通信装置 13 には両方の処理 101, 102 を実行させることも可能である。なお、以下では、両方の処理 101, 102 を実行可能な通信装置を時刻同期マスタ／スレーブ装置と称する場合もある。

[0126] また、図 10 に例示するように、例えば、通信装置 11～13 の全てを時刻同期マスタ／スレーブ装置として構成することも可能である。

[0127] 複数の時刻同期マスタ／スレーブ装置 10 が存在することにより、通信システム 1 の広範囲に渡って装置内時刻 T_{dev}を同期させることが可能になる。かかる点は、通信装置 10 の設置範囲の拡大、すなわち通信システム 1 のエリア拡大に資する。

[0128] <第 1 の実施形態に係る他の例>

上記では RF 方式と PLC 方式という 2 種類の通信方式を例示した。これに対し、3 種類以上の通信方式を採用することも可能である。例えば、PLC 以外の有線通信方式をさらに採用してもよい。また、光通信も利用可能である。また、通信媒体が同じであっても、規格ごとに別々の通信方式として利用可能である。例えば、IEEE 802.11 の規格に基づく無線通信（2.4 GHz を中心周波数とする周波数帯域が利用される）と、IEEE 802.15.4 g の規格に基づく無線通信（920 MHz を中心周波数とする周波数帯域が利用される）とは、別々の通信方式として利用可能である。

[0129] <第 2 の実施形態>

図 11 に、各タイムスロット S に割り当てる通信方式の選択に関し、第 2 の実施形態に係るランダム選択規則 150 を例示する。かかる選択規則 150 は、上記の所定順選択規則 140（図 7 参照）に代えてまたは加えて、第 1 の実施形態で例示した通信装置 10 に適用される。なお、複数の選択規則 140, 150 が付与されている場合、例えば、初期設定、所定条件、他の通信装置 10 からの指示、等に基づいて、使用する選択規則が決定される。

- [0130] 図 1 1 の例は、選択準備値 J が次のように生成される点を除いて、図 7 の例（所定順選択規則 1 4 0）と同様である。すなわち、図 1 1 の例では、装置内時刻 T dev を入力キーとして、選択準備値 J の取得に関して予め定義された一方向ハッシュ関数へ入力する。そして、得られたハッシュ値をシードとして擬似乱数を発生させ、得られた擬似乱数値を選択準備値 J に採用する。これにより、各タイムスロット S に割り当てる通信方式が、複数の通信方式（ここでは R F 方式と P L C 方式）の中からランダムに選択される。
- [0131] ここで、図 7 に例示した交互選択規則 1 4 0 は、装置内時刻 T dev が同期していない場合、図 1 2 に示すように通信装置 1 0 間で通信方式が一致しない状態を生じうる。このような状態では通信ができない。
- [0132] これに対し、ランダム選択規則 1 5 0 によれば、図 1 3 に例示するように通信方式が一致する状態を出現させることができる。したがって、通信方式の不一致による通信不能状態が継続する状況を回避することができる。
- [0133] 図 1 3 には通信相手が交互選択規則 1 4 0 を採用している場合を例示したが、この例に限定されるものではない。例えば、通信相手がランダム選択規則 1 5 0 を採用していてもよい。
- [0134] 特に、通信相手も同じランダム選択規則 1 5 0 を採用しており、かつ、装置内時刻 T dev が互いに同期している場合、各通信装置 1 0 では同じ擬似乱数値が得られる。擬似乱数の発生に装置内時刻 T dev が関与しているからである。その結果、図 1 4 に例示するように、各タイムスロット S の通信方式が継続的に一致する。このため、通信装置 1 0 間で通信方式が異なることによって生じる通信効率の低下を改善できる。
- [0135] なお、第 2 の実施形態において、第 1 の実施形態に係る装置内時刻同期処理 1 0 0（図 6 参照）を行うか否かは任意である。但し、当該時刻同期処理 1 0 0 とランダム選択規則 1 5 0 との組み合わせによる効果は上記の通りである。
- [0136] 上記では R F 方式と P L C 方式という 2 種類の通信方式を例示した。これに対し、第 1 の実施形態でも言及したように、3 種類以上の通信方式を採用

することも可能である。

[0137] <第3の実施形態>

図15に、各タイムスロットSに割り当てる通信方式の選択に関し、第3の実施形態に係る適応型選択規則160を例示する。かかる選択規則160は、上記の選択規則140、150（図7および図11参照）に代えて、または、上記の選択規則140、150の少なくとも一方に加えて、第1の実施形態で例示した通信装置10に適用される。なお、選択規則140、150、160のうちの2つまたは3つが付与されている場合、例えば、初期設定、所定条件、他の通信装置10からの指示、等に基づいて、使用する選択規則が決定される。

[0138] 適応型選択規則160は、複数の通信方式（ここではRF方式とPLC方式）のうちで通信状況がより良好な通信方式を、より高い選択比率で以て選択する旨の規則である。

[0139] 図15に例示の適応型選択規則160は、図11に例示したランダム選択規則150に、通信状況の情報を応用している。このため、かかる例によれば、適応型選択規則160は、装置内時刻 T_{dev} に基づいて擬似乱数値を発生させ当該擬似乱数値に対応付けられた通信方式を選択する旨の第1の規則（ランダム選択規則150に対応する）と、上記擬似乱数値と通信方式との対応付けを通信状況に応じて変化させる旨の第2の規則とに大別される。

[0140] 上記第2の規則をより具体的に説明すると、RF方式とPLC方式のうちで通信状況のより良好な通信方式がより高い選択比率で以て選択されるように、選択比率指標値 $K_{rf} : K_{plc}$ をRFとPLCの通信状況に応じて変化させるとともに、余り値 L と通信方式の対応付けも上記通信状況に応じて変化させる。

[0141] 図16には、RF方式の方がPLC方式よりも通信状況が良好である旨の調査結果に基づき、選択比率 $K_{rf} : K_{plc} = 2 : 1$ （このとき $K = 3$ ）で以て、通信方式を割り当てる場合を例示している。

[0142] 通信状況の調査結果は、例えば、RFの方が良好である旨、RFとPLC

は同程度である旨、P L Cの方が良好である旨の３段階評価のいずれかで表わされる。あるいは、R Fの方が良好である旨の評価およびP L Cの方が良好である旨の評価を、その度合いに応じて細分してもよい。なお、通信状況の度合いは、例えば { R F の通信状況を表す値 } / { P L C の通信状況を表す値 } という計算式から取得可能である。

[0143] また、例えば、通信状況の評価レベルごとに、選択比率 $K_{rf} : K_{plc}$ が予め準備されるとともに、余り値 L と通信方式の対応付けも予め準備される。これによれば、評価レベルに応じて選択比率 $K_{rf} : K_{plc}$ および上記対応付けが選択され、選択されたそれらに従って各タイムスロット S に通信方式が割り当てられる。

[0144] ここで、通信状況の調査は、通信状況を把握するのに有用なパラメータを評価することによって、行うことが可能である。上記パラメータとして、例えば、キャリアセンスの結果、A C K の返答率、再送回数、等が挙げられる。通信方式ごとに上記の１つまたは複数のパラメータを予め定めた手法で評価することにより、R F と P L C のそれぞれの通信状況が取得される。そして、R F の通信状況と P L C の通信状況を比較することによって、良好な通信方式の判別、評価レベルの決定等を行うことが可能である。なお、通信状況の調査は、周期的に行われてもよいし、ランダムな時間間隔で行われてもよい。

[0145] ここでは、上記パラメータの収集、評価等は、適応型選択規則 1 6 0 を利用する選択手段 5 4 自身が行うものとするが、例えば、M A C 処理手段 5 3 がそれらの処理を行い、処理結果を選択手段 5 4 に提供してもよい。いずれの例においても、通信状況の調査は通信処理部 5 0 によって行われる。

[0146] 適応型選択規則 1 6 0 によれば、通信状況に応じて適宜、好適な通信方式が選択されるので、通信の効率、信頼性等を向上させることができる。

[0147] また、図 1 5 に例示の適応型選択規則 1 6 0 はランダム選択規則 1 5 0 を利用しているので、ランダム選択規則 1 5 0 が奏する上記効果も得ることができる。

- [0148] なお、ランダム選択規則 150 以外の選択規則を利用することも可能である。例えば、複数パターンの所定順選択規則を予め準備しておき、そのうちの 1 つを通信状況に応じて利用してもよい。
- [0149] ここで、通信状況の調査は、通信システム 1 内の各通信装置 10 が行ってもよい。
- [0150]あるいは、例えば、通信装置 11 が通信状況を調査し、その調査結果を他の通信装置 12, 13 へブロードキャストによって配信してもよい。この場合、通信装置 11 は自身が通信状況を調査することによって通信状況を取得するのに対し、通信装置 12, 13 は通信装置 11 から調査結果を受信することによって通信状況を取得する。かかる例において、通信装置 11 を適応型選択規則に関する第 1 の通信装置 11 または適応型マスタ装置 11 と称し、通信装置 12, 13 を適応型選択規則に関する第 2 の通信装置 12, 13 または適応型スレーブ装置 12, 13 と称する場合もある（図 17 参照）。
- [0151] 適応型スレーブ装置 12, 13 は、自身が通信状況を調査する必要がないので、処理負荷、装置構成等を軽減できる。
- [0152] なお、通信状況の調査結果は、適応型マスタ装置 11 から直接受信してもよいし、他の適応型スレーブ装置による中継を経て受信してもよい。
- [0153] また、複数の適応型マスタ装置 10 が存在しても構わない。また、適応型マスタ装置として動作可能であるとともに、適応型スレーブ装置としても動作可能な通信装置 10（以下、適応型マスタ／スレーブ装置と称する場合もある）を設けてもよい。図 18 には、通信装置 13 が適応型マスタ／スレーブ装置である場合を例示している。
- [0154] なお、第 3 の実施形態において、第 1 の実施形態に係る装置内時刻同期処理 100（図 6 参照）を行うか否かは任意である。但し、適応型選択規則 160 がランダム選択規則 150 を利用していることに鑑みれば、装置内時刻同期処理 100 と適応型選択規則 160 との組み合わせは有用である。
- [0155] 上記では RF 方式と PLC 方式という 2 種類の通信方式を例示した。これに対し、第 1 および第 2 の実施形態でも言及したように、3 種類以上の通信

方式を採用することも可能である。

[0156] <第4の実施形態>

第1ないし第3の実施形態では、いわゆる連続駆動方式（連続動作方式、等とも称される）による同期通信を説明した。第4の実施形態では、いわゆる間欠駆動方式（間欠動作方式、等とも称される）による非同期通信を説明する。

[0157] <比較例>

第4の実施形態に係る具体例を説明する前に、比較例としての一般的な間欠駆動通信（間欠通信とも称される）を、図19を参照して説明する。特に図19はRF方式のみに準拠した通信装置に関する。

[0158] 図19に示すように、データ（DATA）を受信する側の通信装置は、通信機能を所定の間欠周期 T_{itmr} で以て間欠的に起動させ、ビーコンRNOを送信する（換言すれば、発行する）。当該ビーコンRNOは、受信側装置が通信可能状態を開始したことを通知するためのビーコンである。以下では、かかる用途のビーコンを、受信側ビーコン等と称する場合もある。ここでは、受信側ビーコンRNOがブロードキャストされるものとする。

[0159] ビーコンRNOの送信後、受信側装置は所定のビーコン応答待ち時間 T_{ircrf} の間、ビーコンRNOに対する応答を待つ。なお、符号の煩雑化を避けるため、ビーコン応答待ち期間に対しても上記符号 T_{ircrf} を用いることにする。また、他の符号についても同様の用法を採用する場合がある。

[0160] 受信側装置は、応答待ち期間 T_{ircrf} 中に、データ（DATA）を送信する側の通信装置から、ビーコンRNOに対する応答（ここでは送信要求SREQが例示される）を受信しなければ、応答待ち期間 T_{ircrf} の終了に伴って通信機能を停止する。そして、受信側装置は、通信停止期間 T_{nsllrf} の経過後、再びビーコンRNOを送信する。この場合、 $T_{itmr} = T_{ircrf} + T_{nsllrf}$ が成り立つ。

[0161] これに対し、ビーコン応答待ち期間 T_{ircrf} 中に送信要求SREQを受信した場合、データ受信側装置はSREQに対する応答RACKをデータ送信側

装置へ送信することにより、通信リンクの確立を図る。通信リンクの確立後、受信側装置は、送信側装置からDATAを受信し、受信終了に伴って応答DACKを送信側装置へ送信する。リンク維持期間Tlnkrfの経過後、データ受信側装置は通信機能を停止する。

