

(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
2015年5月21日(21.05.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/072023 A1

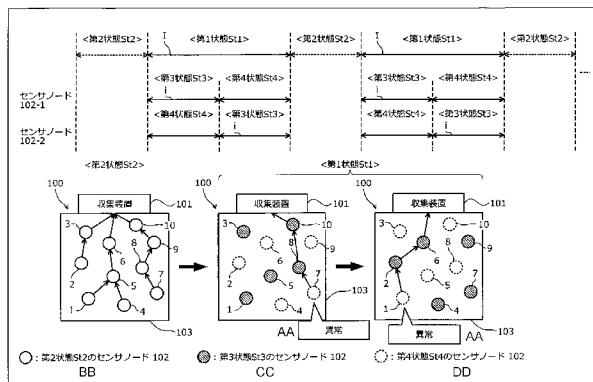
- (51) 国際特許分類:
H04W 4/04 (2009.01) H04W 84/18 (2009.01)
H04W 52/02 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/080943
- (22) 国際出願日: 2013年11月15日(15.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED)
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田
中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 大友 俊也 (OTOMO, Toshiya); 〒2118588
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 山下 浩一郎
(YAMASHITA, Koichiro); 〒2118588 神奈川県川崎
市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式
会社内 Kanagawa (JP). 鈴木 貴久 (SUZUKI,
Takahisa); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小
田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
Kanagawa (JP). 山内 宏真 (YAMAUCHI, Hiromasa);
〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁
目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 酒井 昭徳 (SAKAI, Akinori); 〒1006020 東
京都千代田区霞が関3丁目2番5号 霞が関ビ
ルディング20階 酒井総合特許事務所 Tokyo
(JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: SYSTEM, COMMUNICATION NODE, AND SWITCHING METHOD

(54) 発明の名称: システム、通信ノード、および切り替え方法

[図1]



101... COLLECTION APPARATUS
102-1, 102-2... SENSOR NODES
S1... FIRST STATE
S2... SECOND STATE
S3... THIRD STATE
S4... FOURTH STATE
AA... TROUBLE
BB... SENSOR NODE 102 IN THE SECOND STATE S2
CC... SENSOR NODE 102 IN THE THIRD STATE S3
DD... SENSOR NODE 102 IN THE FOURTH STATE S4

(57) Abstract: Each of a plurality of sensor nodes (102) alternately switches, during the same time, between a first state (St1) in which, if a prescribed trouble occurs in the local sensor node (102), the local sensor node (102) would transmit, to a collection apparatus (101), a trouble notification signal notifying that the trouble has occurred in the local sensor node (102) and a second state (St2) in which the local sensor node (102) transmits, to a communication apparatus, data signals different from the trouble notification signal. During a partial interval (i) included in each of a plurality of intervals (I) of the first state (St1), the local sensor node (102) exhibits a third state (St3) in which the local sensor node (102) would receive a trouble notification signal transmitted from one of the plurality of sensor nodes (102) other than the local sensor node (102) and transfer the received trouble notification signal. During an interval different from the partial interval (i) and included in each of the plurality of intervals (I) of the first state (St1), the local sensor node (102) exhibits a fourth state (St4) in which the local sensor node (102) receives no trouble notification signal.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/072023 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, 添付公開書類:
MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

複数のセンサノード(102)は、同時期に各々が、自センサノード(102)において所定の異常が発生した場合に異常が発生したことを通知する異常通知信号を収集装置(101)へ送信する第1状態(S t 1)と、異常通知信号と異なるデータ信号を通信装置へ送信する第2状態(S t 2)と、を交互に切り替える。センサノード(102)は、第1状態(S t 1)の期間(I)の各々では、第1状態(S t 1)の期間(I)に含まれる一部の期間(i)に複数のセンサノード(102)のうち自センサノード(102)以外のセンサノード(102)から送信される異常通知信号を受信し、受信した異常通知信号を転送する第3状態(S t 3)となる。センサノード(102)は、第1状態(S t 1)の期間(I)の各々では、第1状態(S t 1)の期間(I)に含まれる一部の期間(i)と異なる期間に異常通知信号を受信しない第4状態(S t 4)となる。

明 細 書

発明の名称： システム、通信ノード、および切り替え方法

技術分野

[0001] 本発明は、システム、通信ノード、および切り替え方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、センサネットワークシステムでは、多数の無線のセンサノードによってセンサノードが設けられた領域の環境の変化などを検出することが公知である。また、従来、センサノード間のマルチホップ通信によるリレー転送によって直接接続されていないセンサノードにデータを送信する技術が公知である。

[0003] また、従来、リレー転送を行う場合に、定期的に周辺のセンサノードと中継処理を行っているか否かの情報を交換し、周辺に中継処理を行うノードがない場合に常時受信機能動作状態とし、中継端末がある場合に定期受信期間以外スリープ状態とする技術が公知である（例えば、以下特許文献1参照。）。これにより、一部のセンサノードによって集計処理が行われるようになる。

[0004] また、従来、消費電力量を低減させるために、隣接ノードのスリープ情報や残留エネルギー情報に基づいて、スリープ状態となる期間を決定する技術が公知である（例えば、以下特許文献2参照。）。

[0005] また、従来、マルチホップ通信によってデータを転送するセンサネットワークにおいて、基地局から距離に応じて端末をグループ分けし、一定周期で通信するとき以外はスリープ状態にし、緊急情報を検知した端末は情報発信の周期を短くする技術が公知である（例えば、以下特許文献3参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2011-49676号公報

特許文献2：特開2004-336779号公報

特許文献3：特開2009-86697号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、例えばセンサノードが間欠動作を行う場合に、センサノードによって検出された異常を休止期間中にも通知するためには休止期間中にセンサノードの受信回路を起動することになり、消費電力が多くなるという問題がある。

[0008] 1つの側面では、本発明は、消費電力の低減を図ることができるシステム、通信ノード、および切り替え方法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

[0009] 本発明の一側面によれば、自通信ノードにおいて所定の異常が発生した場合に前記異常が発生したことを通知する異常通知信号を通信装置へ送信する第1状態と、前記異常通知信号と異なるデータ信号を前記通信装置へ送信する第2状態と、を各々が同時期に交互に切り替える複数の通信ノードに含まれ、前記第1状態の期間の各々では、前記第1状態の期間に含まれる一部の期間に前記複数の通信ノードのうち自通信ノード以外の通信ノードから送信される前記異常通知信号を受信し、受信した前記異常通知信号を転送する第3状態となり、前記第1状態の期間に含まれる前記一部の期間と異なる期間に前記異常通知信号を受信しない第4状態となるシステム、通信ノード、および切り替え方法が提案される。

発明の効果

[0010] 本発明の一態様によれば、消費電力の低減を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本発明にかかるシステムの動作例を示す説明図である。

[図2]図2は、本発明にかかるシステム例を示す説明図である。

[図3]図3は、センサノード102のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図4]図4は、センサノード102の前提動作例を示す説明図である。

[図5]図5は、サーバ201および収集装置101のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図6]図6は、各信号のパケット構成例を示す説明図である。

[図7]図7は、各動作における構成要素の電力状態を示す説明図である。

[図8]図8は、センサノード102の機能的構成例を示す説明図である。

[図9]図9は、サーバ201の機能的構成例を示す説明図である。

[図10]図10は、収集装置101の機能的構成例を示す説明図である。

[図11]図11は、交代例を示す説明図である。

[図12]図12は、交代回数の決定例を示す説明図である。

[図13]図13は、交代順登録信号の転送例を示すシーケンス図である。

[図14]図14は、ホップ数と登録された順番の例を示す説明図である。

[図15]図15は、定期測定と見張り時間とを示す説明図である。

[図16]図16は、定期測定後の見張りノードの遷移例を示す説明図である。

[図17]図17は、センサノード102が行う信号受信時の処理手順例を示すフローチャートである。

[図18]図18は、センサノード102が行うタイマ割り込み時の処理手順例を示すフローチャートである。

[図19]図19は、センサノード102が行う緊急イベント発生時の処理手順例を示すフローチャートである。

[図20]図20は、サーバ201が行う処理手順例を示すフローチャートである。

[図21]図21は、収集装置101が行う処理手順例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に添付図面を参照して、本発明にかかるシステム、通信ノード、および切り替え方法の実施の形態を詳細に説明する。

[0013] 図1は、本発明にかかるシステムの動作例を示す説明図である。システム

100は、センサと小型の無線通信回路を有するセンサノード102がセンサネットワークを形成し、センサのデータを収集できるセンサネットワークシステムである。システム100は、複数のセンサノード102と、収集装置101と、を有する。センサノード102は、センサを有する無線の通信ノードであり、配置領域103に設けられる。例えば、センサノード102は、自発電によって得られた電力をバッテリーに充電する。収集装置101は、複数のセンサノード102からセンサのデータを収集するための通信装置である。システム100の詳細例については、図2に示す。

[0014] 複数のセンサノード102は、同時期に各々が、第1状態 S_t1 と、第2状態 S_t2 と、を交互に切り替える。例えば、第1状態 S_t1 は、自センサノード102において所定の異常が発生した場合に異常が発生したことを通知する異常通知信号を収集装置101へ送信する状態である。所定の異常とは、例えば、配置領域103の環境の急激な変化などの緊急度の高いような異常である。ここで、異常通知信号は、例えば、緊急イベント信号と称する。第2状態 S_t2 は、緊急イベント信号と異なるデータ信号を収集装置101によって送信する状態である。ここでは、緊急イベント信号の通知先と、データ信号の通知先を同じ収集装置101にしているが、異なる装置あってもよい。

[0015] 第2状態 S_t2 は、センサノード102の各部に電源が供給された起動状態である。具体的に、まず、第2状態 S_t2 は、センサノード102が、センサノード102が有するセンサによって測定を行い、測定値を通知するデータ信号を通信装置へ送信する状態である。また、第2状態 S_t2 では、センサノード102は、他のセンサノード102から送信されたデータ信号を転送する。ここで、第2状態 S_t2 における処理を定期測定と称する。各センサノード102は、図4に示すような間欠動作を行うため、第2状態 S_t2 における測定およびデータ送信によりバッテリーの電力を大幅に消耗してしまう。そこで、本実施の形態では、第1状態 S_t1 の期間Iに自センサノード102が有するバッテリー充電を行う。

[0016] センサノード102は、第1状態 $S_t 1$ の期間 I の各々では、第1状態 $S_t 1$ の期間 I に含まれる一部の期間 i に第3状態 $S_t 3$ となる。第3状態 $S_t 3$ は、複数のセンサノード102のうち自センサノード102以外のセンサノード102から送信される緊急イベント信号を受信し、受信した緊急イベント信号を転送する状態である。また、センサノード102は、第1状態 $S_t 1$ の期間 I の各々では、第1状態 $S_t 1$ の期間 I に含まれる一部の期間 i と異なる期間に緊急イベント信号を受信しない第4状態 $S_t 4$ となる。第3状態 $S_t 3$ は後述する見張り状態であり、第4状態 $S_t 4$ は後述するスリープ状態である。

[0017] 例えば、第3状態 $S_t 3$ は、センサノード102が有する受信部に電源が供給される状態であり、第4状態 $S_t 4$ は、センサノード102が有する受信部に電源が供給されない状態である。これにより、第3状態 $S_t 3$ では、センサノード102が緊急イベント信号を受信し、第4状態 $S_t 4$ ではセンサノード102が緊急イベント信号を受信しないようになる。

[0018] また、各センサノード102は、データ信号を第1送信電力によって送信する。各センサノード102は、緊急イベント信号を第1送信電力よりも大きい第2送信電力によって送信する。これにより、稼働しているセンサノード102の数が少なくても、より遠くに緊急イベント信号を送信することができるため、より少ない回数によって緊急イベント信号が収集装置101へ到達可能となる。

[0019] また、一部の期間 i の長さの一部の期間 i と異なる期間の長さとの第1比率は、第2送信電力による緊急イベント信号の到達距離と第1送信電力によるデータ信号の到達距離との第2比率に応じた値である。第2比率は後述する交代回数 n である。図1の例では、緊急イベント信号の到達距離がデータ信号の到達距離の2倍であれば、第2比率は2となる。そのため、第1比率は、 $1 / \text{第2比率}$ であり、一部の期間 i の長さを第1状態 $S_t 1$ の期間 I の長さ $/ \text{第2比率}$ とする。これにより、各センサノード102がより短い期間だけ第3状態 $S_t 3$ となるため、消費電力量を低減させることができる。

[0020] また、センサノード102は、運用前に、一部の期間iの開始時刻を、収集装置101から送信された信号がセンサノード102に到達するまでのホップ数と第1比率によって決定する。

[0021] 例えば、センサノード102-1は、第2状態St2の後に第3状態St3となる。そして、センサノード102-1は、第3状態St3の後に第4状態St4となる。つぎに、センサノード102-1は、第4状態St4の後に再度第2状態St2となる。このように、センサノード102-1は、第2状態St2、第3状態St3、第4状態St4の順に切り替えられる。また、センサノード102-3とセンサノード102-5とセンサノード102-8とセンサノード102-10とはセンサノード102-1と同様の状態遷移である。

[0022] 例えば、センサノード102-2は、第2状態St2の後に第4状態St4となる。そして、センサノード102-2は、第4状態St4の後に第3状態St3となる。つぎに、センサノード102-2は、第3状態St3の後に再度第2状態St2となる。このように、センサノード102-2は、第2状態St2、第4状態St4、第3状態St3の順に切り替えられる。また、センサノード102-4とセンサノード102-6とセンサノード102-7とセンサノード102-9とはセンサノード102-2と同様の状態遷移である。

[0023] 図2は、本発明にかかるシステム例を示す説明図である。システム100では、複数の無線のセンサノード102によって測定された測定値を収集するなどによってセンサノード102が設けられた配置領域103の環境の変化などを検出する。

[0024] 具体的に、システム100は、サーバ201と、ゲートウェイ202と、収集装置101と、複数のセンサノード102と、を有する。サーバ201とゲートウェイ202とは、インターネットなどのネットワークNETを介して接続される。また、図示していないが、各装置がネットワークNETを介して利用者端末と接続されてもよい。