[0162] 他方、データ送信側装置は、送信要求が発生すると、通信機能を起動し、ビーコンRNOの受信待ち状態を形成する。そして、送信側装置は、送信先となる通信装置で発行されたビーコンRNOを受信すると、その受信側装置に送信要求SREQを送信する。送信側装置は、SREQに対する応答RACKを受信することにより、通信リンクの確立を図る。通信リンクの確立後、DATAの送信を開始し、DACKの受信により送信完了となる。送信完了後、送信側装置は通信機能を停止する。なお、所定のビーコン待ち最大時間（換言すれば、リンク確立待ち最大時間）中にビーコンRNOを受信できない場合、送信エラー（換言すれば、タイムアウト）となる。

[0163] このように間欠通信では、必要に応じて通信リンクが形成され、送信側と受信側とが同期し続ける必要がない。

[0164] <第4の実施形態に係る例>

図20に、第4の実施形態に係る通信システム1Dの概略構成を例示する。図20の例では通信システム1Dは3つの通信装置10Dを含んでいる。但し、通信装置10Dの個数はこの例に限定されるものではない。

[0165] 図21に通信装置10Dのブロック図を例示し、図22に通信装置10Dの通信動作を例示する。図21の例によれば、通信装置10Dは、図2に例示した通信装置10において通信処理部50を通信処理部50Dに変えた構成を有している。また、通信処理部50Dは、図2に例示した通信処理部50においてMAC処理手段53および選択手段54をMAC処理手段53Dおよび選択手段54Dにそれぞれ変えた構成を有している。通信装置10Dのその他の構成は基本的に通信装置10と同様とする。

[0166] なお、図21では、装置内時刻Tdevの同期処理に関する記載（図2参照）を省略している。

[0167] 通信処理部 50D は、基本的には通信処理部 50 と同様の処理を行うが、間欠通信に応じた処理を行う。例えば、通信処理部 50D はビーコン送信処理 201（図 22 参照）とビーコン応答処理 202（図 22 参照）とのうちの少なくとも一方を行う。

[0168] ここで、ビーコン送信処理 201 を行う通信装置 10D を、ビーコンの利用に関する第 1 の通信装置と称し、ビーコン応答処理 202 を行う通信装置 10D を、ビーコンの利用に関する第 2 の通信装置と称してもよい。なお、以下では、図 19 の例に倣い、上記の第 1 の通信装置 10D がデータ受信側装置であり、上記の第 2 の通信装置 10D がデータ送信側装置である例を挙げる。

[0169] ビーコン送信処理 201 とビーコン応答処理 202 の両方を行う構成の場合、両処理 201, 202 は適宜、切り替えられる。例えば、通常はビーコン送信処理 201 を行い、上位処理部 70 から送信要求が出された場合（換言すれば、送信するパケットが生成された場合）にビーコン応答処理 202 に切り替える。この場合、1 つの通信装置 10D が、データ受信側として動作可能であるとともに、データ送信側としても動作可能である。

[0170] <ビーコン送信処理 201>

ビーコン送信処理 201 は、上記の受信側ビーコン RNO を間欠的に送信する処理である。特に、ビーコン送信処理 201 では、RF 方式と PLC 方式のいずれか一方が所定の選択規則に従って選択され、選択された通信方式によって受信側ビーコン RNO が送信される。ここでは、受信側ビーコン RNO はブロードキャストされるものとする。

[0171] 図 22 の例では、RF 方式と PLC 方式を交互に選択する交互選択規則が採用されており、RF 方式の停止期間（換言すれば、非選択期間） T_{nslrf} 中に、PLC 方式によってビーコン RNO の送信が 1 回行われる。

[0172] 説明を分かりやすくするため、図 22 では RF 方式に関して、ビーコン送信の間欠周期 T_{itmrf} と、ビーコン応答待ち時間 T_{ircrf} と、非選択時間 T_{nslrf} とを、図 19 の比較例と同じ時間長さで図示している。また、ここでは、

PLC方式によるビーコンRNOが、RF方式の間欠周期 T_{itmrfr} の半周期のタイミングで送信される場合を例示する。この場合、RF方式によるビーコンRNOとPLC方式によるビーコンRNOとが交互に、かつ、同じ間欠周期 $T_{itm} (= T_{itmrfr} / 2)$ で送信される。また、PLC方式のビーコンRNOに対するビーコン応答待ち時間 T_{ircplc} が、RF方式のビーコンRNOに対するビーコン応答待ち時間 T_{ircrf} と同じ時間長さを有する場合を例示する。但し、各種時間の設定値は上記例示に限定されるものではない。

[0173] なお、PLC方式のリンク維持時間 T_{lnkplc} は、RF方式のリンク維持時間 T_{lnkrf} （図19参照）と同じ時間長さを有してもよいし、あるいは、通信速度の違い等に応じてリンク維持時間 T_{lnkrf} とは異なる時間長さを有してもよい。また、これらのリンク維持時間 T_{lnkplc} 、 T_{lnkrf} の時間長さは、所定の固定値であってもよいし、受信するDATAのサイズに応じた可変値であってもよい。

[0174] 受信側ビーコンRNOは次のようにして生成される。例えば非選択時間 T_{nslrf} 等を計るタイマ（図示略）によって、非選択時間 T_{nslrf} の終了が通信処理部50Dへ通知される。そして、MAC処理手段53Dは、タイマからの当該通知によって、ビーコンRNO用のMACフレーム（以下、ビーコンフレームとも称する）を生成する。生成されたビーコンフレームは、選択手段54Dによって選択された通信方式に応じて、RF方式のビーコンRNOまたはPLC方式のビーコンRNOとして送信される。

[0175] 選択手段54Dは、図22の例では、RF方式とPLC方式を交互に選択する交互選択規則に従って、ビーコンRNOの送信に利用する通信方式を選択する。

[0176] なお、ビーコン応答待ち時間 T_{ircrf} 、 T_{ircplc} 、リンク維持時間 T_{lnkrf} 、 T_{lnkplc} 、等は、クロック55が提供する装置内時刻 T_{dev} によって計られるものとするが、例えば上記タイマを利用してもよい。

[0177] <ビーコン応答処理202>

ビーコン応答処理202は、受信側ビーコンRNOの受信を試み、当該ビ

ーコンRNOに応答する処理である。特に、ビーコン応答処理202では、RF方式とPLC方式とを切り替えることによってビーコンRNOの受信を試み、ビーコンRNOを受信できた通信方式によってそのビーコンRNOに対して応答する（ここでは送信要求SEQを送信する）。なお、ビーコン応答処理202は、例えば上位処理層70からの送信要求に応じて、開始される。

[0178] ビーコン応答処理202において、RF方式とPLC方式の切り替えは、例えば、選択手段54Dにより、ビーコン送信処理201で利用する交互選択規則に従って行われる。また、図22の例では、RF方式とPLC方式の切り替えは、ビーコンRNOの送信周期 T_{itm} よりも短い時間で行われる。但し、ビーコン応答処理202における通信方式の切り替えは、これらの例に限定されるものではない。

[0179] なお、通信方式の切り替え周期 T_{itm} 、ビーコン待ち最大時間、等は、クロック55が提供する装置内時刻 T_{dev} によって計られるものとするが、例えば上記タイマを利用してもよい。

[0180] なお、ビーコン応答処理202の後、図19の比較例と同様に、RACKの送受信、DATAの送受信、DACKの送受信が行われるものとする。

[0181] <第4の実施形態に係る効果>

間欠通信では、データ送信側はビーコンRNOを受信するまでの間、換言すれば通信リンクが確立するまでの間、データ送信を待たなければならない。かかる待ち状態は通信遅延を生むことになる。ビーコンRNOが送信された直後にビーコン受信待ち状態になる場合を考慮すると、その遅延時間は最大、RF方式の間欠周期 T_{itmrf} と同じ長さになりうる。

[0182] かかる通信遅延に関し、通信システム1Dによれば、ビーコンRNOが、RF方式の非選択期間中であっても、PLC方式によって送信されるので、ビーコンRNOの送信間隔を短くすることができる。図22の例によれば、図19の例に比べて、ビーコンRNOの送信間隔が半分になる。また、ビーコンRNOを受信する側では、RF方式とPLC方式とを切り替えてビーコ

ン R N O の到来を待つので、いずれの通信方式によってビーコン R N O が送信されても対応可能である。

[0183] このため、通信システム 1 D によれば、P L C 方式を有さない上記比較例に比べて、ビーコン R N O の受信待ち（換言すれば、通信リンクの確立待ち）の時間を削減可能であり、そのような待ち時間によって生じる通信遅延を改善可能である。また、それにより、通信の効率、信頼性等を向上させることができる。

[0184] ここで、図 2 3 に例示するように、R F 方式の非選択期間 T_{nslrf} 中に、P L C 方式でビーコン R N O を 2 回、送信してもよい。この例は、R F $\rightarrow$ P L C $\rightarrow$ P L C という所定順序を 1 サイクルとして定義した所定順選択規則に従って、通信方式を選択することにより、実現可能である。また、P L C 方式によるビーコン送信を 3 回以上、行ってもよい。

[0185] これらの例によれば、ビーコン R N O の送信間隔 T_{itm} をさらに短くすることができるので、リンク確立待ち時間、および、それによる通信遅延をさらに改善可能である。また、通信方式の種類数を増加させることなく、そのような効果が得られる。

[0186] ところで、例えば、R F 方式の送受信回路 3 1 と P L C 方式の送受信回路 3 2 の両方を、P L C に利用している電力線 5（図 2 0 参照）の供給電力（以下、外部供給電力とも称する）によって駆動する構成が考えられる。

[0187] また、例えば、R F 送受信回路 3 1 を電池（図示略）によって駆動し、P L C 送受信回路 3 2 を、P L C に利用している電力線 5（図 2 0 参照）の供給電力（外部供給電力）によって駆動する構成が考えられる。この例によれば、ビーコン R N O の送信回数が増えても、上記電池を長持ちさせることが可能である。

[0188] また、R F 送受信回路 3 1 が電池で駆動可能な構成によれば（さらに外部供給電力でも駆動可能であってもよい）、例えば、電源線の無い場所や電源線の敷設が困難な場所では、R F 送受信回路 3 1 だけを電池で駆動させる例が考えられる。

[0189] また、R F 送受信回路 3 1 が電池と外部供給電力との両方で駆動可能な構成によれば、例えば、平生は電力線 5 の供給電力を利用し、停電等によって電力線 5 の供給電力が途絶えた場合に電池に切り替える例が考えられる。この例によれば、R F 通信については確保できる。

[0190] なお、通信処理部 5 0 D 等に対する給電形態についても、電池と外部供給電力とそれらの組み合わせとのいずれも採用可能である。

[0191] ここでは R F 方式と P L C 方式という 2 種類の通信方式を例示しているため、電源線 5 からの電力を取得できない（したがって P L C 方式を利用できない）環境・状況では、上記比較例と同様に R F 方式のみを使用することになる。そのような場合でも、通信処理部 5 0 D は、上記のように R F 方式用の処理と P L C 方式用の処理の両方を行うものとする。あるいは、R F 方式用の処理と P L C 方式用の処理の両方を行う動作モードに加え、R F 方式用の処理だけを行う動作モードも通信処理部 5 0 D に搭載しておき、それら 2 種類の動作モードを切り替えるようにしてもよい。

[0192] なお、通信装置の給電形態についての上記の様々な例は、他の実施形態にも適用可能である。

[0193] <第 4 の実施形態に係る他の例>

上記の例では、ビーコン R N O が、R F 方式および P L C 方式によって、時間的に等間隔で送信される。これに対し、ビーコン R N O を不等間隔で送信することも可能である。また、上記の例とは違って、R F 方式によるビーコン R N O を不等間隔で送信することも可能である。

[0194] また、上記では R F 方式と P L C 方式という 2 種類の通信方式を例示した。これに対し、第 1 ないし第 3 の実施形態でも言及したように、3 種類以上の通信方式を採用することも可能である。かかる点に鑑みると、上記の各種例は、第 1 ないし第 N（N は 2 以上の整数）の通信方式によって通信可能に構成された通信装置について、以下のように一般化可能である。

[0195] 例えば、ビーコン送信処理 2 0 1 は、第 1 の通信方式によってビーコン R N O を間欠的に送信するとともに、第 1 の通信方式の非選択期間中に第 2 な