[0025] サーバ201は、測定値の収集、蓄積、解析などを行い、ゲートウェイ202、収集装置101、センサノード102などのシステム100全体を制御する。ゲートウェイ202は、サーバ201と利用者端末とが接続されたネットワークNETと、複数のセンサノード102と収集装置101とによるセンサネットワークSNETと、の間の信号のやり取りを中継する。例えば、収集装置101は、センサノード102と通信を行うことにより測定値を収集し、収集結果をサーバ201へ通知する。また、収集装置101は、例えば、センサノード102に指示を出してもよい。複数のセンサノード102は、配置領域103の各位置の状態を測定する通信ノードである。また、複数のセンサノード102は、無線により周囲のセンサノード102や収集装置101と通信可能である。

[0026] (センサノード102のハードウェア構成例)

図3は、センサノード102のハードウェア構成例を示すブロック図である。センサノード102は、センサ301と、MCU (Micro Control Unit) 302と、タイマ303と、ROM (Read Only Memory) 304と、RAM (Random Access Memory) 305と、不揮発メモリ306と、を有する。また、センサノード102は、無線回路308と、アンテナ309と、電源管理ユニット310と、バッテリー311と、ハーベスタ312と、などを有する。また、センサノード102は、センサ301と、MCU 302と、タイマ303と、ROM 304と、RAM 305と、不揮発メモリ306と、を接続する内部バス307を有する。また、図3中、点線の矢印は電源線を示し、実線の矢印は信号線を示す。

[0027] センサ301は、設置箇所における所定の変位量を検出する。センサ301は、例えば、設置箇所の圧力を検出する圧電素子や、温度を検出する素子、光を検出する光電素子などを用いることができる。図3に示すように、センサ301は複数種類設けられていてもよい。機能に応じて、定期測定用のセンサ301-1と緊急イベント用のセンサ301-2などのように測定タ

イミングを分けてもよい。定期測定では、各センサノード１０２は、第１所定間隔ごとにセンサ３０１－１によって測定を行い、測定値を収集装置１０１に通知する。緊急イベント用の測定では、各センサノード１０２は、第１所定間隔よりも短い第２所定間隔ごとにセンサ３０１－２によって測定を行い、測定値によって異常の有無を判定する。緊急イベント用の測定では、各センサノード１０２は、異常があると判定した場合に、緊急的に異常が発生したことを収集装置１０１に通知する。

[0028] MCU 302は、例えばROM 304に記憶されたプログラムをRAM 305にロードして実行することにより、センサノード１０２の全体の制御やデータ処理を行う制御部である。例えば、MCU 302は、センサ３０１が検出したデータを処理する。タイマ３０３は、例えば、MCU 302などによって設定された時間をカウントする。本実施の形態では、例えば、タイマ３０３は、自発的にセンサ３０１によってセンシングするためのセンシング間隔をカウントする。また、例えば、タイマ３０３は、後述する実施例２において、近距離無線回路を停止する所定期間をカウントする。

[0029] ROM 304は、MCU 302が実行するプログラムなどを格納する記憶部である。RAM 305は、MCU 302における処理の一時データを格納する記憶部である。不揮発メモリ３０６は、書き込み可能なメモリであって、電力供給が途絶えたときなどにおいても書き込まれた所定のデータを保持する記憶部である。例えば、書き込み可能な不揮発メモリ３０６としては、フラッシュメモリが挙げられる。ROM 304、不揮発メモリ３０６などの記憶部には、例えば、交代順などが記憶される。

[0030] アンテナ３０９は、他のセンサノード１０２やゲートウェイ２０２と無線通信する電波を送受信する。例えば、無線回路３０８は、RF (Radio Frequency) である。無線回路３０８は、アンテナ３０９を介して受信した無線電波を受信信号として出力する受信回路３２２と、送信信号を無線電波としてアンテナ３０９を介して送信する送信回路３２１と、を有する。送信回路３２１の送信電力はMCU 302によって切り替え可能であ

る。本実施の形態では、例えば、送信回路 3 2 1 は、第 1 送信電力と第 2 送信電力との少なくとも 2 つの送信電力に切り替え可能とする。例えば、第 1 送信電力は、近距離に配置されたセンサノード 1 0 2 に送信信号が直接通信可能な電力である。例えば、第 2 送信電力は、第 1 送信電力よりも強い送信電力であって、収集装置 1 0 1 までに送信信号が直接通信可能な電力である。第 1 送信電力と第 2 送信電力については、センサノード 1 0 2 の配置領域 1 0 3、センサノード 1 0 2 の配置数、収集装置 1 0 1 の配置位置などに基づいて決定される。また、本実施の形態では、例えば、送信回路 3 2 1 の各送信電力は、予め定められた距離までに信号が到達可能となるように設定される。ここで、第 1 送信電力による電波の到達可能な距離を第 1 電波到達距離とも呼び、送信回路 3 2 1 の第 2 送信電力による電波が到達する距離を第 2 電波到達距離とも呼ぶ。

[0031] ハーベスタ 3 1 2 は、センサノード 1 0 2 の設置箇所における外部環境、例えば、光、振動、温度、無線電波などのエネルギー変化に基づき発電を行う。図 3 の例では、ハーベスタ 3 1 2 が 1 つだけ設けられているが、これに限らず、同一種類のハーベスタ 3 1 2 が複数設けられていてもよいし、異なる種類のハーベスタ 3 1 2 が複数設けられていてもよい。ハーベスタ 3 1 2 は、センサ 3 0 1 によって検出された変位量に応じて発電を行ってもよいし、無線回路 3 0 8 によって受信された受信電波の変位量に応じて発電を行ってもよい。バッテリー 3 1 1 は、ハーベスタ 3 1 2 により発電された電力を蓄える。すなわち、センサノード 1 0 2 は、一次電池や外部電源などが設けられず、動作に要する電力を自装置の内部で生成する。電源管理ユニット 3 1 0 は、バッテリー 3 1 1 によって蓄えられた電力を、センサノード 1 0 2 の各部に駆動電源として供給する制御を行う。

[0032] 図 4 は、センサノード 1 0 2 の前提動作例を示す説明図である。ここで、各センサノード 1 0 2 は、間欠動作を行う。間欠動作では、各センサノード 1 0 2 は、所定時間ごとに、スリープ状態から起動する。所定時間については、利用者によって定められる。そして、各センサノード 1 0 2 は、起動後

に、配置箇所の状態をセンサ301-1によって測定する。つぎに、各センサノード102は、測定された測定値を収集装置101に送信する。各センサノード102は、測定値を収集装置101に送信後に、スリープ状態へ移行する。ここで、起動中については、起動状態と称する。また、ここでの起動状態は図1に示した第2状態St2である。また、図4の(a)に示すように、各センサノード102では、起動状態において、MCU302による処理、送信回路321による無線送信、受信回路322による受信などによってバッテリー311の残量が減る。これに対して、各センサノード102では、スリープ状態において、充電によりバッテリー311の残量が増加する。

[0033] また、図4の(b)に示すように、複数のセンサノード102は、起動状態において、各センサノード102が有するセンサ301の測定値を収集装置101へ通知するデータ信号についてはマルチホップ通信によりリレー転送する。また、上述したように、各センサノード102は、起動状態において、送信回路321の送信電力を第1送信電力とする。

[0034] (サーバ201および収集装置101のハードウェア構成例)

図5は、サーバ201および収集装置101のハードウェア構成例を示すブロック図である。サーバ201と収集装置101とは、同様の構成であってもよい。同一構成として説明するが、これに限らず、異なる構成であってもよい。サーバ201と収集装置101とのいずれかを指すために、図5では、単に装置500と称する。

[0035] 装置500は、センサノード102と異なり、外部電源に基づき動作する。装置500は、CPU(Central Processing Unit)501と、タイマ502と、ROM503と、RAM504と、ディスクドライブ505と、ディスク506と、I/O(Input/Output)回路507と、を有する。装置500は、CPU501と、タイマ502と、ROM503と、RAM504と、ディスクドライブ505と、I/O回路507と、を接続する内部バス511を有する。

[0036] ここで、CPU501は、装置500の全体の制御を司る制御部である。

ROM 503は、ブートプログラムなどのプログラムを記憶する記憶部である。RAM 504は、CPU 501のワークエリアとして使用される記憶部である。ディスクドライブ 505は、CPU 501の制御にしたがってディスク 506に対するデータのリード／ライトを制御する。ディスク 506は、ディスクドライブ 505の制御で書き込まれたデータを記憶する記憶部である。ディスク 506としては、磁気ディスク、光ディスクなどが挙げられる。装置 500がサーバ 201である場合、ROM 503やディスク 506などの記憶部には、図9に示す収集装置 101の識別情報や収集装置 101の配置位置などを含む収集装置リスト 910などが記憶される。また、装置 500がサーバ 201である場合、ROM 503やディスク 506などの記憶部には、送信回路 321の第1送信電力による電波の第1電波到達距離 r 、送信回路 321の第2送信電力による電波の第2電波到達距離 R などが記憶される。

[0037] また、I/O回路 507には、無線通信回路 508およびアンテナ 509が接続される。例えば、装置 500がサーバ 201であれば、無線通信回路 508およびアンテナ 509を介してゲートウェイ 202と無線通信することにより、収集装置 101と無線通信することができる。例えば、装置 500が収集装置 101であれば、無線通信回路 508およびアンテナ 509を介してセンサノード 102と無線通信することができる。

[0038] また、I/O回路 507にはネットワーク I/F 510が接続される。これにより、装置 500は、ネットワーク I/F 510を介して、TCP (Transmission Control Protocol) / IP (Internet Protocol) のプロトコル処理などにより、インターネットなどのネットワークを介して外部装置と通信を行うことができる。また、ネットワーク I/F 510による通信には、有線通信や無線通信を適用することができる。

[0039] また、図示していないが、キーボード、マウス、タッチパネルなどの入力装置を装置 500に設けてもよい。これにより、利用者が入力装置を介して

装置５００を直接操作することが可能となる。また、例えば、ディスプレイ、プリンタ、ブザーなどの出力装置を装置５００に設けてもよい。これにより、例えば、異常が発生した場合、異常の種類に応じて、装置５００が出力装置に異常であることを出力してもよい。

[0040] 図６は、各信号のパケット構成例を示す説明図である。まず、交代順登録信号Ｓ１は、スリープ状態において各センサノード１０２に受信回路３２２に電源を供給させる順序を登録する信号である。交代順登録信号Ｓ１は、収集装置１０１から各センサノード１０２へセンサノード１０２間のマルチホップ通信によりリレー転送される。

[0041] 交代順登録信号Ｓ１は、識別フラグと、ホップ数と、交代回数と、を有する。識別フラグは、交代順登録信号Ｓ１であることを示す情報であり、他の信号の識別フラグと重複しないように予め定められた値であり、例えば、０×０１などの固定値である。ホップ数は、収集装置１０１からセンサノード１０２までの間に経由した他のセンサノード１０２の数である。交代回数は、測定間隔において、複数のセンサノード１０２間で何回交代するかを示す数である。

[0042] 緊急イベント信号Ｓ２は、緊急的な異常が発生したことを収集装置１０１へ通知する信号である。緊急イベント信号Ｓ２は、識別フラグと、データと、を有する。識別フラグは、緊急イベント信号Ｓ２であることを示す情報であり、他の信号の識別フラグと重複しないように予め定められた値であり、例えば、０×１０などの固定値である。データとしては、例えば、異常が発生したセンサノード１０２の識別情報、緊急イベントの種類、測定値などが挙げられる。緊急イベントの種類とは、センサ３０１の種類であってもよい。上述した例では、緊急イベント用のセンサ３０１－２は１種類であるが、複数種類設けられていてもよいため、センサ３０１の種類が緊急イベント信号Ｓ２に含まれる。

[0043] データ信号Ｓ３は、測定値を収集装置１０１へ通知する信号である。データ信号Ｓ３は、識別フラグと、データと、を有する。識別フラグは、データ

信号 S 3 であることを示す情報であり、他の信号の識別フラグと重複しないように予め定められた値であり、例えば、0 x 1 1 などの固定値である。データとしては、測定値、測定したセンサノード 1 0 2 の識別情報などが挙げられる。また、図 6 には、各信号の構成の一例を示したが、これに限らず、種々変更可能である。

[0044] 図 7 は、各動作における構成要素の電力状態を示す説明図である。センサノード 1 0 2 の状態は、起動状態と、見張り状態と、スリープ状態と、がある。ここで、起動状態が上述したように図 1 に示した第 2 状態 S t 2 であり、見張り状態が図 1 に示した第 3 状態 S t 3 であり、スリープ状態が図 1 に示した第 4 状態 S t 4 である。また、MC U 3 0 2 の電力状態は、オン状態と、スリープ状態と、がある。オン状態とは、MC U 3 0 2 が各種処理可能な電圧が MC U 3 0 2 に供給される状態である。スリープ状態とは、MC U 3 0 2 やタイマ 3 0 3 が有する割り込み回路などには電力が供給されており、MC U 3 0 2 の演算などのメインの機能を有する回路などには電力が供給されていない状態である。また、MC U 3 0 2 が有する割り込み回路が割り込み信号を受け付けると、MC U 3 0 2 がオン状態になる。また、MC U 3 0 2 には、すべてに電力が供給されず、あらゆる動作ができないオフ状態があるが、本実施の形態ではオフ状態を利用しない。

[0045] また、受信回路 3 2 2 の電力状態はオン状態とオフ状態とがある。オン状態とは、受信回路 3 2 2 に電源が供給される状態である。オフ状態とは、受信回路 3 2 2 に電源が供給されない状態であり、電波の受信ができない状態である。また、センサ 3 0 1 の電力状態はオン状態とオフ状態とがある。オン状態とは、センサ 3 0 1 に電源が供給される状態である。オフ状態とは、センサ 3 0 1 に電源が供給されない状態である。

[0046] 例えば、センサノード 1 0 2 の状態が起動状態である場合、MC U 3 0 2 はオン状態であり、受信回路 3 2 2 はオン状態であり、定期測定用のセンサ 3 0 1 - 1 はオン状態であり、緊急イベント用のセンサ 3 0 1 - 2 はオン状態である。