いし第Nの通信方式によってビーコンRNOを間欠的に送信する処理である。

[0196] ここで、ビーコン送信処理201では、第1の通信方式の非選択期間中に、第2ないし第Nの通信方式のうちの少なくとも1種類の通信方式を2回以上使ってビーコンRNOを送信してもよい。

[0197] また、ビーコン応答処理202は、第1ないし第Nの通信方式を切り替えることによってビーコンRNOの受信を試み、ビーコンRNOを受信できた通信方式でビーコンRNOに対して応答する処理である。

[0198] 換言すれば、上記では $N=2$ であり、かつ、第1の通信方式がRF方式であり、かつ、第2の通信方式がPLC方式である場合を例示したが、この例に限定されるものではない。

[0199] 間欠通信では全ての通信方式が非選択状態になる期間があり、そのような期間において通信処理部50Dおよび送受信部30をいわゆるスリープ状態にしてもよい。電力供給を続けて稼働状態を維持することも可能であるが、スリープ状態を採用すれば消費電力を削減することができる。

[0200] ここで、クロック55をスリープ状態にするか否かは任意である。すなわち、MAC処理手段53D等とともにクロック55もスリープ状態になるように構成してもよいし、あるいは、MAC処理手段53D等がスリープ状態になってもクロック55は動作し続けるように構成してもよい。前者の場合、装置内時刻 T_{dev} は、スリープ状態の発生の度にリセットされ、このため保持されない。これに対し、後者の場合、装置内時刻 T_{dev} を保持することが可能である。なお、例えばクロック55用の電源をMAC処理手段53D等用の電源とは別個に設けることによって、クロック55を動作させ続けることが可能である。

[0201] なお、装置内時刻 T_{dev} が保持される場合であっても、第4の実施形態では、第1の実施形態に係る装置内時刻同期処理100（図6参照）を行うか否かは任意である。

[0202] 上記の例では、所定順選択規則（交互選択規則を含む）に従って、通信方

式を選択する。これに対し、通信方式の選択に、ランダム選択規則 150（図 11 参照）、適応型選択規則（図 15 参照）等を応用することも可能である。なお、ランダム選択規則 150 および適応型選択規則によれば、第 1 の通信方式（上記では RF 方式が例示される）によるビーコン RNO が不等間隔で送信される場合もある。

[0203] ここで、第 1 ないし第 3 の実施形態で例示した選択規則 140, 150, 160 は、装置内時刻 T_{dev} に依存する。このため、装置内時刻 T_{dev} が保持される構成では、それらの選択規則 140, 150, 160 を応用可能である。これに対し、装置内時刻 T_{dev} が保持されない構成では、装置内時刻 T_{dev} に代えて例えば所定の設定値を用いればよい。

[0204] また、上記の例では、ビーコン送信処理 201 とビーコン応答処理 202 とが同じ選択規則を利用する。これに対し、処理 201, 202 が異なる選択規則を利用してもよい。

[0205] また、上記では通信システム 1D が、複数の通信方式に準拠した通信システム 10D のみを含む場合を例示した。しかし、通信システム 1D は、1 つの通信方式で間欠通信を行う通信装置を含むことも可能である。

[0206] <第 5 の実施形態>

図 24 に、第 5 の実施形態に係る通信システム 1E の概略構成を例示する。図 24 の例では通信システム 1E は、第 1 ないし第 3 の実施形態のいずれかに係る通信装置 10 と、第 4 の実施形態に係る通信装置 10D とを含むとともに、第 5 の実施形態に係る通信装置 10E を含んでいる。すなわち、通信システム 1E では同期通信を行う通信装置 10 と非同期通信を行う通信装置 10D とが混在しており、これに鑑み通信装置 10E は同期通信と非同期通信の両方に対応可能に構成されている。但し、通信装置 10, 10D, 10E の個数は図 24 の例に限定されるものではない。

[0207] 図 25 に、通信装置 10E のブロック図を例示する。図 25 の例によれば、通信装置 10E は、図 2 に例示した通信装置 10 において通信処理部 50 を通信処理部 50E に変えた構成を有している。また、通信処理部 50E は

、図 2 に例示した通信処理部 5 0 において M A C 処理手段 5 3 および選択手段 5 4 を M A C 処理手段 5 3 E および選択手段 5 4 E にそれぞれ変えた構成を有している。通信装置 1 0 E のその他の構成は基本的に通信装置 1 0 と同様とする。

[0208] M A C 処理手段 5 3 E は、概略として、M A C 処理手段 5 3（図 2 参照）の機能と、M A C 処理手段 5 3 D（図 2 1 参照）の機能とを併せ持ち、各種機能を適宜、提供する。

[0209] このため、例えば、図 2 6 に示すように、M A C 処理手段 5 3，5 3 D の両方を設け両手段 5 3，5 3 D が協働することによって、M A C 処理手段 5 3 E を構成可能である。但し、この例に限定されるものではない。例えば、重複する機能は M A C 処理手段 5 3 D から省略してもよい。

[0210] 選択手段 5 4 E は、概略として、選択手段 5 4（図 2 参照）の機能と選択手段 5 4 D（図 2 1 参照）の機能とを併せ持ち、各種機能を適宜、提供する。

[0211] ここで、通信装置 1 0 E では、装置内時刻 T dev が保持されるものとする。このため、装置内時刻 T dev の同期処理 1 0 0（図 6 参照）を行うことが可能である。但し、装置内時刻同期処理 1 0 0 を行わない構成も採用可能である。いずれにせよ、図 2 5 では、装置内時刻同期処理に関する記載（図 2 参照）を省略している。

[0212] 図 2 7 に示すように、通信装置 1 0 E では、同期／非同期並行処理 3 0 0 によって、同期通信処理 3 0 1 と非同期通信処理 3 0 2 とが並行して行われる。具体的には、同期通信処理 3 0 1 によって同期通信用のタイムスロット S が制御され、非同期通信処理 3 0 2 によって非同期通信用のビーコン R N O の送信が制御される。

[0213] 特に非同期通信処理 3 0 2 では、同期通信処理 3 0 1 で選択されている通信方式で以て、ビーコン R N O を間欠的に送信する。また、図 2 7 の例によれば、ビーコン R N O はタイムスロット S の開始タイミングに同期して送信される。なお、図 2 7 の例ではビーコン R N O の送信周期がタイムスロット

Sの時間長さの3倍に設定されているが、この例に限定されるものではない。例えば、毎回のタイムスロットSでビーコンRNOを送信してもよい。

[0214] より具体的には、選択手段54Eが選択手段54と同様に機能することによって、いずれかの通信方式が割り当てられたタイムスロットSが順次、生成される。なお、図27では交互選択規則が例示されるが、この例に限定されるものではない。

[0215] また、MAC処理手段53EがMAC処理手段53と同様に機能することによって、各タイムスロットSで同期通信を行うことが可能である。また、MAC処理手段53EがMAC処理手段53Dと同様にビーコンフレームを生成することにより、その時点のタイムスロットSに割り当てられている通信方式で以てビーコンRNOが送信される。

[0216] 具体的には、MAC処理手段53Eが、選択手段54EからタイムスロットSの切り替えタイミングを取得し、その切り替えタイミングに合わせてビーコンフレームを出力することにより、タイムスロットSの開始タイミングに同期してビーコンRNOを送信可能である。あるいは、例えば、選択手段54Eが、ベースバンド処理手段51または52に対するビーコンフレームの入力を、次のタイムスロットSの開始タイミングまで保留することによって、ビーコンRNOの送信タイミングを調整してもよい。

[0217] 同期／非同期並行処理300では、非同期通信の通信リンク維持時間 T_{lnkrf} 、 T_{lnkplc} （図19および図22参照）は、タイムスロットSの時間長さ以下に設定される。これにより、各タイムスロットS内に非同期通信を完了させることができ、非同期通信の信頼性を確保できる。また、上記のようにビーコンRNOをタイムスロットSの開始タイミングで送信することにより、通信リンク維持時間 T_{lnkrf} 、 T_{lnkplc} を長くとることができる。

[0218] ここで、例えば上位処理部70が非同期通信による送信を指示した場合、タイムスロットSの制御を中断して、上記のビーコン応答処理202（図22参照）を行えばよい。

[0219] 通信装置10Eによれば、同期通信処理301によって通信装置10と通

信可能であるとともに、非同期通信処理 302 によって通信装置 10D と通信可能である。すなわち、通信装置 10E によれば、複数の通信方式を時分割で利用する通信システムにおいて、タイムスロット S を利用した同期通信と、ビーコン RNO を利用した非同期通信とを混在させることができる。

[0220] なお、上記の第 4 の実施形態において、ビーコン送信処理 201 を行う通信装置 10D を、ビーコンの利用に関する第 1 の通信装置と称し、ビーコン応答処理 202 を行う通信装置 10D を、ビーコンの利用に関する第 2 の通信装置と称した。これに倣えば、通信装置 10E は、第 1 の通信装置に含まれる。また、同期通信処理 301 をさらに行う点に鑑み、通信装置 10E をビーコンの利用に関する第 3 の通信装置と称してもよい。

[0221] <第 5 の実施形態に係る他の例>

上記では RF 方式と PLC 方式という 2 種類の通信方式を例示した。これに対し、第 1 ないし第 4 の実施形態でも言及したように、3 種類以上の通信方式を採用することも可能である。

[0222] また、上記では通信システム 1E が、複数の通信方式に準拠した通信システム 10、10D のみを含む場合を例示した。しかし、通信システム 1E は、1 つの通信方式で間欠通信を行う通信装置を含むことも可能である。

[0223] また、第 1 ないし第 4 の実施形態における各種の例を、通信装置 10E および通信システム 1E に応用可能である。

[0224] <応用例>

上記で例示した各種の通信システムおよび通信装置は、通話やデータ通信等の基本的な用途だけでなく、その他の用途にも応用可能である。

[0225] 例えば、通信装置にセンサを組み合わせるセンサ装置を構成することにより、各センサ装置で検出した情報を収集する情報収集システムを構築可能である。より具体的には、上記センサとしてカメラや人感センサを採用することによって、セキュリティ監視システムを構築可能である。また、上記センサとして電気、ガス、水道等の使用量の測定器を採用することによって、いわゆるテレメータシステムを構築可能である。

[0226] また、例えば、被制御対象物（例えば照明装置）の制御機能を通信装置に搭載して通信機能付きコントローラを構成することにより、制御システムを構築可能である。

[0227] <付記>

本発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、本発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、本発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

符号の説明

[0228] 1, 1 D, 1 E 通信システム

5 電力線

10, 11～13, 10 D, 10 E 通信装置

30 送受信部

31 RF送受信回路

32 PLC送受信回路

50, 50 D, 50 E 通信処理部

51 RFベースバンド処理手段

52 PLCベースバンド処理手段

53, 53 D, 53 E MAC処理手段

54, 54 D, 54 E 選択手段

55 クロック

70 上位処理部

100 装置内時刻同期処理

101 時刻同期マスタ処理

102 時刻同期スレーブ処理

103 権限レベル判定処理

120 時刻同期要求信号

121 同期制御部分

1 2 2 信号本体部分
1 2 8 タイムスタンプ
1 4 0 所定順選択規則
1 5 0 ランダム選択規則
1 6 0 適応型選択規則
2 0 1 ビーコン送信処理
2 0 2 ビーコン応答処理
3 0 0 同期／非同期並行処理
3 0 1 同期通信処理
3 0 2 非同期通信処理
R N 0 ビーコン
S タイムスロット
T dev 装置内時刻
T itm ビーコン送信周期
T nslrf R F 方式の非選択期間（非選択時間）

請求の範囲

- [請求項1] 複数の通信装置（10, 10E）を備えた通信システム（1, 1E）であって、
- 前記複数の通信装置のそれぞれは、
- 複数の通信方式に準拠して構成された送受信部（30）と、
- 前記複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻（Tdev）に基づくタイムスロット（S）ごとに所定の選択規則（140, 150, 160）に従って選択し、選択した通信方式によって前記送受信部を介して通信を行う、通信処理部（50, 50E）と
- を有し、
- 前記複数の通信装置は、
- 自装置の前記装置内時刻をタイムスタンプ（128）として時刻同期要求信号（120）に含ませ前記時刻同期要求信号を送信する時刻同期マスタ処理（101）を行う、少なくとも1つの第1の通信装置（11, 11～13）と、
- 前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タイムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を校正する時刻同期スレーブ処理（102）を行う、少なくとも1つの第2の通信装置（12, 13, 11～13）と
- を含む、通信システム（1, 1E）。
- [請求項2] 請求項1に記載の通信システム（1, 1E）であって、
- 前記時刻同期要求信号は、同期制御部分（121）と、前記同期制御部分に引き続く信号本体部分（122）とを有し、
- 前記時刻同期マスタ処理では、前記信号本体部分の送信開始タイミングにおける前記装置内時刻を、前記タイムスタンプに採用し、
- 前記時刻同期スレーブ処理では、前記信号本体部分の受信開始タイミングにおける前記装置内時刻を、受信した前記タイムスタンプで校正する、