[0047] 例えば、センサノード１０２の状態が見張り状態である場合、ＭＣＵ３０２はスリープ状態であり、受信回路３２２はオン状態であり、定期測定用のセンサ３０１－１はオフ状態であり、緊急イベント用のセンサ３０１－２はオン状態である。例えば、センサノード１０２の状態がスリープ状態である場合、ＭＣＵ３０２はスリープ状態であり、受信回路３２２はオフ状態であり、定期測定用のセンサ３０１－１はオフ状態であり、緊急イベント用のセンサ３０１－２はオン状態である。

[0048] (センサノード１０２の機能的構成例)

図８は、センサノード１０２の機能的構成例を示す説明図である。センサノード１０２は、制御部８０１と、受信部８０２と、送信部８０３と、電力制御部８０４と、記憶部８０５と、を有する。受信部８０２は、受信回路３２２によって実現される。送信部８０３は、送信回路３２１によって実現される。電力制御部８０４は、電源管理ユニット３１０によって実現される。記憶部８０５は、例えば、ＲＯＭ３０４やＲＡＭ３０５や不揮発メモリ３０６などによって実現される。制御部８０１は、例えば、ＭＣＵ３０２やタイマ３０３などによって実現される。また、制御部８０１の各処理は、例えば、ＭＣＵ３０２がアクセス可能な記憶部８０５に記憶されたプログラムにコーディングされている。そして、ＭＣＵ３０２が記憶部８０５からプログラムを読み出して、プログラムにコーディングされている処理を実行する。これにより、制御部８０１の各処理が実現される。また、各部の処理結果は、例えば、記憶部８０５に記憶される。

[0049] (サーバ２０１の機能的構成例)

図９は、サーバ２０１の機能的構成例を示す説明図である。サーバ２０１は、制御部９０１と、受信部９０２と、送信部９０３と、記憶部９０４と、を有する。受信部９０２および送信部９０３は、例えば、無線通信回路５０８によって実現される。制御部９０１は、ＣＰＵ５０１などによって実現される。また、制御部９０１の各処理は、例えば、ＣＰＵ５０１がアクセス可能な記憶部９０４に記憶されたプログラムにコーディングされている。そし

て、CPU 501 が記憶部 904 からプログラムを読み出して、プログラムにコーディングされている処理を実行する。これにより、制御部 901 の各処理が実現される。また、各部の処理結果は、例えば、記憶部 904 に記憶される。

[0050] (収集装置 101 の機能的構成例)

図 10 は、収集装置 101 の機能的構成例を示す説明図である。収集装置 101 は、制御部 1001 と、受信部 1002 と、送信部 1003 と、記憶部 1004 と、を有する。受信部 1002 および送信部 1003 は、例えば、無線通信回路 508 によって実現される。制御部 1001 は、CPU 501 などによって実現される。また、制御部 1001 の各処理は、例えば、CPU 501 がアクセス可能な記憶部 1004 に記憶されたプログラムにコーディングされている。そして、CPU 501 が記憶部 1004 からプログラムを読み出して、プログラムにコーディングされている処理を実行する。これにより、制御部 1001 の各処理が実現される。また、各部の処理結果は、例えば、記憶部 1004 に記憶される。

[0051] 図 11 は、交代例を示す説明図である。例えば、見張り状態であるセンサノード 102 を見張りノードとも呼び、スリープ状態であるセンサノード 102 をスリープノードとも呼ぶ。図 11 の (1) では、見張りノードはセンサノード 102-1 ~ センサノード 102-5 である。見張りノードは、受信回路 322 に電源が供給されてあるため、スリープノードよりもバッテリー 311 の電力消費量が多い。そのため、同一のセンサノード 102 が常時見張りノードであると、バッテリー 311 の電力が不足する可能性があるため、見張り状態とスリープ状態とが切り替えられる。そして、図 11 の (2) では、見張りノードがセンサノード 102-6 ~ センサノード 102-10 となり、センサノード 102-1 ~ センサノード 102-5 がスリープノードとなる。

[0052] このように、運用時に見張りノードを交代制にするために、サーバ 201 は、例えば運用開始時に見張り状態とスリープ状態とを切り替える交代回数

を決定する。そして、サーバ201は、決定した交代回数に基づいて複数のセンサノード102の各々に切り替える順を決定させる。

[0053] 図12は、交代回数の決定例を示す説明図である。まず、制御部901は、見張り状態とスリープ状態とを切り替える交代回数を決定する。例えば、図12の(a)に示すように、制御部901は、第1電波到達距離 r と第2電波到達距離 R との比によって交代回数 n を決定する。図12の例では、交代回数 n は R/r を超えない最大の実数である(図12中[]はガウス記号)。制御部901は、決定された交代回数 n を記憶部904に記憶する。

[0054] 図12の(b)に示すように、交代回数 n が4である場合を例に挙げると、センサノード102-12が最大の送信電力である第2送信電力 p_2 によって信号を送信した場合に、センサノード102-8~センサノード102-11については当該信号を受信可能である。そのため、センサノード102-8~センサノード102-11のうち、いずれかが見張りノードであればよい。また、センサノード102-8が第2送信電力 p_2 によって信号を送信した場合に、センサノード102-4~センサノード102-7については当該信号を受信可能である。そのため、センサノード102-4~センサノード102-7のうちのいずれかが見張りノードであればよい。

[0055] つぎに、制御部901は、収集装置リスト910に基づいて、複数の収集装置101からいずれか1つの収集装置101を選択する。そして、送信部903は、交代回数 n を含む交代順登録信号を複数のセンサノード102に送信させる指示を制御部901によって選択された収集装置101へ送信する。収集装置リスト910は、例えば、収集装置101の識別情報や収集装置101の配置位置などを含む。

[0056] つぎに、受信部1002は、送信部903からの指示を受信する。制御部1001は、受信部1002が受信した指示に基づいて、ホップ数を0にし、交代回数を n とした交代順登録信号 S_1 を生成する。そして、送信部1003は、生成した交代順登録信号 S_1 を複数のセンサノード102へ送信する。

[0057] 受信部802は、交代順登録信号S1を受信する。そして、制御部801は、交代順登録信号S1に含まれるホップ数を交代順登録信号S1に含まれる交代回数nによって除算した時の余りを算出する。制御部801は、算出した余りを順番dとして記憶部805に記憶する。そして、制御部801は、ホップ数を1カウントアップした交代順登録信号S1を生成する。つぎに、送信部803は、生成された交代順登録信号S1を送信する。

[0058] 図13は、交代順登録信号の転送例を示すシーケンス図である。上述したように、サーバ201は、収集装置101に複数のセンサノード102に交代順登録を行わせる指示を収集装置101に送信する（ステップS1301）。収集装置101は、交代順登録を行わせる指示を受信すると、複数のセンサノード102に交代順登録信号S1を送信する（ステップS1302）。例えば、センサノード102-0は、交代順登録信号S1を受信すると、受信した交代順登録信号S1に基づいて順番dを登録する。そして、例えば、センサノード102-0は、ホップ数を1カウントアップした交代順登録信号S1を転送する（ステップS1303）。

[0059] センサノード102-0と同様に、センサノード102-1は、交代順登録信号S1を受信すると、受信した交代順登録信号S1に基づいて順番dを登録する。そして、例えば、センサノード102-1は、ホップ数を1カウントアップした交代順登録信号S1を転送する（ステップS1304）。このようにリレー転送によりセンサノード102-Nまで交代順登録信号S1が送信される。

[0060] 図14は、ホップ数と登録された順番の例を示す説明図である。ここでは、交代回数nが4の場合を例に挙げる。例えば、センサノード102-0は、交代順登録信号S1に含まれるホップ数が0であるため、順番dは0となる。例えば、センサノード102-1は、交代順登録信号S1に含まれるホップ数が1であるため、順番dは1となる。例えば、センサノード102-2は、交代順登録信号S1に含まれるホップ数が2であるため、順番dは2となる。例えば、センサノード102-3は、交代順登録信号S1に含まれ

るホップ数が3であるため、順番dは3となる。例えば、センサノード102-4は、交代順登録信号S1に含まれるホップ数が4であるため、順番dは0となる。

[0061] また、図14の例では、センサノード102-4とセンサノード102-8とは順番dが0となる。図14の例では、センサノード102-5とセンサノード102-9とは順番dが1となる。図14の例では、センサノード102-6とセンサノード102-10とは順番dが2となる。図14の例では、センサノード102-7とセンサノード102-11とは順番dが3となる。

[0062] つぎに、運用中に、制御部801は、タイマ502によってカウントされた測定間隔ごとに、起動状態となり、センサ301-1によって定期測定を行う。制御部801は、センサ301-1によって測定した測定値を収集装置101に通知するデータ信号S3を生成する。制御部801は、送信部803の送信電力を第1送信電力p1にする。そして、送信部803は、第1送信電力p1によって、生成されたデータ信号S3を送信する。

[0063] また、受信部802は、複数のセンサノード102のうち自センサノード102以外のセンサノード102から、自センサノード102以外のセンサノード102によって測定された測定値を収集装置101に通知するデータ信号S3を受信する。制御部801は、送信部803の送信電力を第2送信電力p2にする。そして、送信部803は、第2送信電力p2によって、受信されたデータ信号S3を転送する。これにより、図4に示したように、センサノード102間のマルチホップ通信によって各データ信号が収集装置101へリレー転送される。

[0064] つぎに、定期測定が終了した後に、制御部801は、測定間隔と見張り時間とをタイマ502に設定する。そして、制御部801は、センサノード102の状態を起動状態からスリープ状態へ移行する指示を電力制御部804へ行う。電力制御部804は、センサノード102をスリープ状態へ移行するために、MCU302への供給する電源電圧を下げるように制御する。ま

た、電力制御部 804 は、受信回路 322 と定期測定用のセンサ 301-1 とへの電源の供給を行わないように制御する。ただし、緊急イベント用のセンサ 301-2 へは電源が供給されたままになる。

[0065] また、起動状態からスリープ状態に移行する直前に、制御部 801 は、送信部 803 の送信電力を第 2 送信電力 p_2 にしてもよい。これにより、センサノード 102 が見張り状態である場合に、制御部 801 がスリープ状態であっても、送信部 803 は最大の送信電力である第 2 送信電力 p_2 によって緊急イベント信号 S_2 を送信できる。

[0066] また、電力制御部 804 は、タイマ 303 によるカウントにより見張り開始時刻になると、センサノード 102 の状態をスリープ状態から見張り状態へ移行するために、受信回路 322 へ電源を供給する。そして、見張り状態である場合に、受信部 802 が緊急イベント信号 S_2 を受信すると、送信部 803 は、第 2 送信電力 p_2 によって、受信された緊急イベント信号 S_2 を送信する。

[0067] 電力制御部 804 は、タイマ 303 によるカウントにより見張り終了時刻になると、センサノード 102 の状態を見張り状態からスリープ状態へ移行するために、受信回路 322 への電源の供給を行わないように制御する。

[0068] また、運用中に、センサノード 102 が見張りノードとなる見張り開始時刻は以下式 (1) によって決まり、センサノード 102 が見張りノードからスリープノードとなる見張り終了時刻は以下式 (2) によって決まり、見張り時間は以下式 (3) によって決まる。

[0069] 見張り開始時刻 T_S = 定期測定後の $i \times d$ 秒後・・・(1)

見張り終了時刻 T_E = 定期測定後の $i \times (d + 1)$ 秒後・・・(2)

測定間隔 = I

見張り時間 = $i = I / n$ ・・・(3)

[0070] なお、測定間隔 I は、図 1 に示した第 1 状態 S_{t1} の期間 I と同じであり、見張り時間 i は図 1 に示した一部の期間 i と同じである。

[0071] 図 15 は、定期測定と見張り時間とを示す説明図である。各センサノード

102は、同時期に定期測定を行った後に、タイマ303によって測定間隔Iをカウントするとともに、タイマ303によって見張り開始時刻と見張り終了時刻とをカウントする。

[0072] 順番dが0であるセンサノード102-0とセンサノード102-4とは、見張り開始時刻TS0になると、起動状態から見張り状態となり、見張り終了時刻TE0になると、スリープ状態となる。また、見張り開始時刻TS0から見張り終了時刻TE0までの期間、順番dが1～3であるセンサノード102-1～センサノード102-3とセンサノード102-Nとはスリープ状態である。

[0073] 順番dが1であるセンサノード102-1は、見張り開始時刻TS1になると、スリープ状態から見張り状態となり、見張り終了時刻TE1になると、見張り状態からスリープ状態となる。また、見張り開始時刻TS1から見張り終了時刻TE1までの期間、順番dが0、2、3のいずれかであるセンサノード102-0とセンサノード102-2～センサノード102-4とセンサノード102-Nとはスリープ状態である。

[0074] 順番dが2であるセンサノード102-2は、見張り開始時刻TS2になると、スリープ状態から見張り状態となり、見張り終了時刻TE2になると、見張り状態からスリープ状態となる。また、見張り開始時刻TS2から見張り終了時刻TE2までの期間、順番dが0、1、3のいずれかであるセンサノード102-0とセンサノード102-1とセンサノード102-3とセンサノード102-4とセンサノード102-Nとはスリープ状態である。

[0075] 順番dが3であるセンサノード102-3とセンサノード102-Nは、見張り開始時刻TS3になると、スリープ状態から見張り状態となり、見張り終了時刻TE3になると、見張り状態から起動状態となる。見張り状態の後に起動状態になるのは、タイマ303による測定間隔Iのカウントが終了するためである。また、見張り開始時刻TS3から見張り終了時刻TE3までの期間、順番dが0、1、2のいずれかであるセンサノード102-0～

センサノード102-2とセンサノード102-4とはスリープ状態である。

[0076] 図16は、定期測定後の見張りノードの遷移例を示す説明図である。図16の例は、交代回数 n が4であり、収集装置101-3から交代順登録信号 $S1$ を送信した例である。図16の(1)では、定期測定を行った後、0秒後から i 秒後までの期間における見張りノードを示す。図16の(2)では、定期測定を行った後、 i 秒後から $2i$ 秒後までの期間における見張りノードを示す。図16の(3)では、定期測定を行った後、 $2i$ 秒後から $3i$ 秒後までの期間における見張りノードを示す。図16の(4)では、定期測定を行った後、 $3i$ 秒後から $4i$ 秒後までの期間における見張りノードを示す。

[0077] (センサノード102が行う処理手順例)

図17は、センサノード102が行う信号受信時の処理手順例を示すフローチャートである。まず、センサノード102は、信号を受信したか否かを判断する(ステップ $S1701$)。信号を受信していないと判断された場合(ステップ $S1701: No$)、センサノード102は、ステップ $S1701$ へ戻る。

[0078] 信号を受信したと判断された場合(ステップ $S1701: Yes$)、センサノード102は、受信した信号の種類を判断する(ステップ $S1702$)。受信した信号が緊急イベント信号であると判断された場合(ステップ $S1702: 緊急イベント$)、センサノード102は、第2送信電力 $p2$ によって、緊急イベント信号 $S2$ を転送し(ステップ $S1703$)、一連の処理を終了する。

[0079] 受信した信号が交代順登録信号 $S1$ であると判断された場合(ステップ $S1702: 交代順登録$)、センサノード102は、順番 $d =$ 受信した交代順登録信号 $S1$ に含まれるホップ数 $\%n$ を計算する(ステップ $S1704$)。「 $\%$ 」は除算結果の余りを示す。つぎに、センサノード102は、順番 d を記憶部805に登録する(ステップ $S1705$)。そして、センサノード1

02は、ホップ数をインクリメントする（ステップS1706）。センサノード102は、第1送信電力p1によって、インクリメント後のホップ数を含む交代順登録信号S1を転送し（ステップS1707）、一連の処理を終了する。

[0080] 受信した信号がデータ信号であると判断された場合（ステップS1702：データ）、センサノード102は、第1送信電力p1によって、データ信号S3を転送し（ステップS1708）、一連の処理を終了する。

[0081] 図18は、センサノード102が行うタイマ割り込み時の処理手順例を示すフローチャートである。まず、センサノード102は、タイマ割り込みを受け付けたかを判断する（ステップS1801）。タイマ割り込みを受け付けていない場合（ステップS1801：No）、センサノード102は、ステップS1801へ戻る。

[0082] タイマ割り込みを受け付けた場合（ステップS1801：Yes）、センサノード102は、割り込みの種類を判断する（ステップS1802）。受け付けたタイマ割り込みが測定間隔Iのカウントによるタイマ割り込みであると判断された場合（ステップS1802：測定間隔I秒）、センサノード102は、MCU302へ電源を供給することによって起動状態にし、定期測定を行う（ステップS1803）。定期測定については、センサ301による測定と、第1送信電力p1による測定値を含むデータ信号の送信と、他のセンサノード102との同期処理と、などが行われる。例えば、同期処理とは、測定開始から所定時間経過した後にスリープ状態または見張り状態に移行することを示す。各センサノード102によって測定間隔をカウントするため、データ信号の送信に誤差が生じる。そのため、測定開始時刻から各センサノード102によるデータ信号の送信が終了すると推測される所定時間経過する。そのため、同期処理を行うことにより、より多くのデータ信号が収集装置101まで到達可能となる。

[0083] センサノード102は、測定間隔I秒後と、見張り時間i×d秒後にタイマ割り込みが発生するようにタイマ303を設定する（ステップS1804

）。そして、センサノード102は、受信回路322への電源供給をやめ、MCU302への電源の電圧を下げることにより、スリープ状態に移行し（ステップS1805）、一連の処理を終了する。

[0084] また、受け付けたタイマ割り込みが見張り時間のカウントによるタイマ割り込みであると判断された場合（ステップS1802：見張り時間 $i \times d$ 秒）、センサノード102は、受信回路322へ電源を供給することにより、見張り状態に移行する（ステップS1806）。つぎに、センサノード102は、見張り時間 i 秒経過したか否かを判断する（ステップS1807）。見張り時間 i 秒経過していないと判断された場合（ステップS1807：No）、センサノード102は、ステップS1807へ戻る。

[0085] 見張り時間 i 秒経過したと判断された場合（ステップS1807：Yes）、センサノード102は、受信回路322へ電源を供給しないことにより、スリープ状態に移行となり（ステップS1808）、一連の処理を終了する。

[0086] 図19は、センサノード102が行う緊急イベント発生時の処理手順例を示すフローチャートである。センサノード102は、センサ301からの割り込み信号を受け付けたか否かを判断する（ステップS1901）。割り込み信号を受け付けていないと判断された場合（ステップS1901：No）、センサノード102は、ステップS1901へ戻る。

[0087] 割り込み信号を受け付けたと判断された場合（ステップS1901：Yes）、センサノード102は、センサ301から測定値を取得する（ステップS1902）。センサノード102は、取得した測定値やセンサ301の種類を有する緊急イベント信号を送信する（ステップS1903）。そして、センサノード102は、スリープ状態へ移行し（ステップS1904）、一連の処理を終了する。

[0088] （サーバ201が行う処理手順例）

図20は、サーバ201が行う処理手順例を示すフローチャートである。サーバ201は、交代回数 n を計算する（ステップS2001）。サーバ2

01は、収集装置101を1つ選択し、選択した収集装置101へ交代順登録を指示する（ステップS2002）。つぎに、サーバ201は、定期測定を行う（ステップS2003）。定期測定では、収集された各センサノード102の測定値に基づいて、配置領域103の状態などを観測する。

[0089] つぎに、サーバ201は、緊急イベントがあるか否かを判断する（ステップS2004）。緊急イベントがあると判断された場合（ステップS2004：Yes）、サーバ201は、緊急イベントを処理し（ステップS2005）、ステップS2006へ移行する。

[0090] 緊急イベントがないと判断された場合（ステップS2004：No）、サーバ201は、所定時間経過したか否かを判断する（ステップS2006）。所定時間とは、上述した測定間隔Iである。例えば、サーバ201は、タイマ502によって測定間隔Iをカウントしてもよい。所定時間経過していないと判断された場合（ステップS2006：No）、サーバ201は、ステップS2004へ戻る。一方、所定時間経過したと判断された場合（ステップS2006：Yes）、サーバ201は、ステップS2003へ戻る。

[0091] （収集装置101が行う処理手順例）

図21は、収集装置101が行う処理手順例を示すフローチャートである。収集装置101は、信号を受信したか否かを判断する（ステップS2101）。受信していないと判断された場合（ステップS2101：No）、収集装置101は、ステップS2101へ戻る。一方、緊急イベント信号を受信したと判断された場合（ステップS2101：緊急イベント）、収集装置101は、緊急イベントをサーバ201に通知し（ステップS2102）、一連の処理を終了する。

[0092] また、収集装置101は、交代順登録信号を受信したと判断された場合（ステップS2101：交代順登録）、収集装置101は、ホップ数を0、交代回数をnとして交代順登録信号を送信し（ステップS2103）、一連の処理を終了する。

[0093] 以上説明したように、例えば、センサノードが間欠動作を行う場合に、セ

ンサノード１０２によって検出された異常を休止期間中にも通知するためには休止期間中にセンサノード１０２の受信回路を起動することになり、消費電力が多くなるという。このため、たとえば、休止期間中に充電を行っていても、次回起動時のバッテリー残量が不足する場合がある。そこで、本実施の形態にかかるシステム１００では、周期的な充電期間中に、センサノード１０２ごとに受信回路の動作状態と休止状態とを切り替えて、該動作状態の一部のセンサノード１０２により異常通知信号の転送を行う。これにより、消費電力を抑えつつ充電期間中の異常通知を行うことが可能となる。動作状態とは上述した見張り状態である。

[0094] また、各センサノード１０２は、データ信号を第１送信電力によって送信する。各センサノード１０２は、異常通知信号を第１送信電力よりも大きい第２送信電力 p_2 によって送信する。これにより、稼働しているセンサノード１０２の数が少なくても、より遠くに異常通知信号を送信することができるため、より少ない回数によって異常通知信号が収集装置１０１へ到達可能となる。

[0095] また、受信回路の動作状態の期間の長さや受信回路の休止状態の期間の長さや、第２送信電力 p_2 による緊急イベント信号の到達距離と第１送信電力によるデータ信号の到達距離との第２比率に応じた値とする。これにより、各センサノード１０２がより短い期間だけ受信回路の動作状態となるため、消費電力量を低減させることができる。

[0096] また、センサノード１０２は、運用前に、一部の期間の開始時刻を、収集装置１０１から送信された信号がセンサノード１０２に到達するまでのホップ数によって決定する。これにより、異常通知信号が収集装置１０１に到達する精度が向上する。

[0097] なお、本実施の形態で説明した切り替え方法は、予め用意されたプログラムをMCU 302で実行することにより実現することができる。本プログラムは、ROM 304や不揮発メモリ 306などMCU 302で読み取り可能な記録媒体に記録され、MCU 302によって記録媒体から読み出されるこ

とによって実行される。また、本プログラムは、サーバが収集装置を介して配布してもよい。

符号の説明

- [0098] 1 0 0 システム
- 1 0 1 - 1 ~ 1 0 1 - 4 収集装置
- 1 0 2 センサノード
- 2 0 1 サーバ
- 2 0 2 ゲートウェイ
- 3 0 1 - 1, 3 0 1 - 2 センサ
- 3 0 2 M C U
- 3 0 3, 5 0 2 タイマ
- 3 0 4, 5 0 3 R O M
- 3 0 6 不揮発メモリ
- 3 1 0 電源管理ユニット
- 3 1 1 バッテリ
- 3 1 2 ハーベスタ
- 3 2 1 送信回路
- 3 2 2 受信回路
- 5 0 1 C P U
- 5 0 6 ディスク
- 5 0 8 無線通信回路
- 8 0 1, 9 0 1, 1 0 0 1 制御部
- 8 0 2, 9 0 2, 1 0 0 2 受信部
- 8 0 3, 9 0 3, 1 0 0 3 送信部
- 8 0 4 電力制御部
- 8 0 5, 9 0 4, 1 0 0 4 記憶部
- d 順番
- r 第 1 電波到達距離

R 第2電波到達距離

S 1 交代順登録信号

S 2 緊急イベント信号

S 3 データ信号

N E T ネットワーク

S N E T センサネットワーク

S t 1 第1状態

S t 2 第2状態

S t 3 第3状態

S t 4 第4状態

請求の範囲

- [請求項1] 通信装置と、
- 自通信ノードにおいて所定の異常が発生した場合に前記異常が発生したことを通知する異常通知信号を前記通信装置へ送信する第1状態と、前記異常通知信号と異なるデータ信号を前記通信装置へ送信する第2状態と、を各々が同時期に交互に切り替える複数の通信ノードと、
- を有し、
- 前記複数の通信ノードのいずれかの通信ノードが、
- 前記第1状態の期間の各々では、
- 前記第1状態の期間に含まれる一部の期間に前記複数の通信ノードのうち自通信ノード以外の通信ノードから送信される前記異常通知信号を受信し、受信した前記異常通知信号を転送する第3状態となり、
- 前記第1状態の期間に含まれる前記一部の期間と異なる期間に前記異常通知信号を受信しない第4状態となる、
- ことを特徴とするシステム。
- [請求項2] 前記異常通知信号は、前記データ信号が送信される送信電力よりも大きい送信電力によって送信されることを特徴とする請求項1に記載のシステム。
- [請求項3] 前記一部の期間の長さとは前記一部の期間と異なる期間の長さとの第1比率は、前記異常通知信号の到達距離と前記データ信号の到達距離との第2比率に応じた値であることを特徴とする請求項2に記載のシステム。
- [請求項4] 前記一部の期間の開始時刻を、前記通信装置から送信された信号が自通信ノードに到達するまでのホップ数と前記第1比率によって決定することを特徴とする請求項3に記載のシステム。
- [請求項5] 前記複数の通信ノードの各々はセンサを有し、
- 前記データ信号は、自通信ノードが有する前記センサのデータを前

記通信装置へ送信することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに一つに記載のシステム。

[請求項6] 自通信ノードにおいて所定の異常が発生した場合に前記異常が発生したことを通知する異常通知信号を通信装置へ送信部によって送信する第 1 状態と、前記異常通知信号と異なるデータ信号を前記通信装置へ前記送信部によって送信する第 2 状態と、を各々が同時期に交互に切り替える複数の通信ノードに含まれ、

前記第 1 状態の期間の各々では、

前記第 1 状態の期間に含まれる一部の期間に前記複数の通信ノードのうち自通信ノード以外の通信ノードから送信される前記異常通知信号を受信部によって受信し、受信した前記異常通知信号を前記送信部によって転送する第 3 状態となり、

前記第 1 状態の期間に含まれる前記一部の期間と異なる期間に前記異常通知信号を前記受信部によって受信しない第 4 状態となる、

ことを特徴とする通信ノード。

[請求項7] 前記第 1 状態の期間の各々において、前記受信部に電源を供給することにより前記第 3 状態となり、前記受信部に電源を供給しないことにより前記第 4 状態となることを特徴とする請求項 6 に記載の通信ノード。