通信システム（１，１Ｅ）。

[請求項3]

請求項１に記載の通信システム（１，１Ｅ）であって、

前記少なくとも１つの第１の通信装置は、複数の第１の通信装置であり、

前記時刻同期マスタ処理は、前記時刻同期要求信号に権限レベルを設定する処理を含み、

前記時刻同期スレーブ処理は、受信した前記時刻同期要求信号の前記権限レベルが、それまでに受信した前記時刻同期要求信号の前記権限レベルの最高値と同じであるかまたは前記最高値よりも高いことを条件（１０３）にして、実行される、

通信システム（１，１Ｅ）。

[請求項4]

請求項１に記載の通信システム（１，１Ｅ）であって、

前記所定の選択規則は、通信方式を選択する際の前記装置内時刻を関与させた規則である、通信システム（１，１Ｅ）。

[請求項5]

請求項１に記載の通信システムであって、

前記少なくとも１つの第１の通信装置は、前記時刻同期マスタ処理に加え前記時刻同期スレーブ処理も実行可能な通信装置を少なくとも１つ含む、

通信システム（１，１Ｅ）。

[請求項6]

請求項１に記載の通信システムであって、

前記少なくとも１つの第２の通信装置は、前記時刻同期スレーブ処理に加え前記時刻同期マスタ処理も実行可能な通信装置を少なくとも１つ含む、

通信システム（１，１Ｅ）。

[請求項7]

複数の通信方式に準拠して構成された送受信部（３０）と、

前記複数の通信方式のうちの１つを装置内時刻（ T_{dev} ）に基づくタイムスロット（ S ）ごとに所定の選択規則（１４０，１５０，１６０）に従って選択し、選択した通信方式によって前記送受信部を介し

て通信を行う、通信処理部（50, 50E）と
を備え、

前記通信処理部は、

自装置の前記装置内時刻をタイムスタンプ（128）として時刻
同期要求信号（120）に含ませ前記時刻同期要求信号を送信する時
刻同期マスタ処理（101）
を行う、通信装置（10, 10E）。

[請求項8] 請求項7に記載の通信装置（10, 10E）であって、
前記通信処理部は、

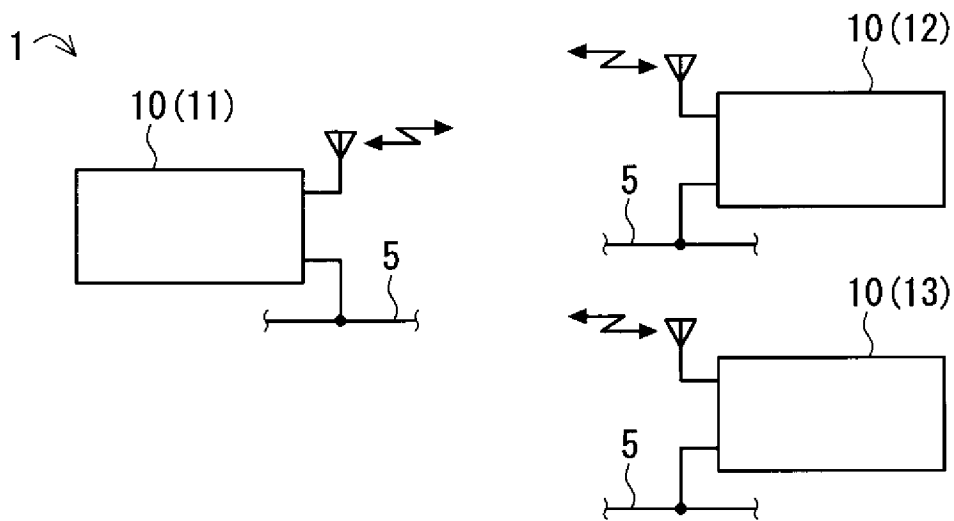
前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タ
イムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を校正する時刻同期
スレーブ処理（102）
をさらに行う、通信装置（10, 10E）。

[請求項9] 複数の通信方式に準拠して構成された送受信部（30）と、
前記複数の通信方式のうちの1つを装置内時刻（Tdev）に基づく
タイムスロット（S）ごとに所定の選択規則（140, 150, 160）に従って選択し、選択した通信方式によって前記送受信部を介し
て通信を行う、通信処理部（50, 50E）と
を備え、

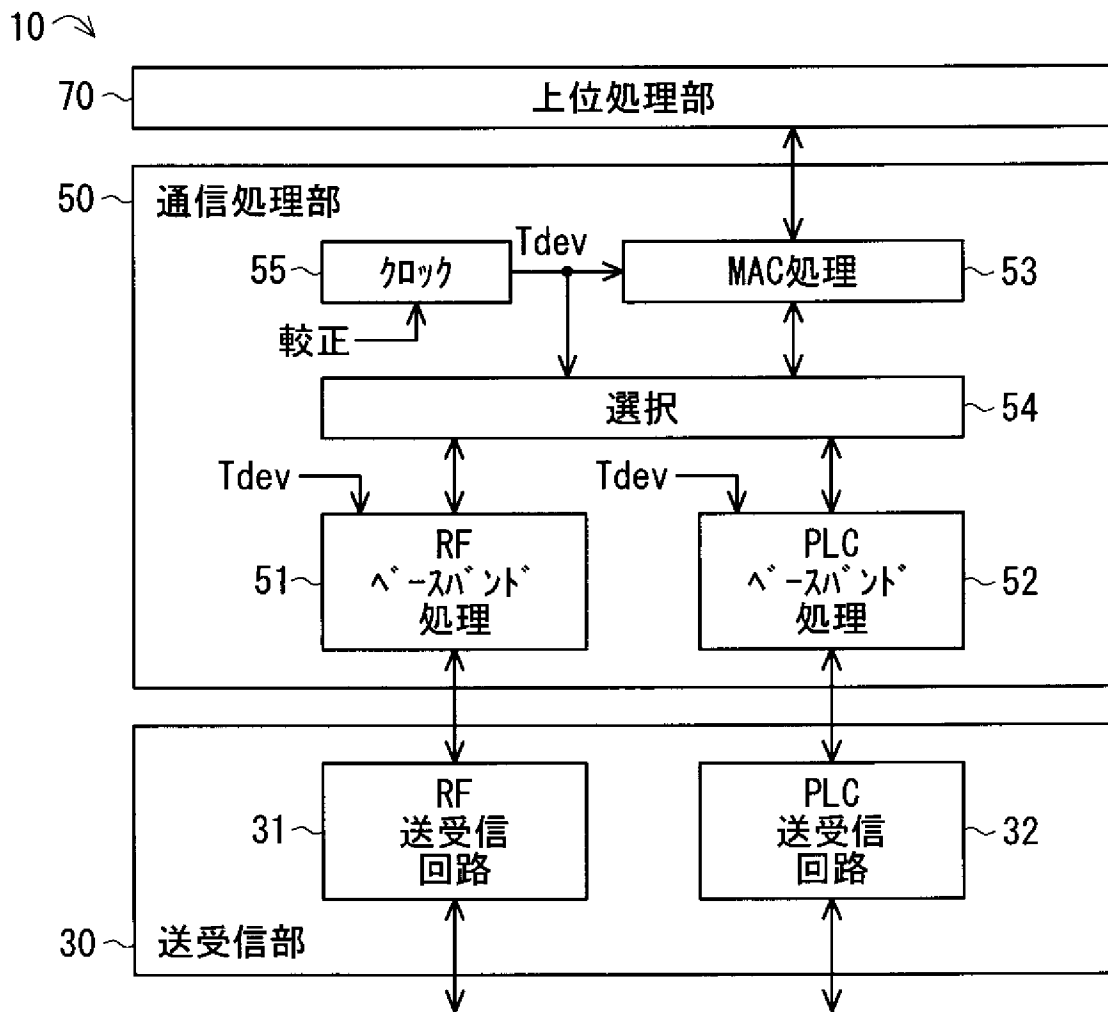
前記通信処理部は、

前記時刻同期要求信号を受信し前記時刻同期要求信号中の前記タ
イムスタンプに基づいて自装置の前記装置内時刻を校正する時刻同期
スレーブ処理（102）
を行う、通信装置（10, 10E）。

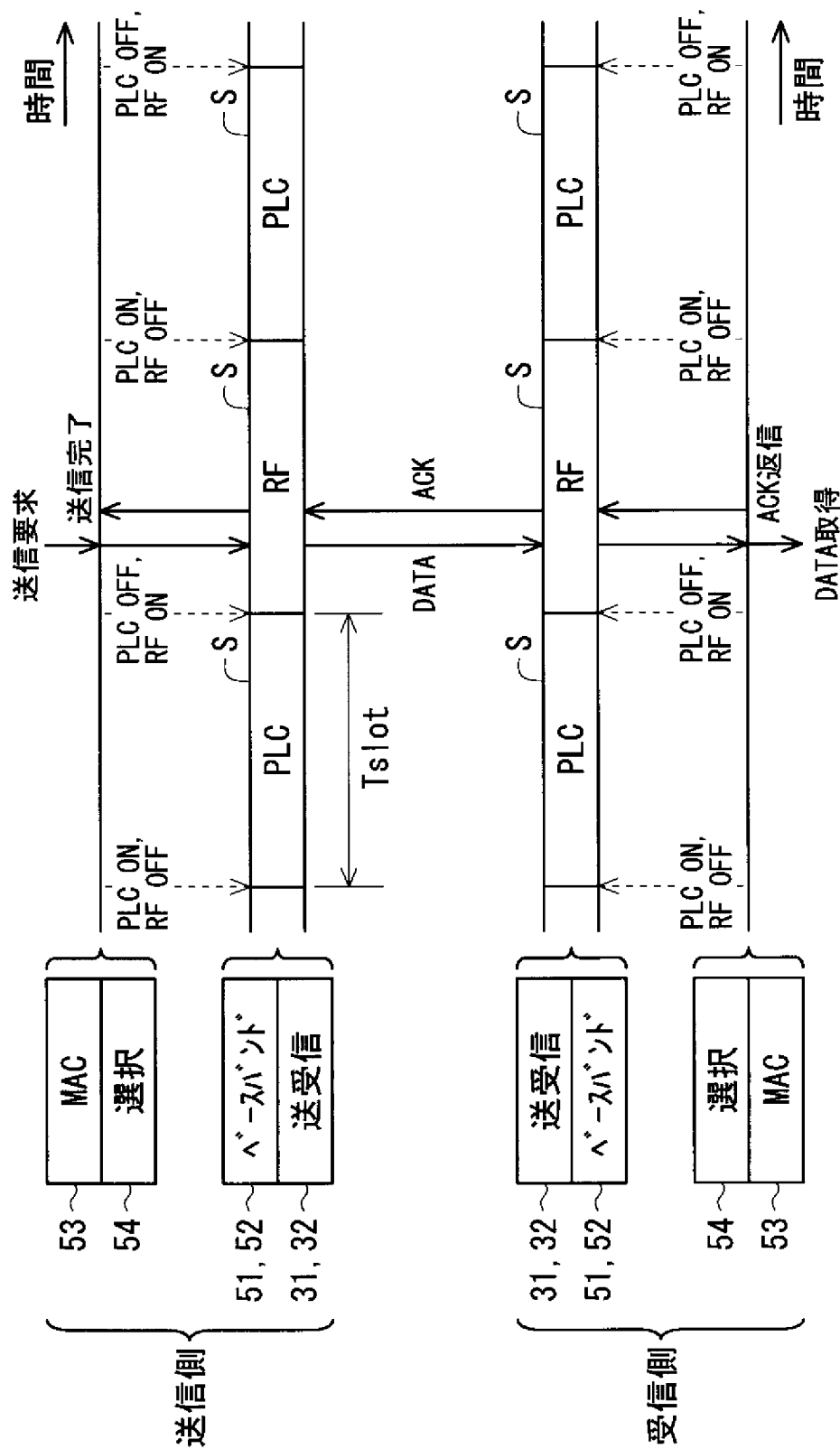
[図1]