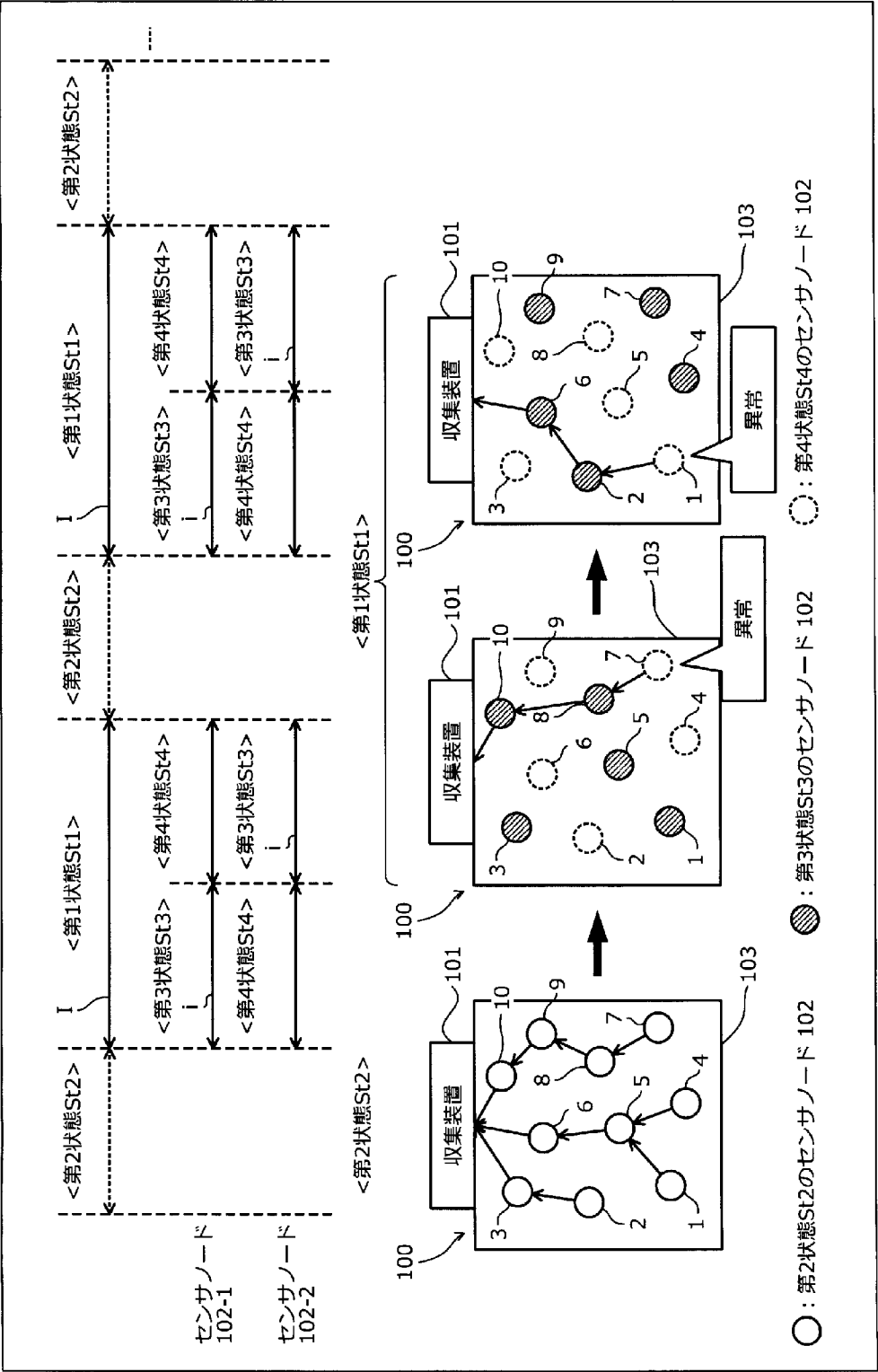
[請求項8] 自通信ノードにおいて所定の異常が発生した場合に前記異常が発生したことを通知する異常通知信号を通信装置へ送信する第 1 状態と、前記異常通知信号と異なるデータ信号を前記通信装置へ送信する第 2 状態と、を各々が同時期に交互に切り替える複数の通信ノードに含まれ、

前記第 1 状態の期間の各々では、

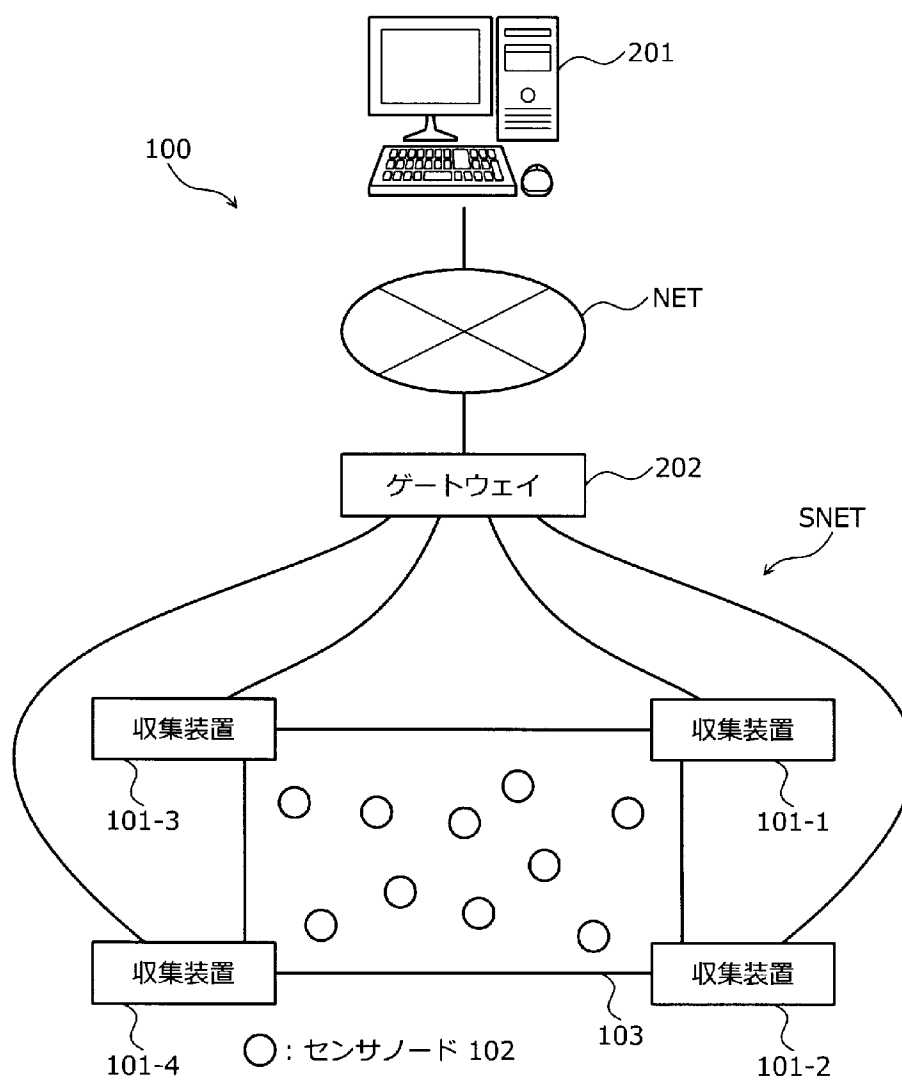
前記第 1 状態の期間に含まれる一部の期間に前記複数の通信ノードのうち自通信ノード以外の通信ノードから送信される前記異常通知信号を受信し、受信した前記異常通知信号を転送する第 3 状態となり、

前記第 1 状態の期間に含まれる前記一部の期間と異なる期間に前記異常通知信号を受信しない第 4 状態となる、
ことを特徴とする切り替え方法。

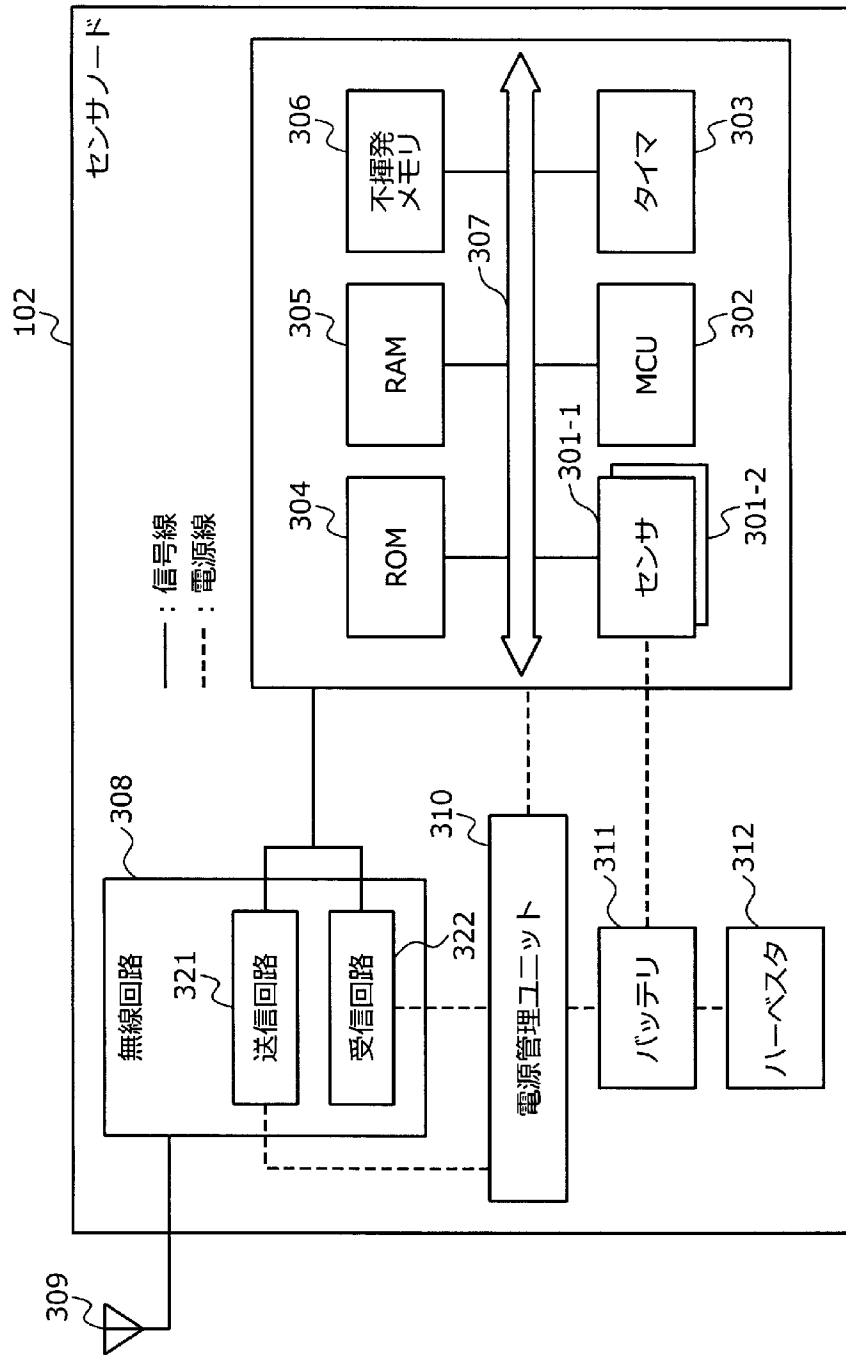
[図1]



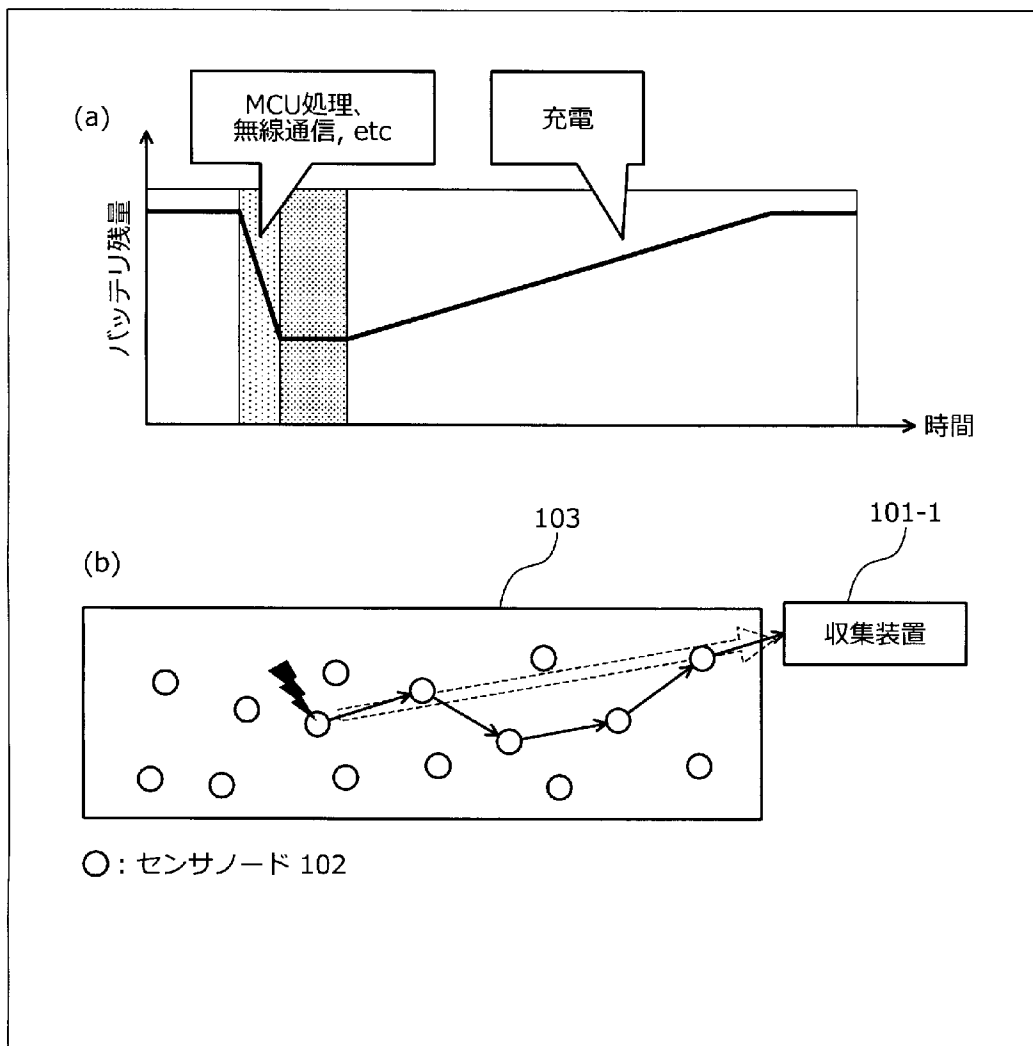
[図2]



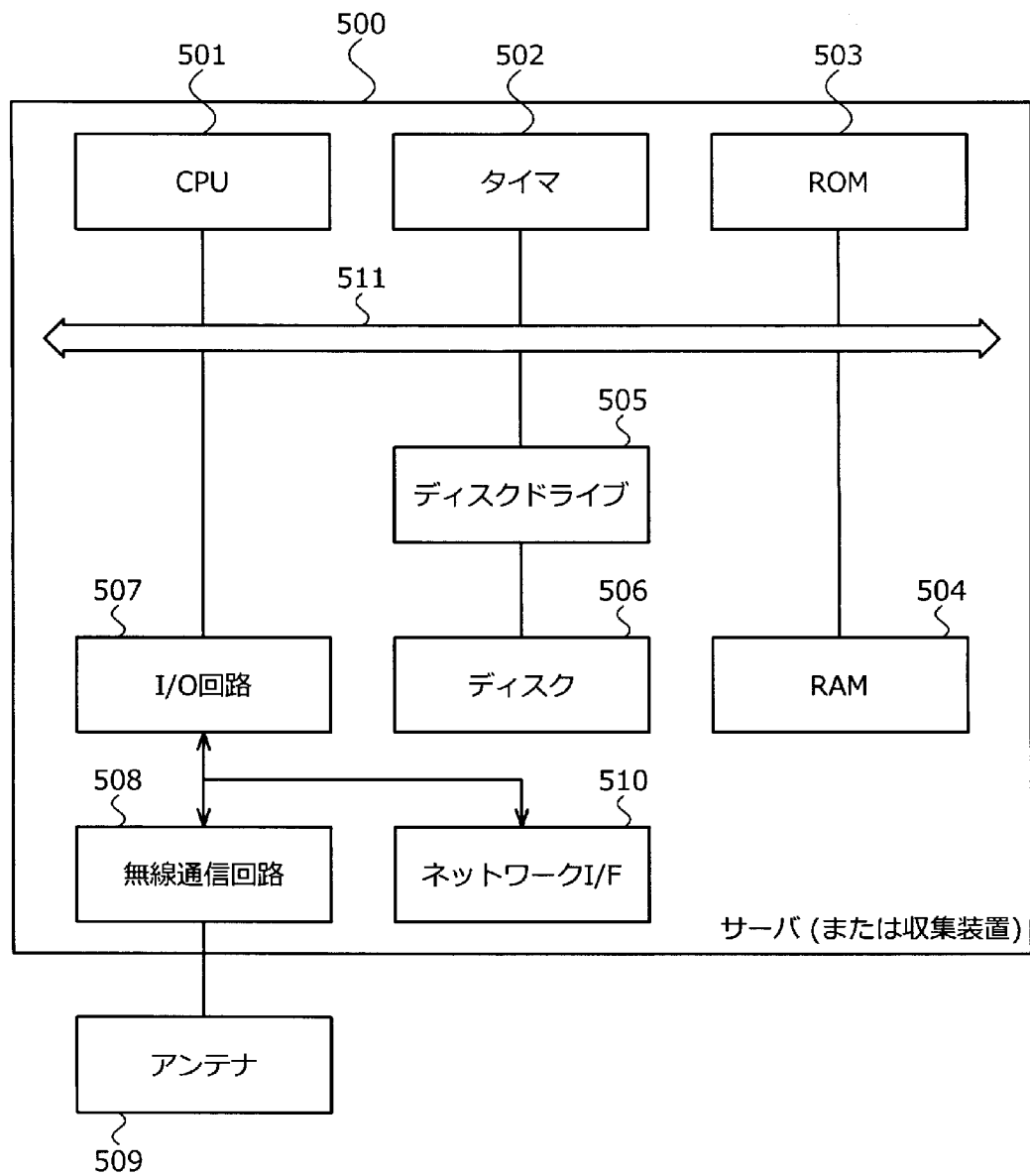
[図3]



[図4]



[図5]



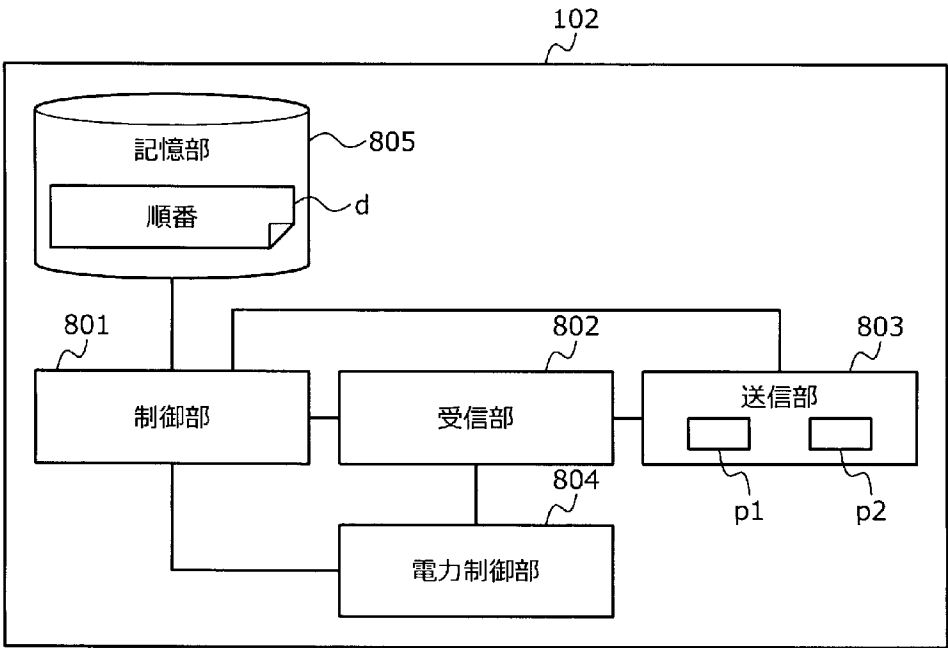
[図6]

交代順登録信号 S1	識別フラグ (0x01)	ホップ数	交代回数
緊急イベント信号 S2	識別フラグ (0x10)	データ	
データ信号 S3	識別フラグ (0x11)	データ	

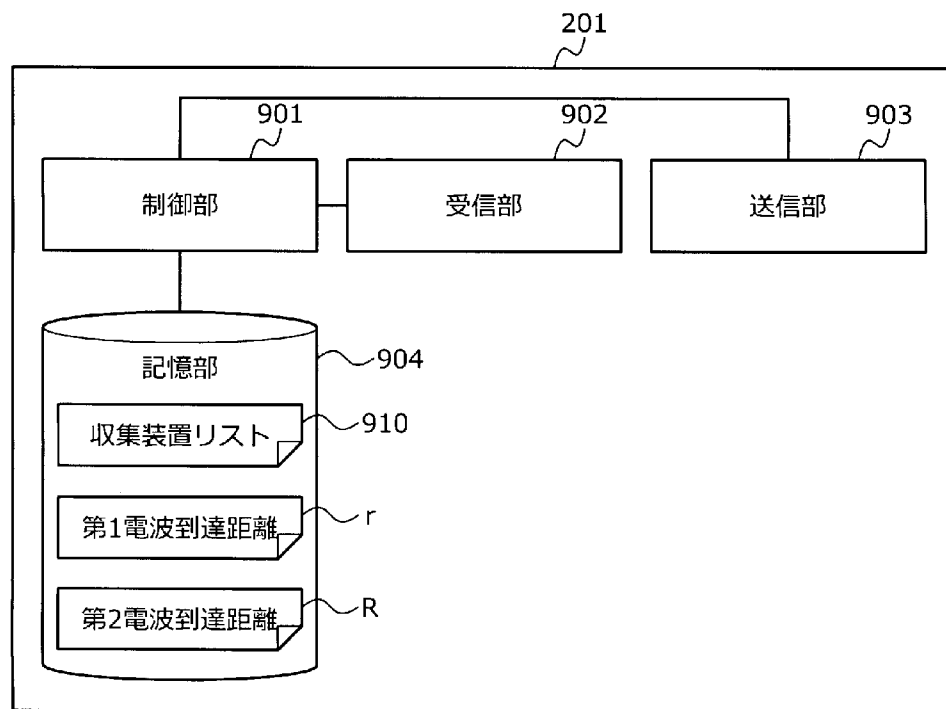
[図7]

センサノード の状態	MCU	受信回路	センサ (定期測定用)	センサ (緊急 イベント用)
起動	オン	オン	オン	オン
見張り	スリープ	オン	オフ	オン
スリープ	スリープ	オフ	オフ	オン

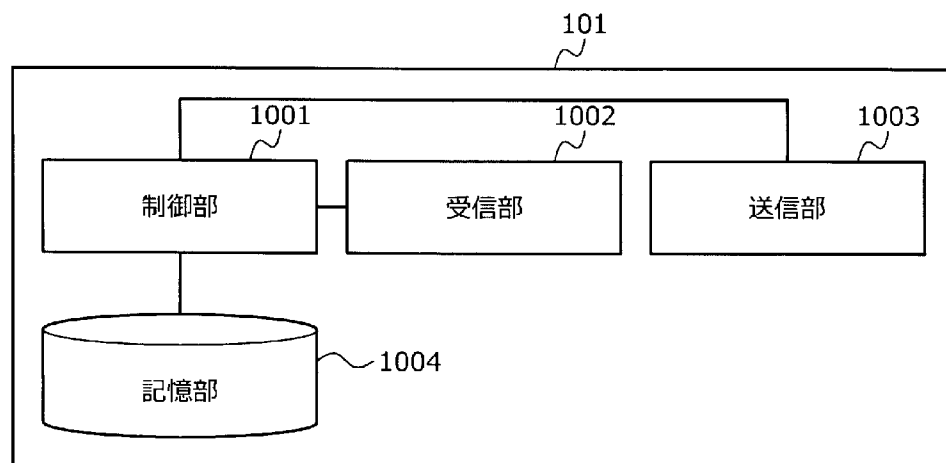
[図8]



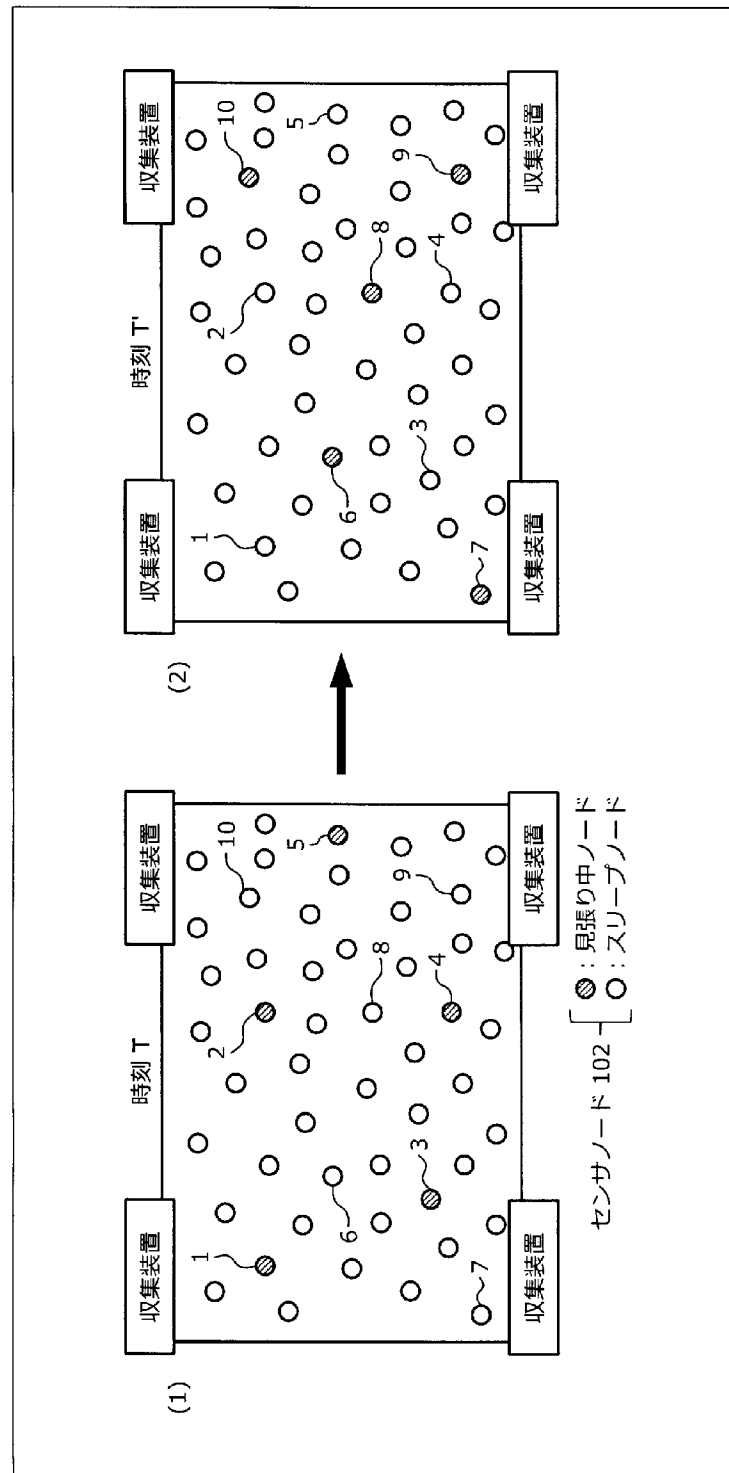
[図9]