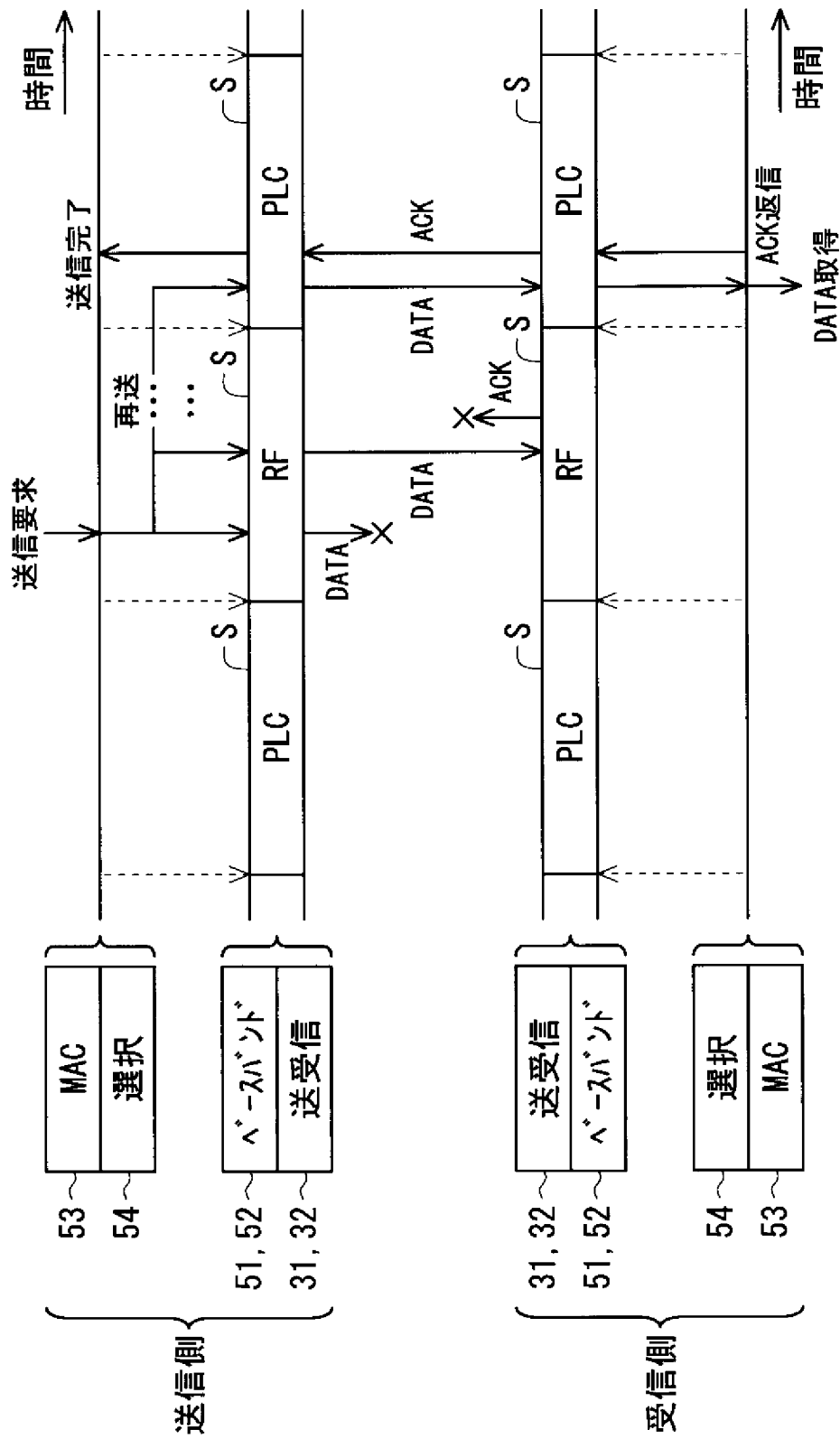
[図2]



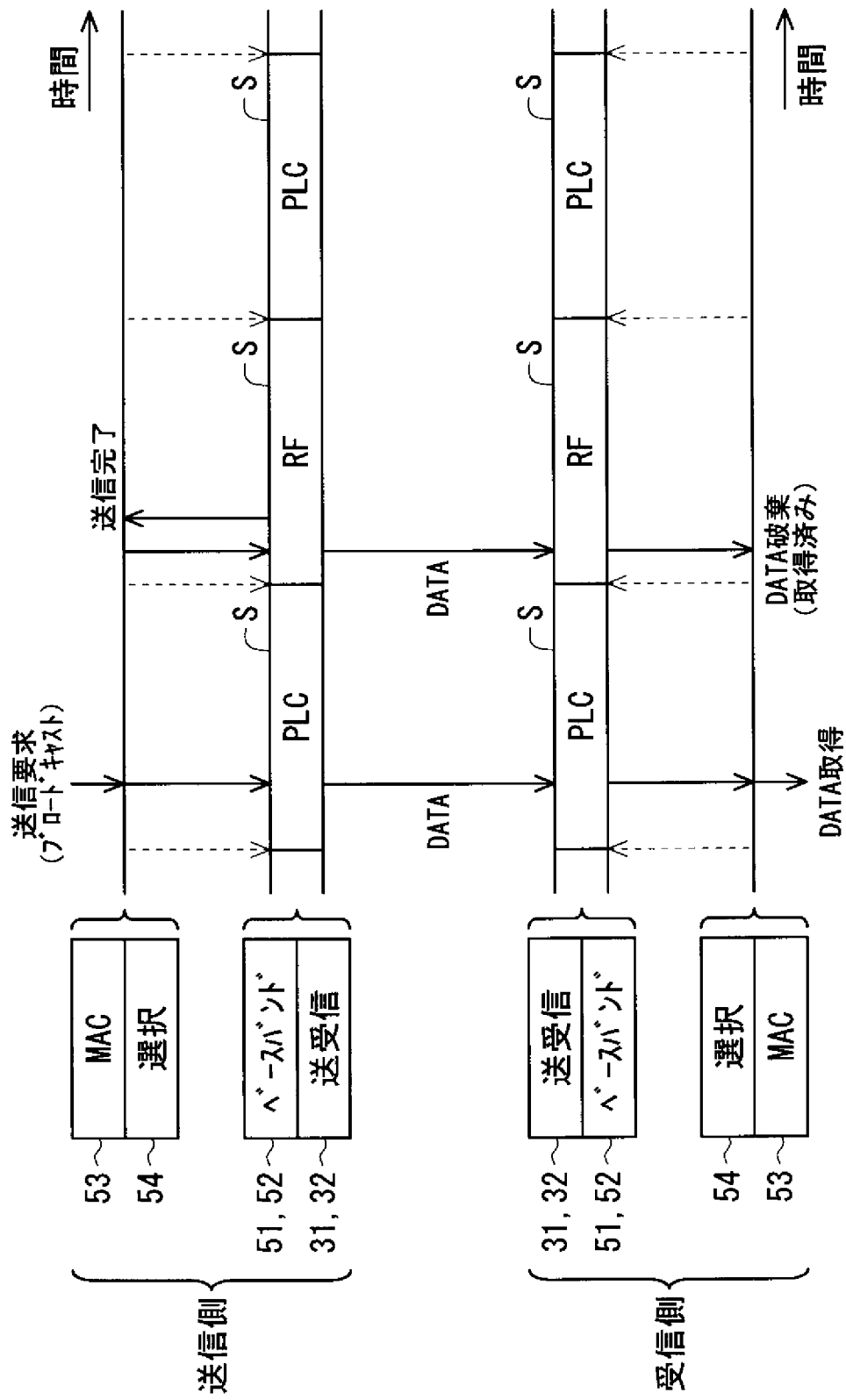
[図3]



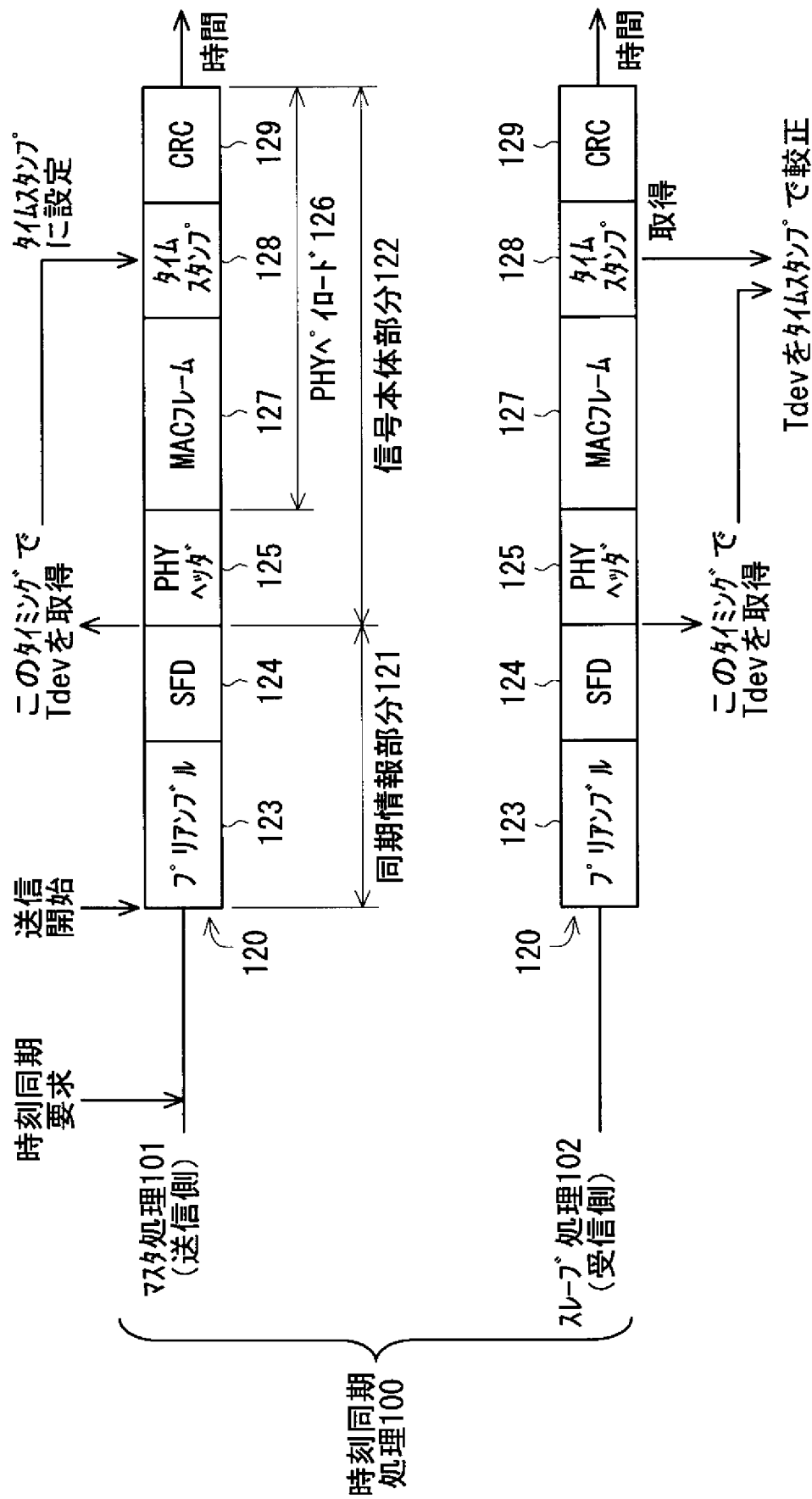
[図4]



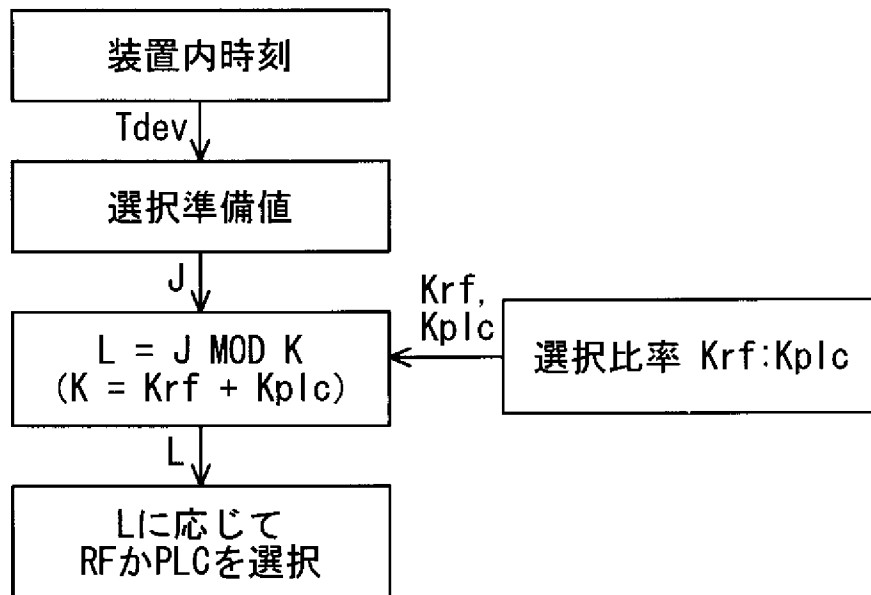
[図5]