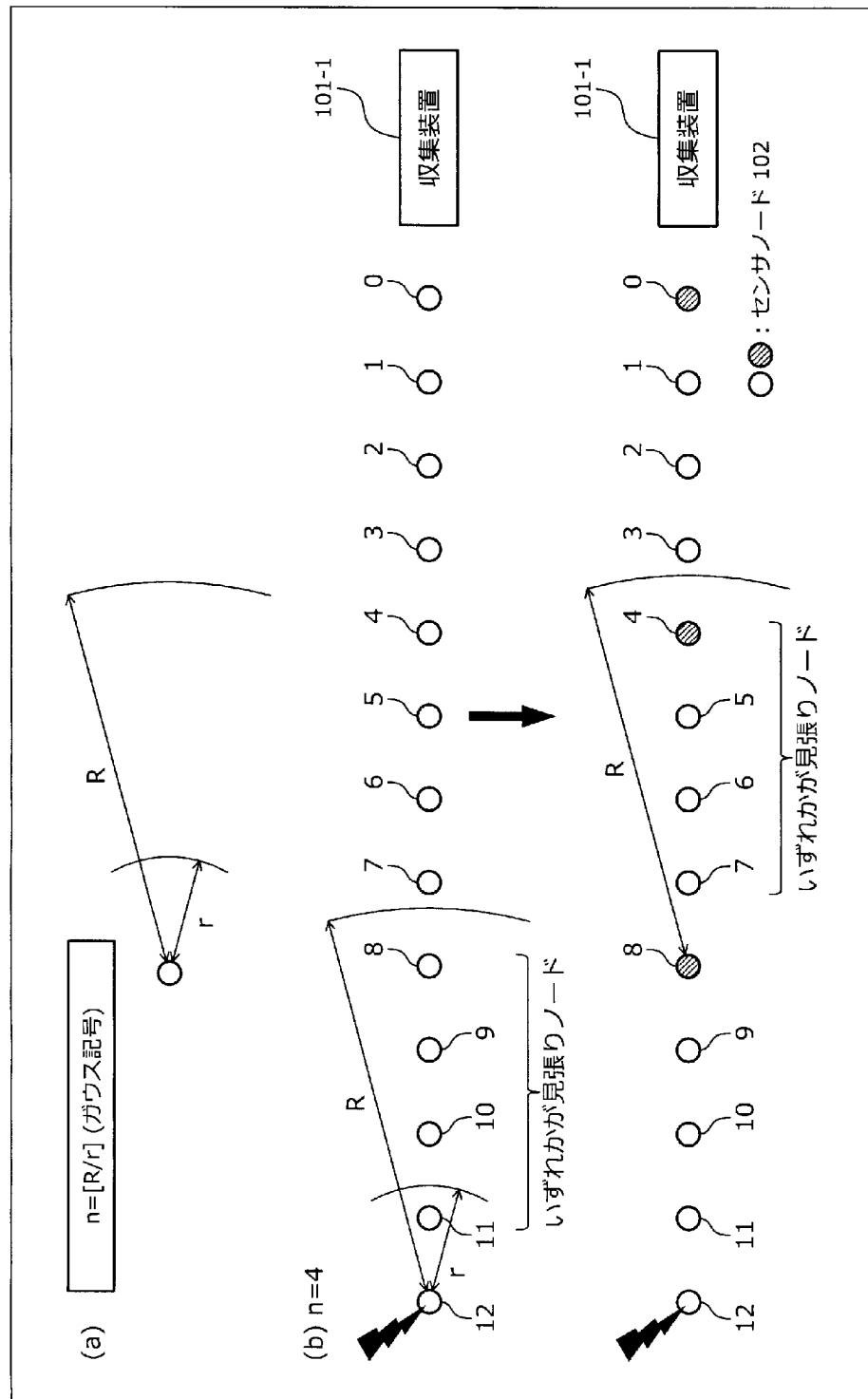
[図10]



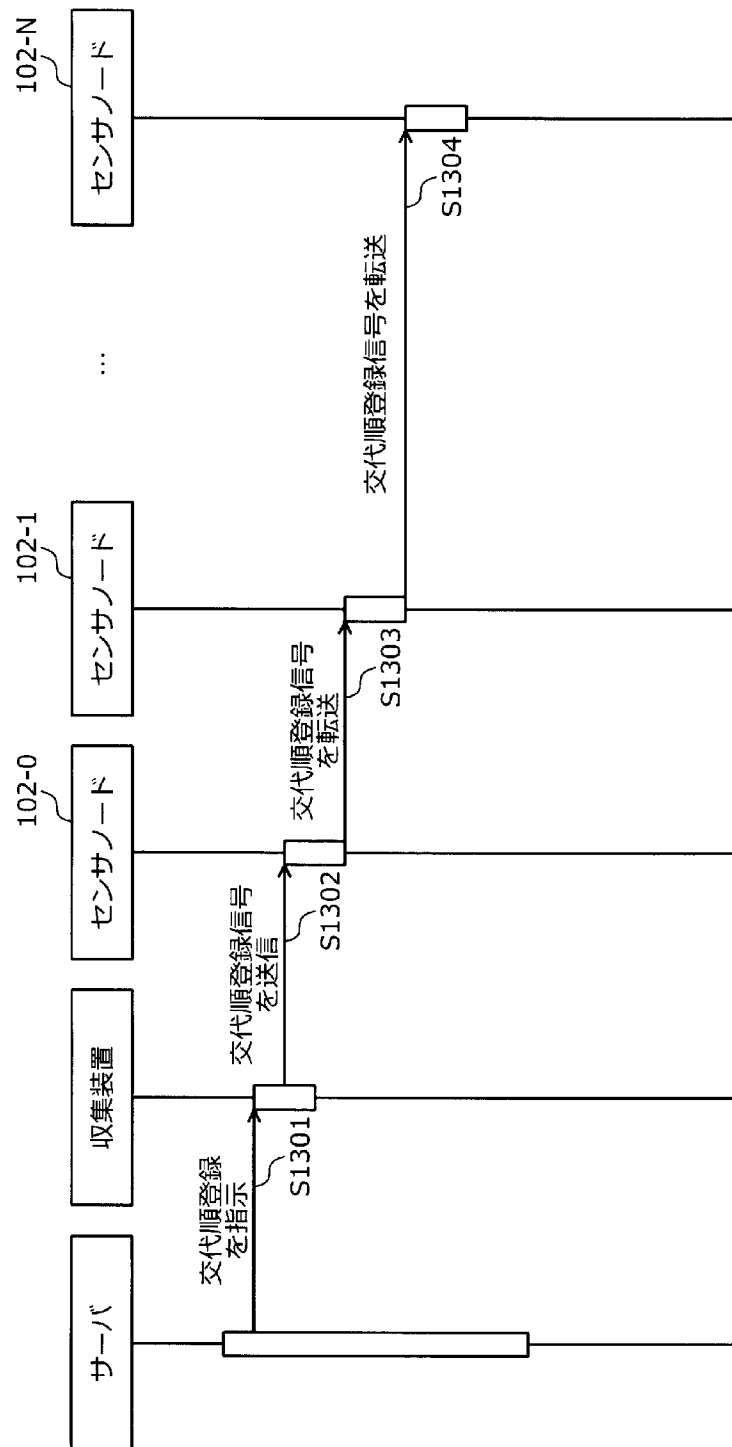
[図11]



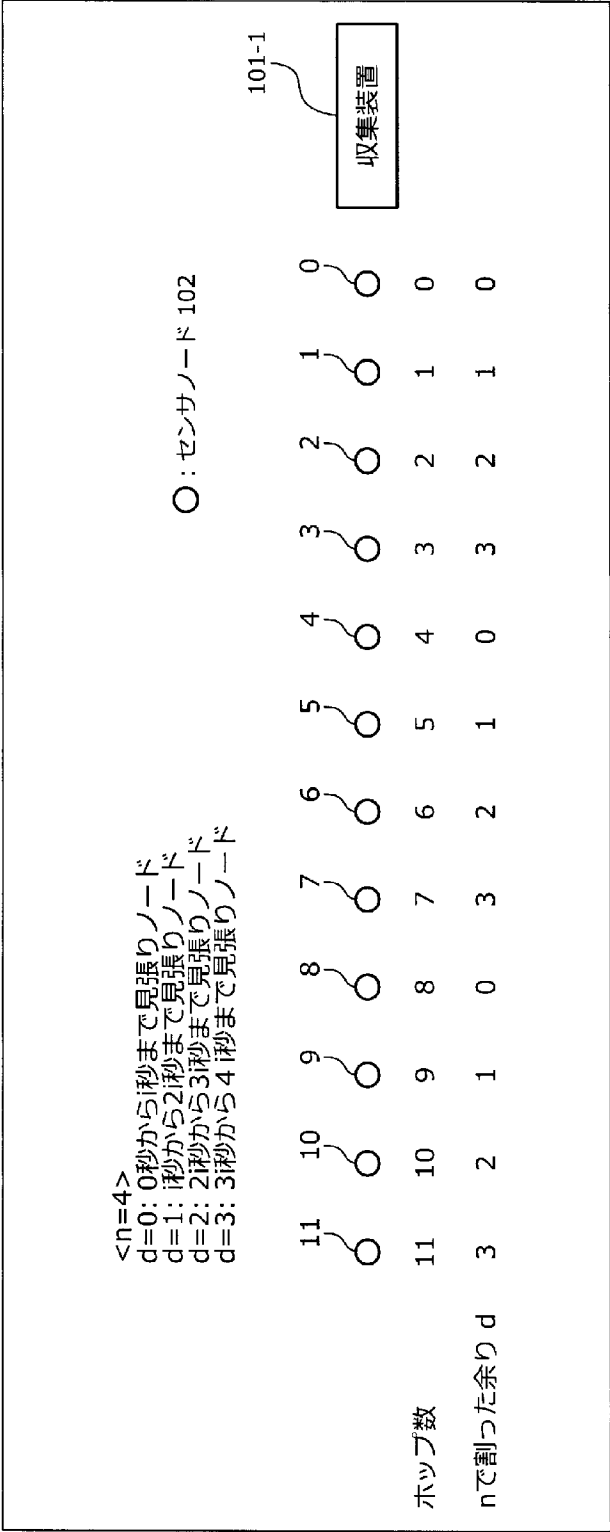
[図12]



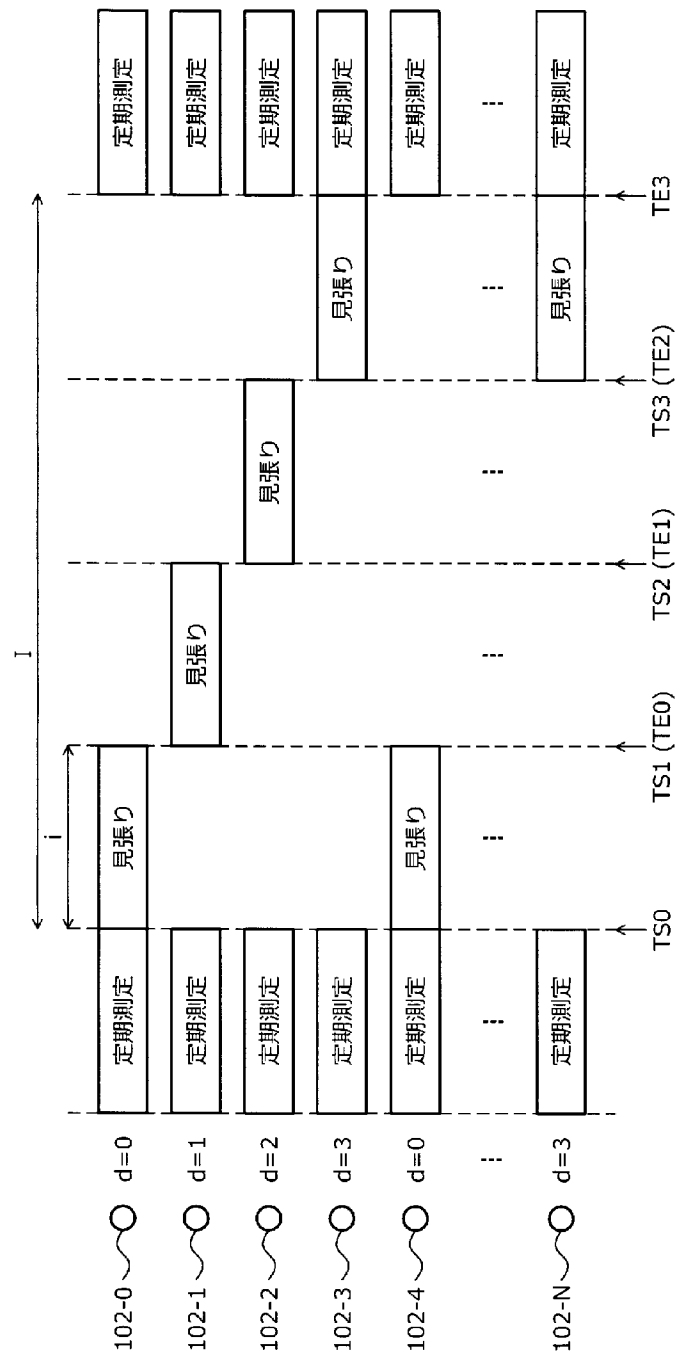
[図13]



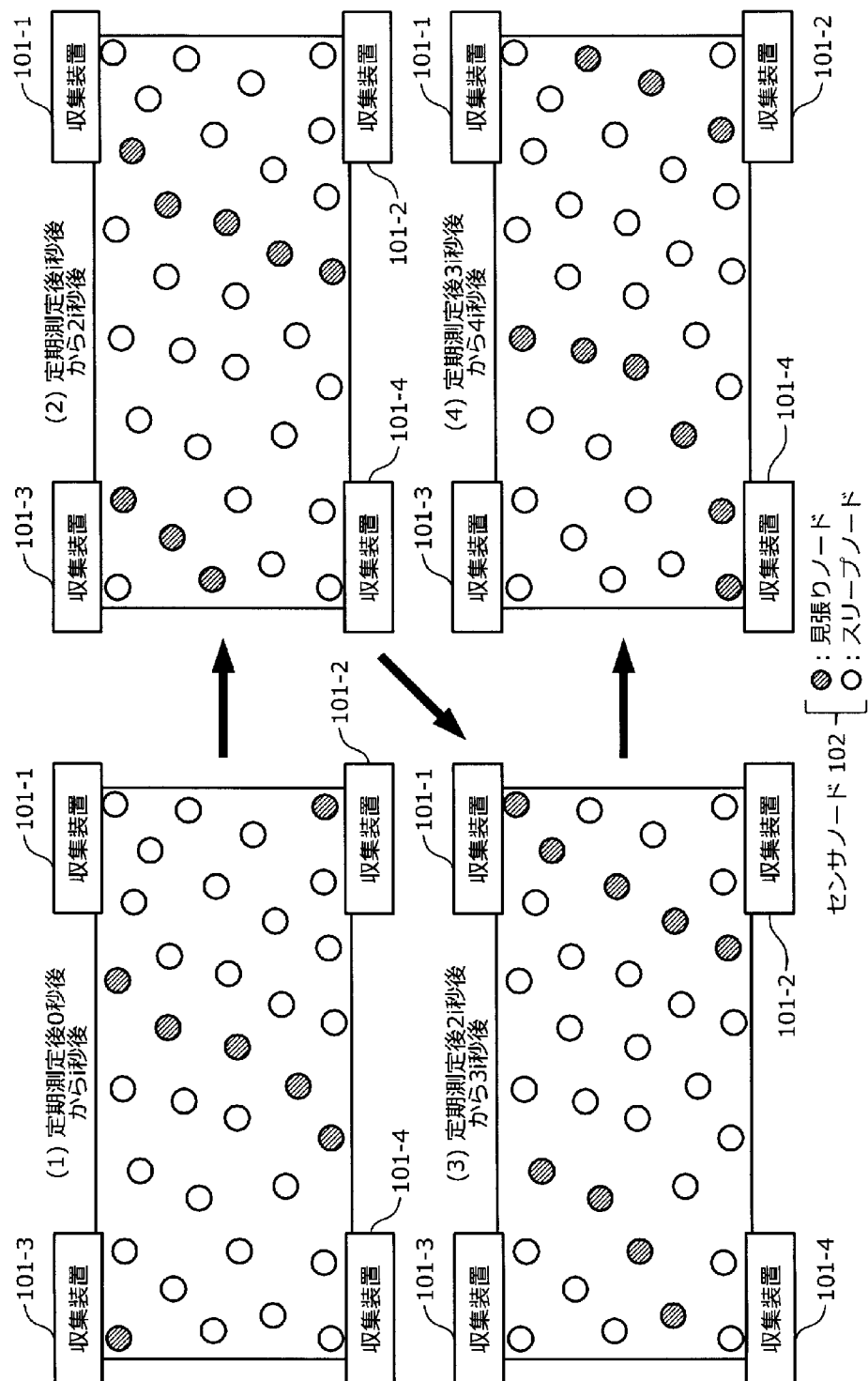
[図14]



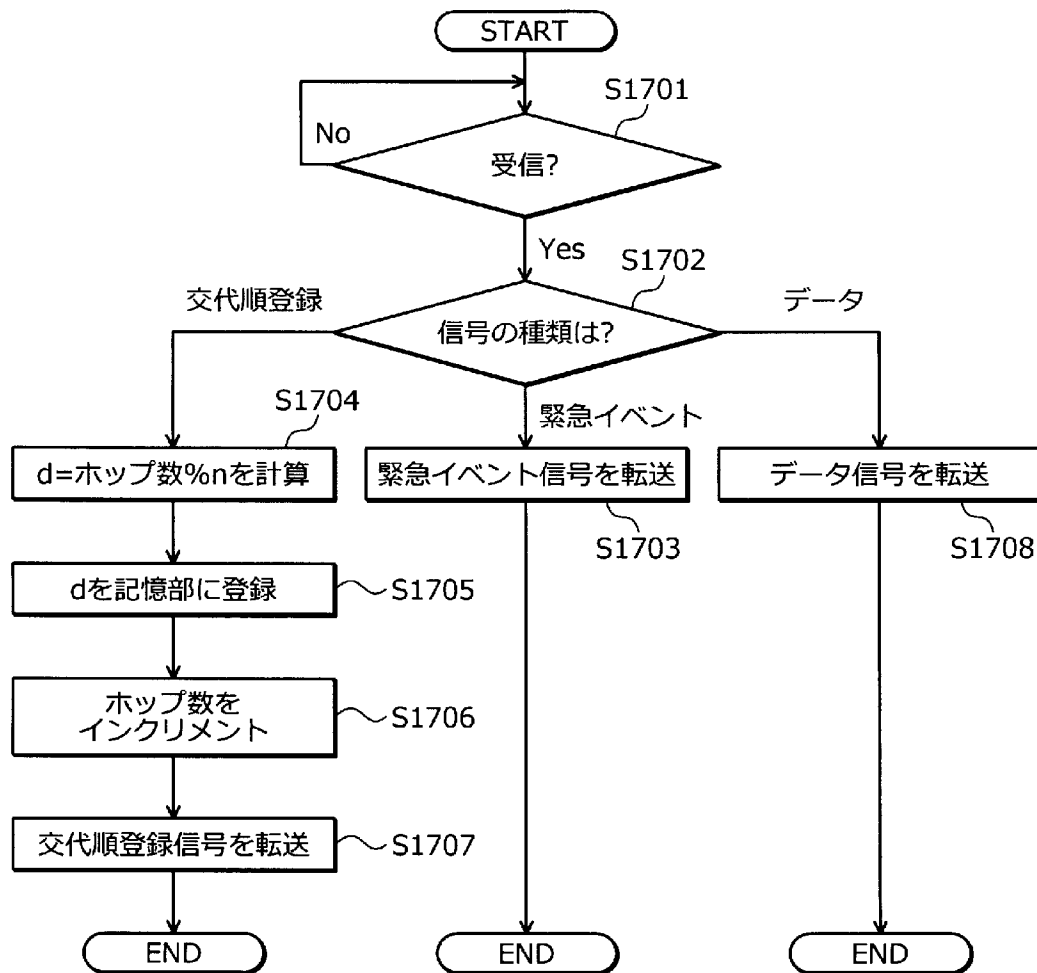
[図15]



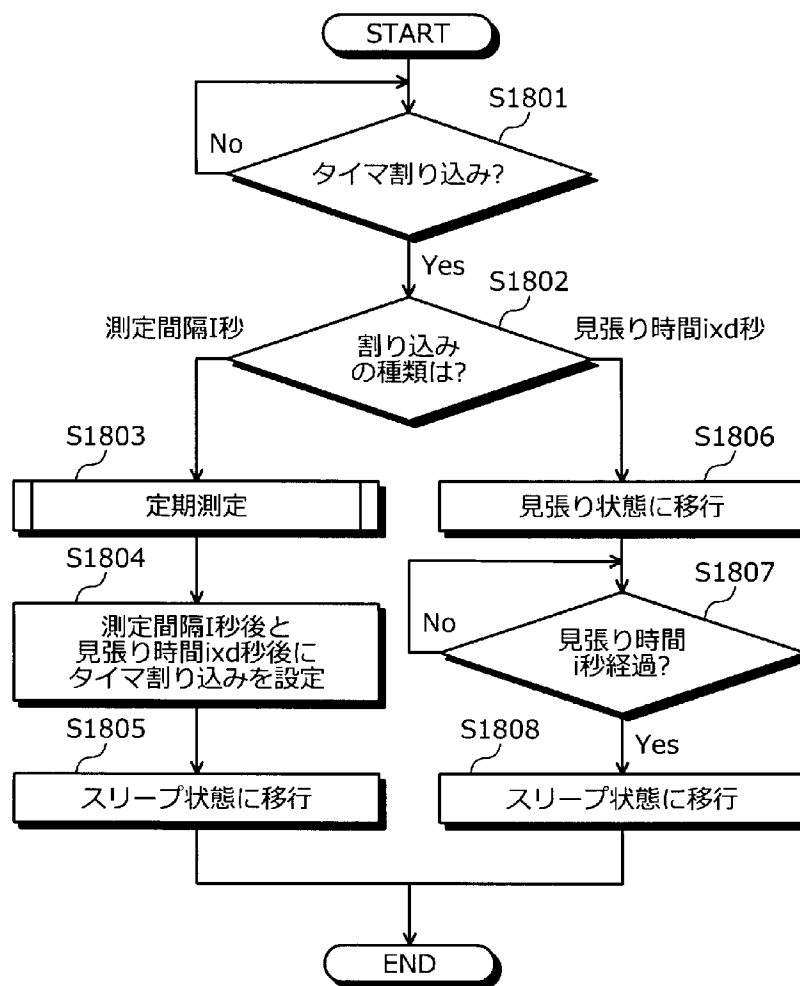
[図16]



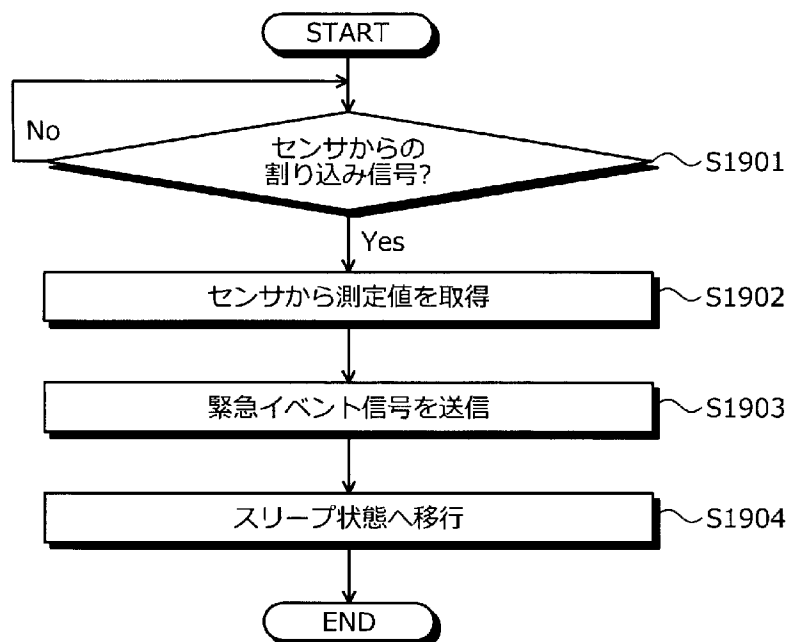
[図17]



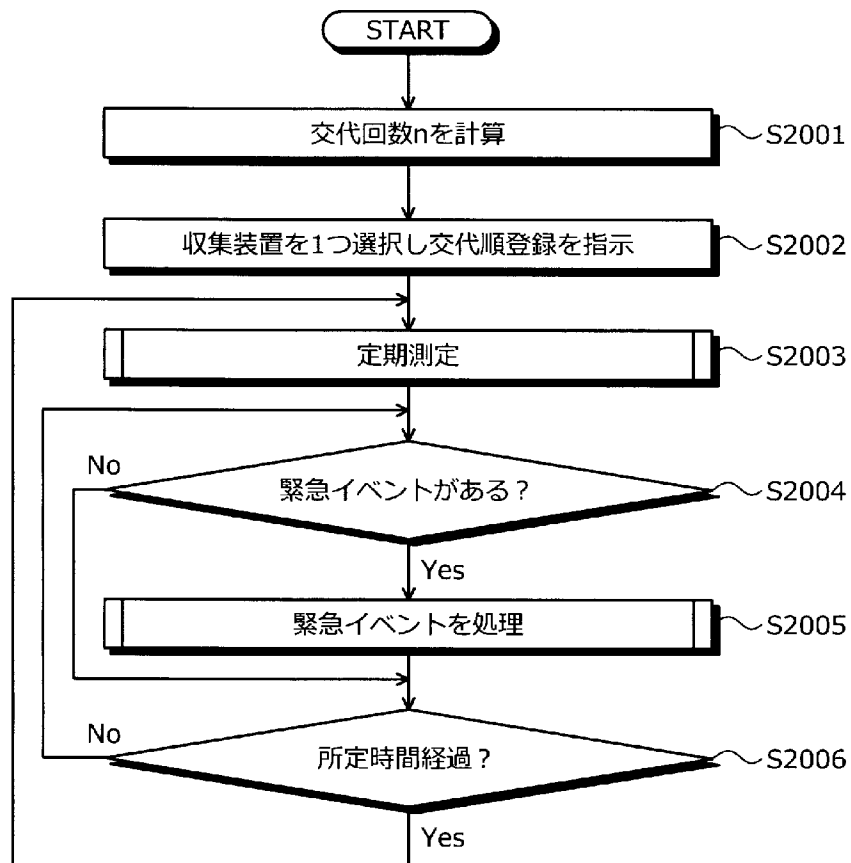
[図18]



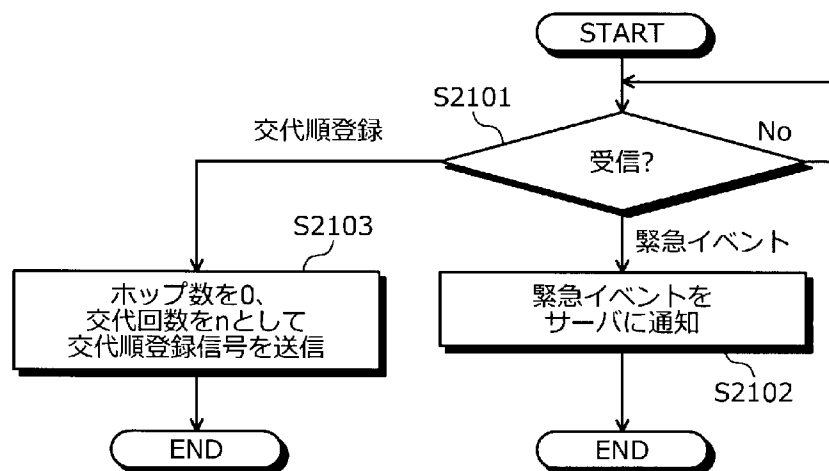
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/080943

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W4/04(2009.01)i, H04W52/02(2009.01)i, H04W84/18(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)

H04W4/00-99/00, H04B7/24-7/26, G08B25/00-25/14, G08C17/00

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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	JP 2009-206749 A (Ad-Sol Nissin Co.), 10 September 2009 (10.09.2009), paragraphs [0018] to [0022]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-8
A	JP 2011-176630 A (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), 08 September 2011 (08.09.2011), paragraphs [0004] to [0008]; fig. 10 (Family: none)	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
28 November, 2013 (28.11.13)

Date of mailing of the international search report
10 December, 2013 (10.12.13)

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. H04W4/04(2009.01)i, H04W52/02(2009.01)i, H04W84/18(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. H04W4/00-99/00, H04B7/24-7/26, G08B25/00-25/14, G08C17/00

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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	JP 2009-206749 A（アドソル日進株式会社）2009.09.10, 段落[0018]－[0022], 第1,2図（ファミリーなし）	1－8
A	JP 2011-176630 A（日本電波工業株式会社）2011.09.08, 段落[0004]－[0008], 第10図（ファミリーなし）	1－8

☐ 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 8 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 0 . 1 2 . 2 0 1 3

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100-8915

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）

北元 健太

5 J

3 8 5 6

電話番号 03-3581-1101 内線 3534