[図6]



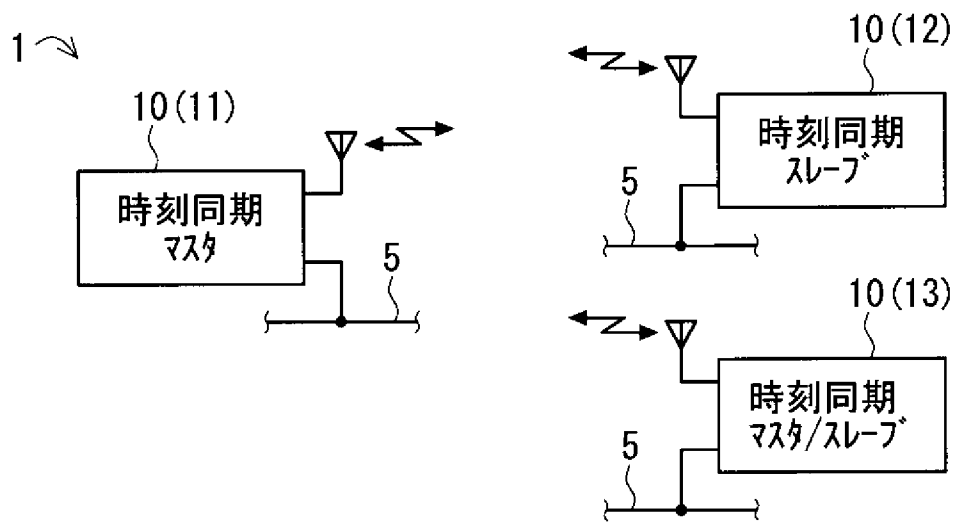
140 ↘



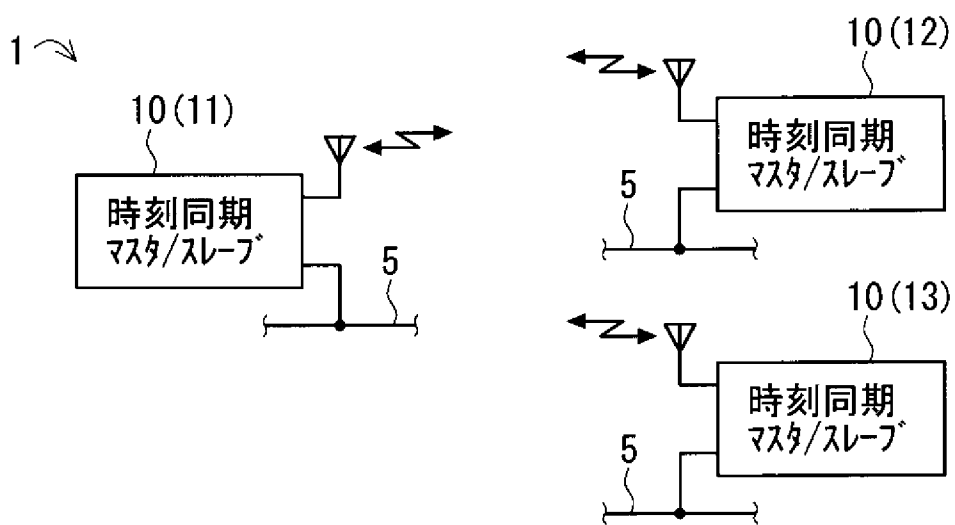
```
graph TD; MS[マスター装置] -- 時刻同期要求 --> S1(( )); S1 -- 受信 --> D{権限レベルは、それまでの最高値以上?}; D -- YES --> S2[時刻同期スレーブ処理]; D -- NO --> S1; S2 --> S1;
```

The flowchart illustrates the time synchronization process between a Master Device (マスター装置) and a Slave Device (スレーブ装置). The Master Device (101) initiates the process by sending a "時刻同期要求" (Time Synchronization Request) to the Slave Device. The Slave Device (103) receives this request and enters a decision diamond (102) to check if the "権限レベルは、それまでの最高値以上?" (Is the authority level higher than the previous maximum value?). If the answer is YES, the Slave Device proceeds to the "時刻同期スレーブ処理" (Time Synchronization Slave Processing) block (102). If the answer is NO, the process loops back to the reception step. After completing the slave processing, the flow returns to the reception step.

[図9]

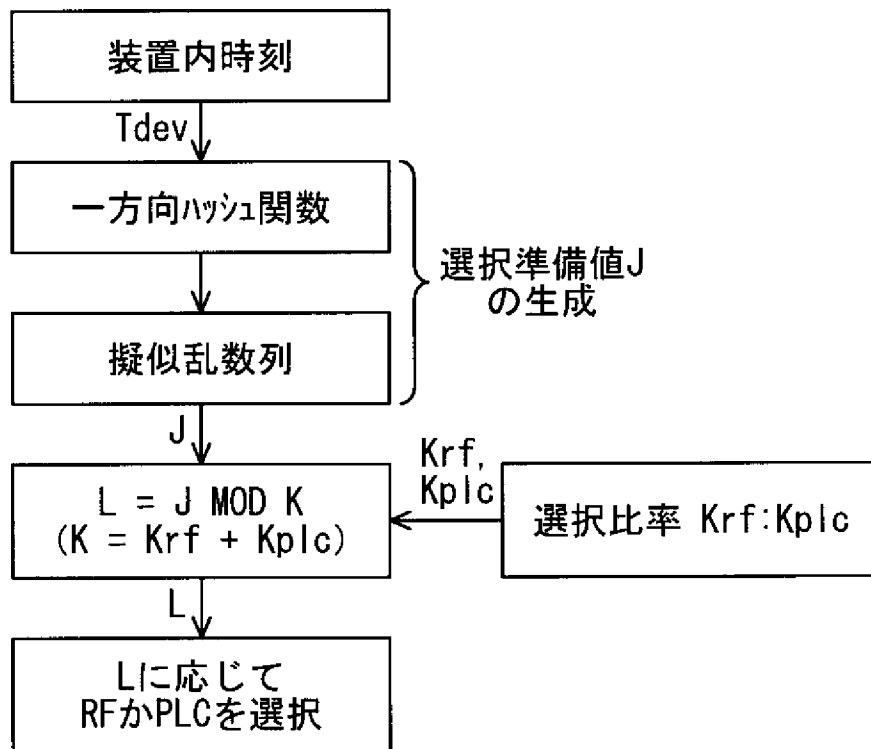


[図10]

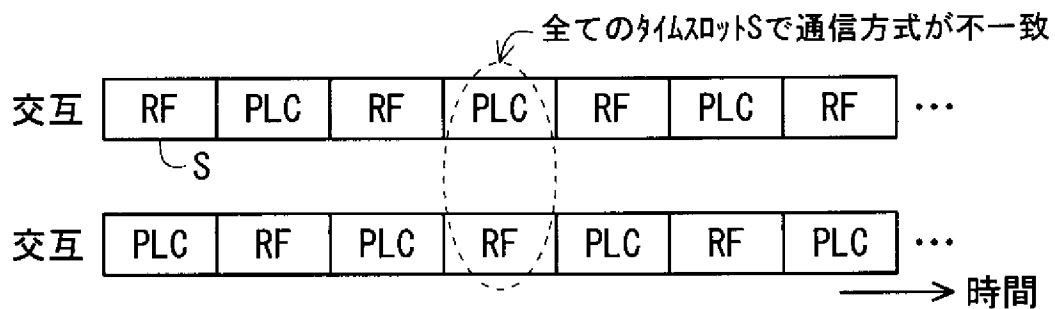


[図11]

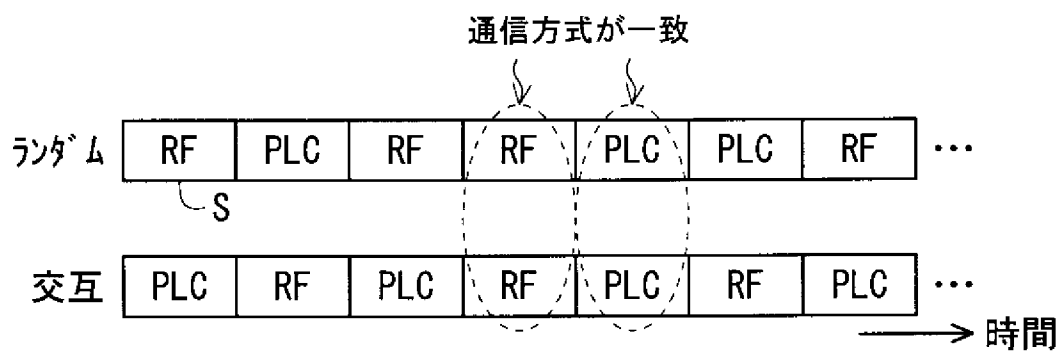
150 ↗



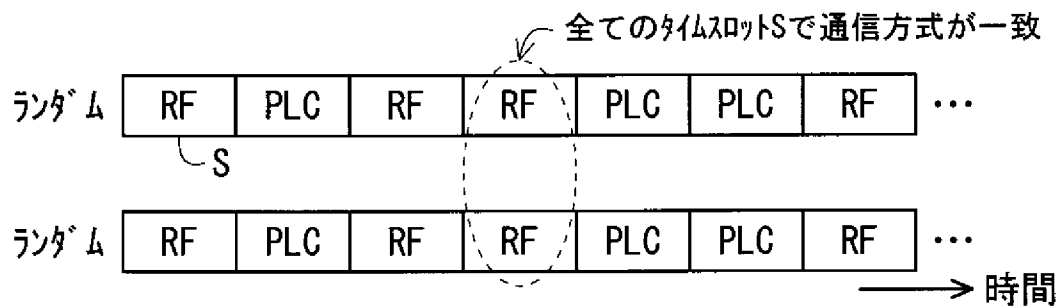
[図12]



[図13]

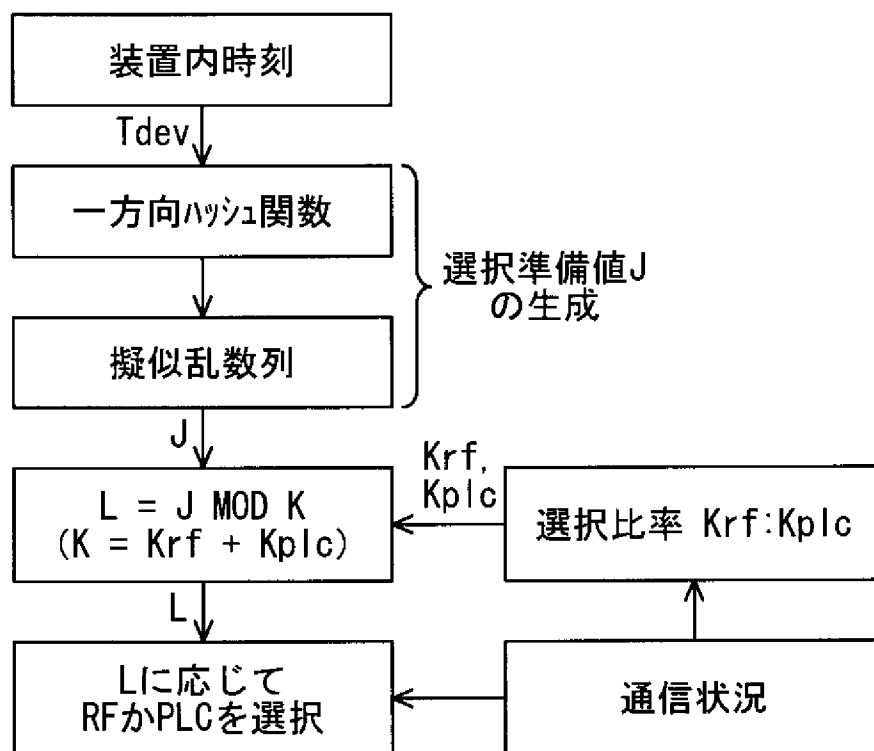


[図14]

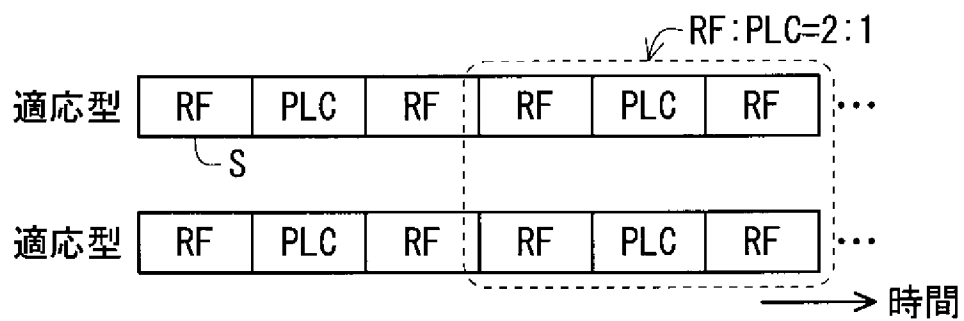


[図15]

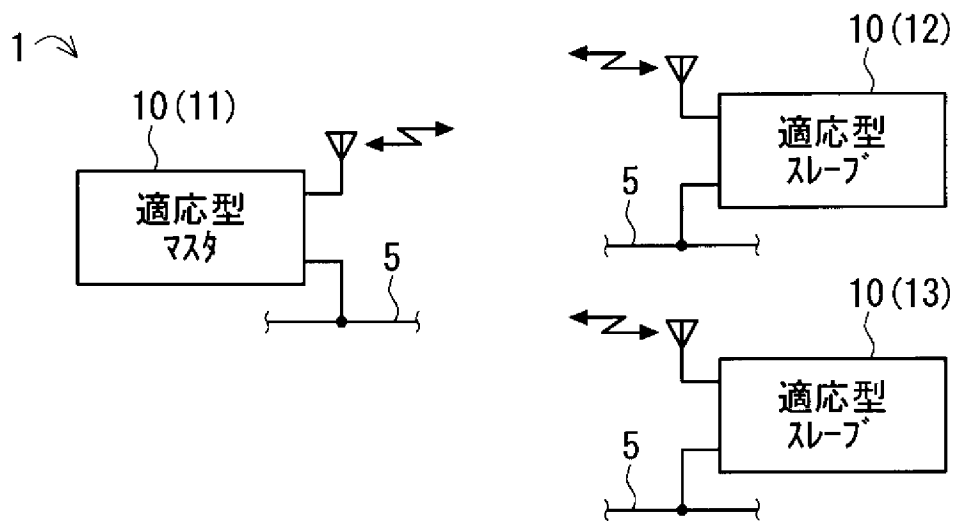
160 ↗



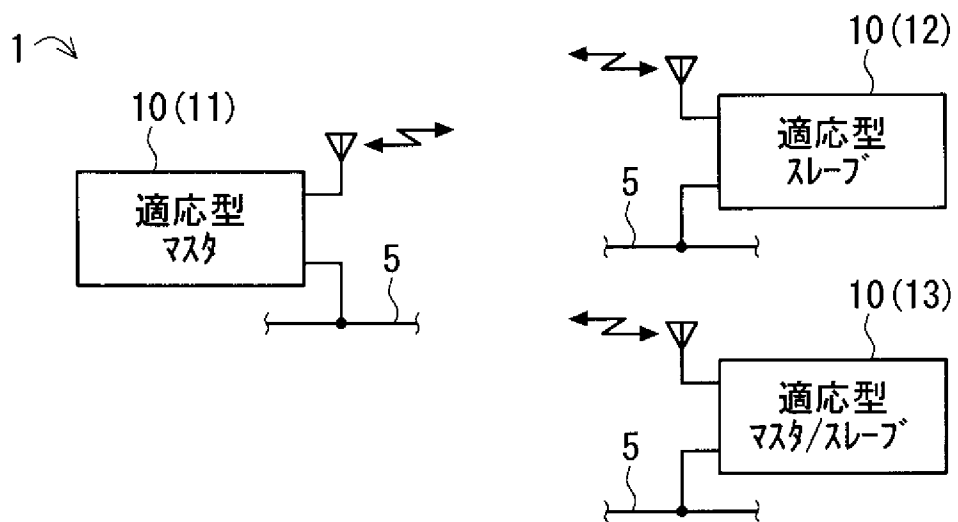
[図16]



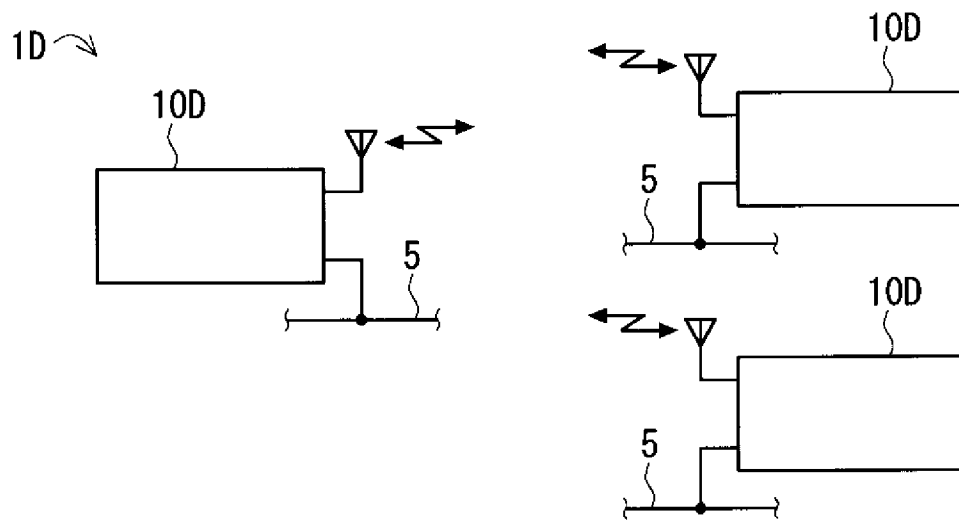
[図17]



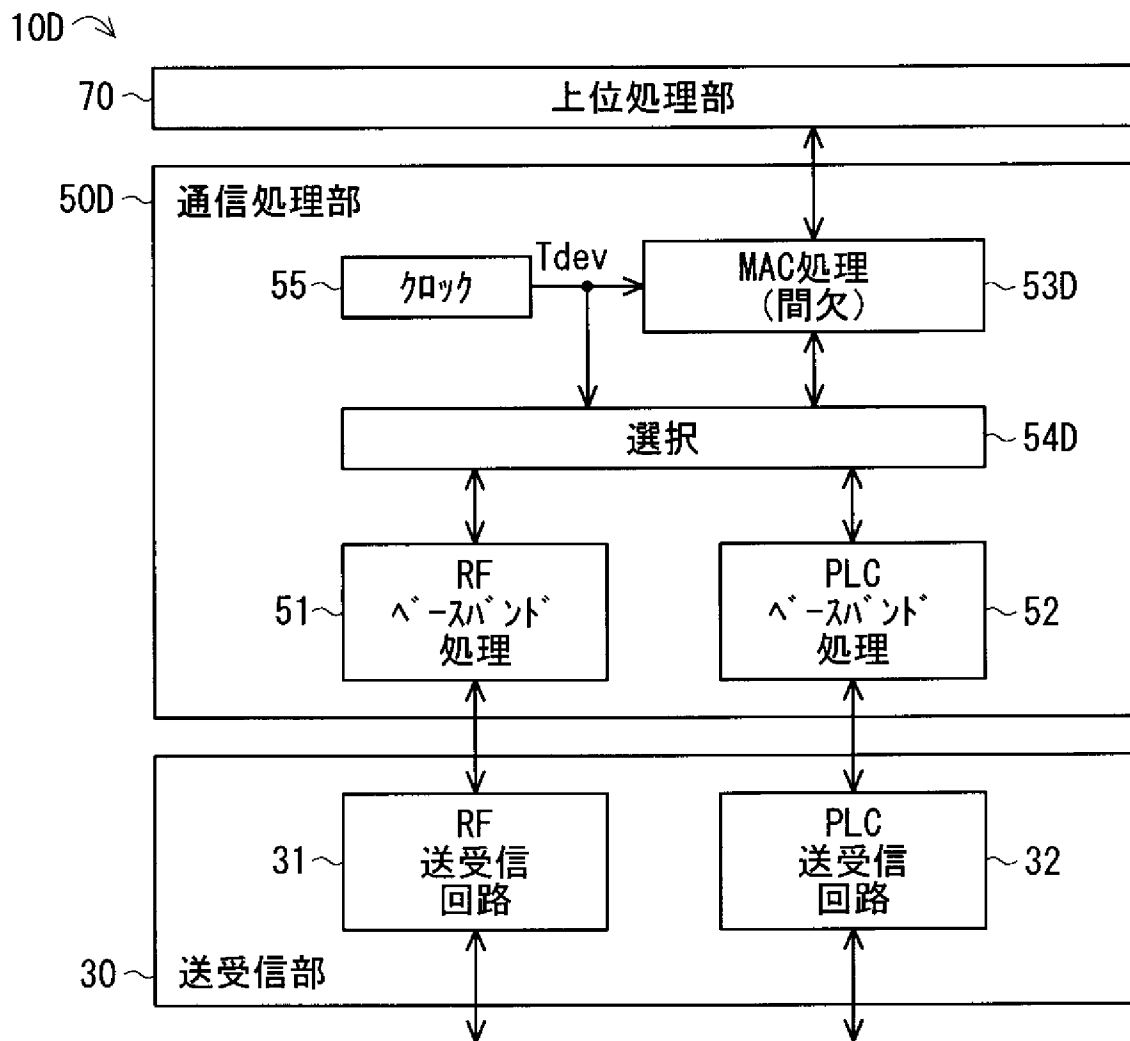
[図18]



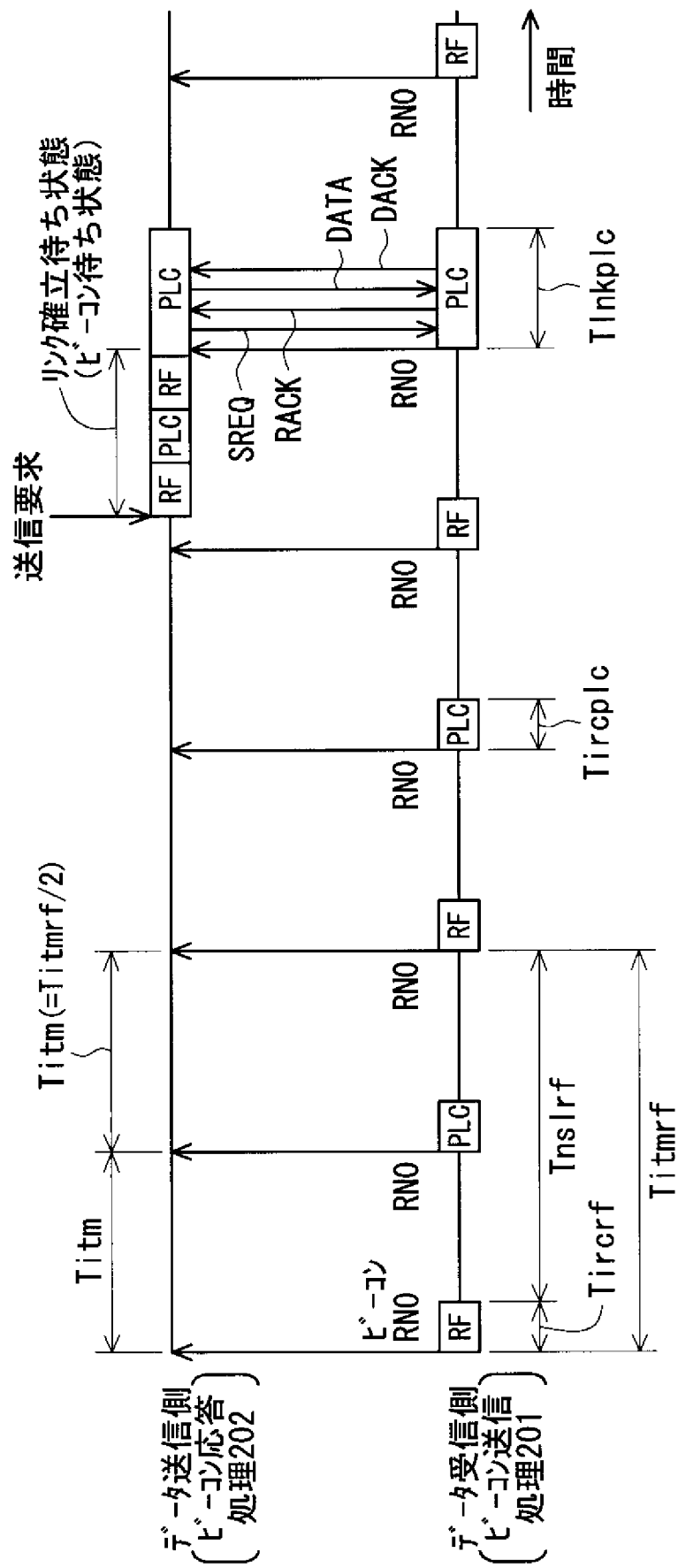
[図20]



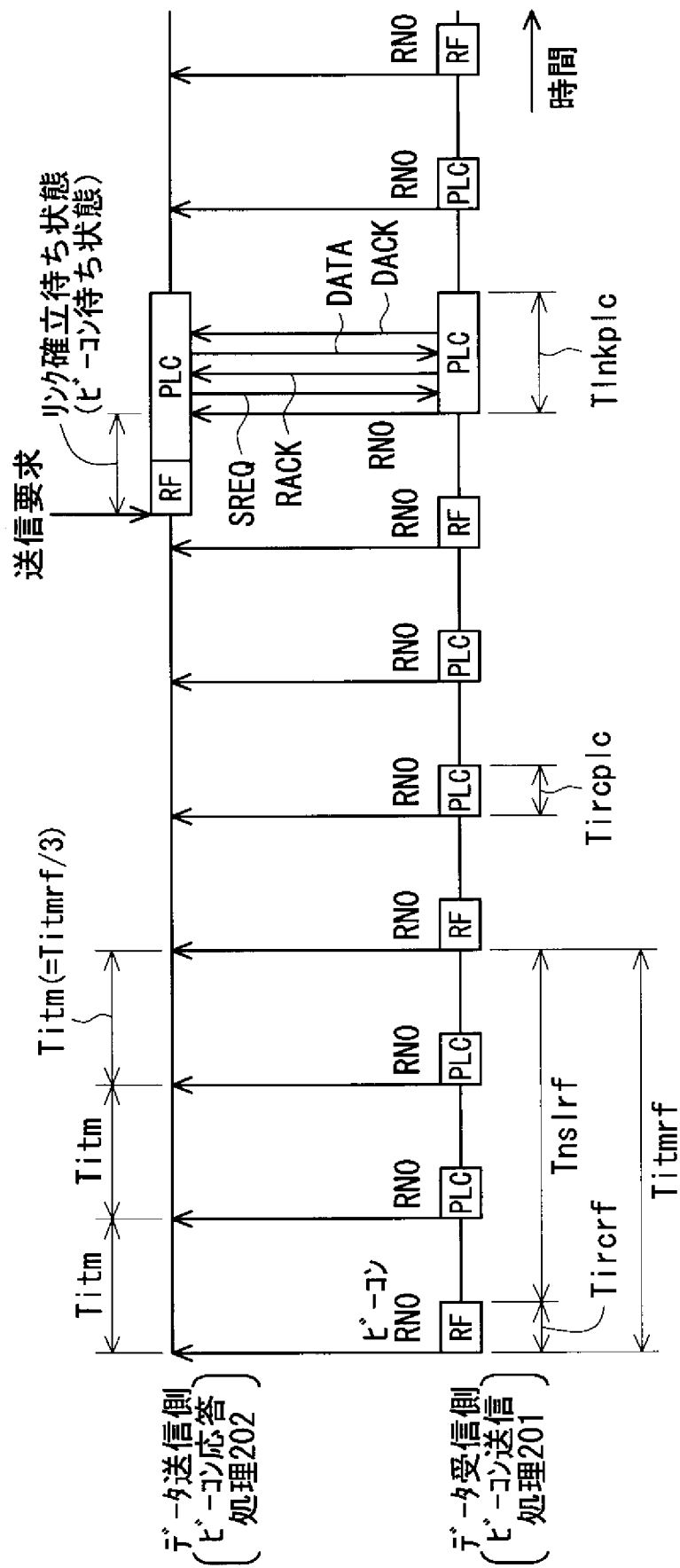
[図21]



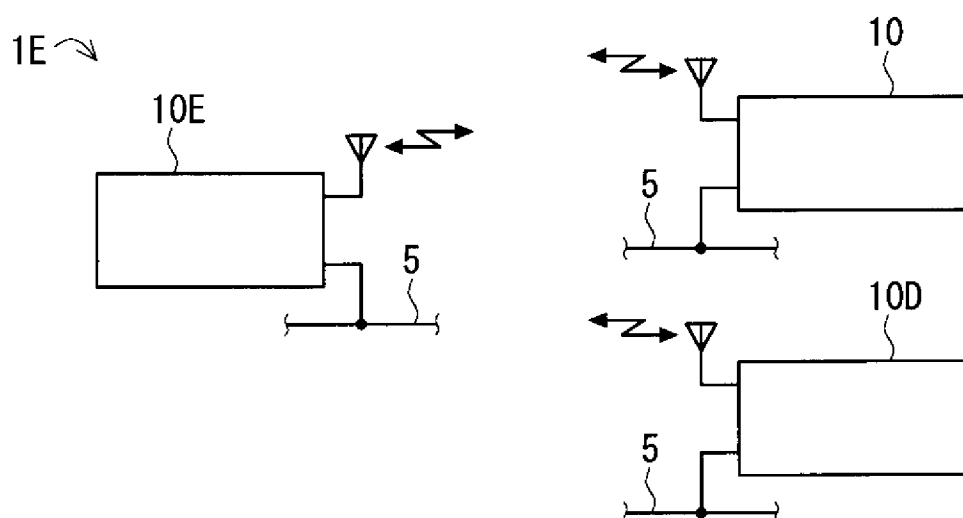
[図22]



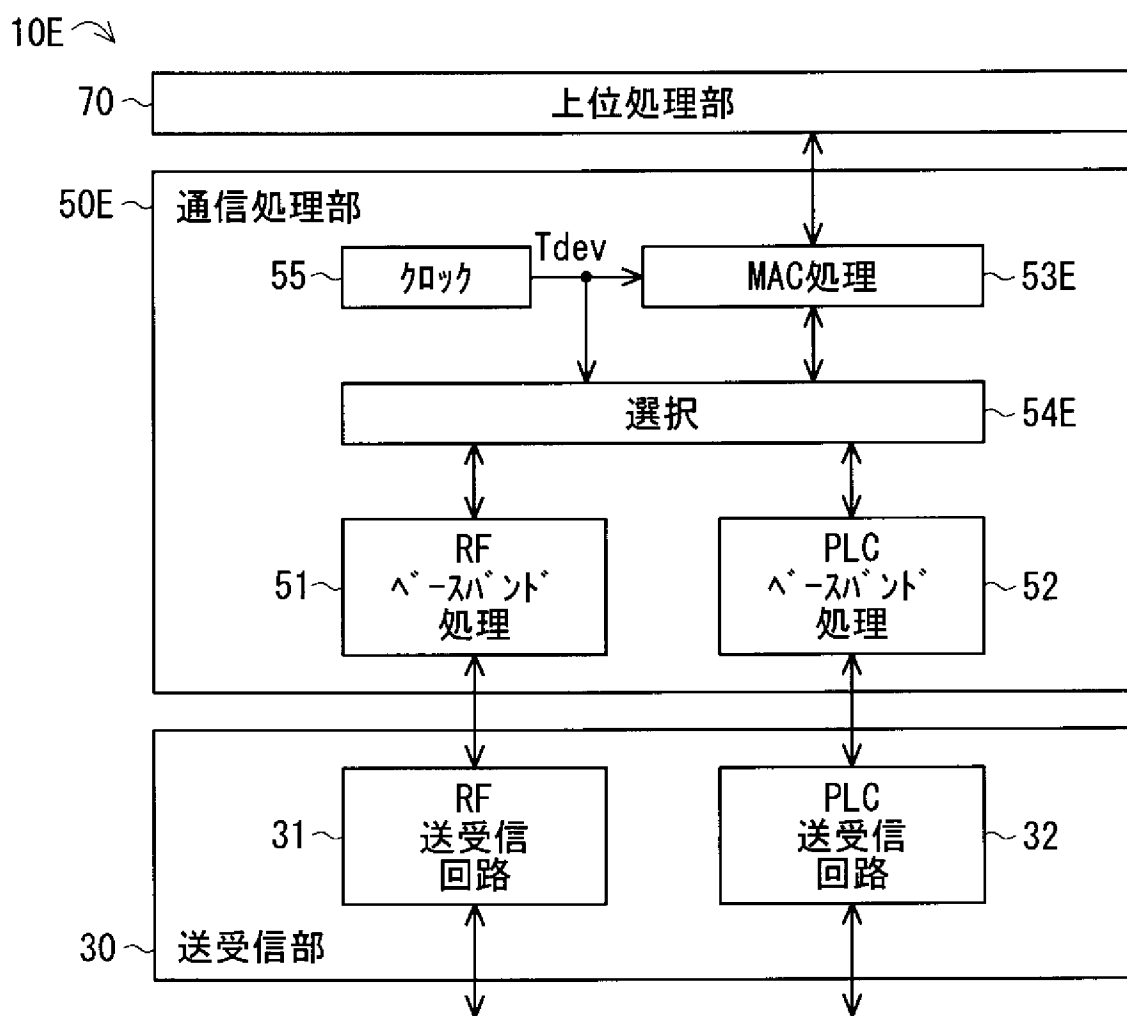
[図23]



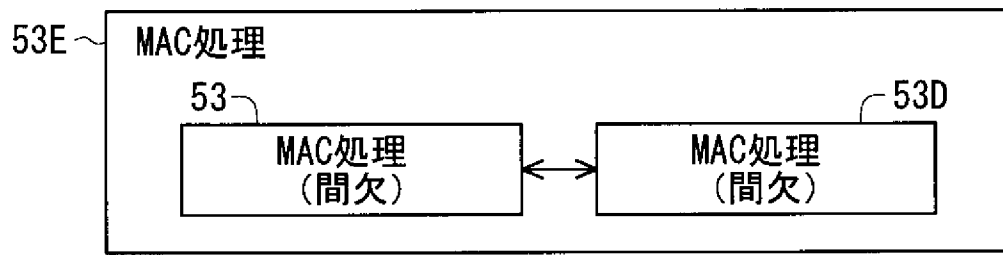
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/078004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W56/00 (2009.01) i, H04W4/00 (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)

H04W56/00, H04W4/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y A	WO 2002/091683 A1 (Sony Corp.), 14 November 2002 (14.11.2002), page 8, lines 11 to 23; page 12, lines 3 to 24; page 19, line 24 to page 20, line 19; fig. 1, 2, 4, 11, 15 & US 2003/0148767 A1 & EP 1387530 A1 & CN 1462527 A	1, 2, 4-9 3
Y A	JP 2006-109433 A (Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.), 20 April 2006 (20.04.2006), paragraphs [0018], [0019] & US 2006/0072694 A1	1, 2, 4-9 3

☐ 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
27 November, 2012 (27.11.12)Date of mailing of the international search report
11 December, 2012 (11.12.12)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. H04W56/00 (2009.01) i, H04W4/00 (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. H04W56/00, H04W4/00

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
Y A	WO 2002/091683 A1 (ソニー株式会社) 2002.11.14, 8 ページ 11-23 行, 12 ページ 3-24 行, 19 ページ 24 行-20 ページ 19 行, 図 1, 2, 4, 11, 15 & US 2003/0148767 A1 & EP 1387530 A1 & CN 1462527 A	1, 2, 4-9 3
Y A	JP 2006-109433 A (ミツビシ・エレクトリック・リサーチ・ラボラトリーズ・インコーポレイテッド) 2006.04.20, 18, 19 段落 & US 2006/0072694 A1	1, 2, 4-9 3

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

2 7 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 1 . 1 2 . 2 0 1 2

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)

中元 淳二

5 J

3 1 4 0

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