

(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
2012 年 1 月 19 日(19.01.2012)

PCT

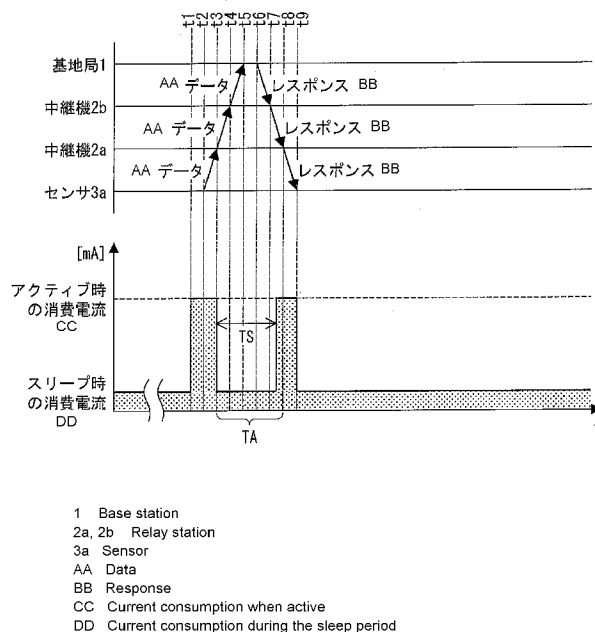
(10) 国際公開番号
WO 2012/008181 A1

- (51) 国際特許分類:
H04W 4/04 (2009.01) H04W 52/02 (2009.01)
H04W 16/26 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/056269
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 16 日(16.03.2011)
- (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 2010-161821 2010 年 7 月 16 日(16.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩橋 直正 (IWAHASHI, Naomasa).
- (74) 代理人: 増井 義久, 外 (MASUI, Yoshihisa et al.);
〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2 番 6 号 大和南森町ビル 特許業務法人原謙三国際特許事務所 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, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SENSOR, SENSOR NETWORK SYSTEM, METHOD FOR CONTROLLING SENSOR, AND CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称: センサ、センサネットワークシステム、センサの制御方法、および制御プログラム

[図3]



(57) Abstract: The current consumption of a sensor which operates intermittently is reduced. Disclosed is a sensor (3a) which operates intermittently in a sensor network system containing a base station, a relay device, and the sensor (3a), and which directly transmits data to the base station or transmits data to the base station via one or more relay devices. The sensor (3a) is provided with a sleep setting unit (15) for determining a sleep period, and enters a sleep state during the abovementioned sleep period, which is between the point in which data is transmitted and the point in which a response from the base station is received. As a consequence, the time in which the sensor (3a) is active is reduced, thereby being able to reduce the current consumption.

(57) 要約: 間欠動作を行うセンサの消費電流を低減する。本発明のセンサ (3a) は、基地局と中継機とセンサ (3a) とを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは 1 つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサである。ここで、センサ (3a) は、スリープ期間を決定するスリープ設定部 (15) を備え、データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記スリープ期間、スリープ状態になる。そのため、アクティブ時間を削減し、消費電流を低減することができる。

明 細 書

発明の名称：

センサ、センサネットワークシステム、センサの制御方法、および制御プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、間欠動作を行うセンサ、およびセンサネットワークシステムに関する。

背景技術

[0002] 近年、センシング機能と無線通信機能とを有するセンサ（センサノード）をメッシュネットワークで接続し、各センサが計測したデータを上位システムである基地局に集積するセンサネットワークシステムが実現されている（例えばZ i g B e e（登録商標）規格）。このようなセンサネットワークシステムでは、無線通信機能を有する中継機を複数配置することにより、中継機が、各センサと基地局との通信を中継して、メッシュネットワークを構成する。基地局および中継機は、主としてA C電源から電力の供給を受ける。一方、センサは、配置の容易さ、移動性、小型化を考慮して、電池によって駆動される場合が多い。そのため、メンテナンスの手間を削減するために、電池交換を行う頻度が少なくてもよいセンサが実用的なセンサとなる。よって、センサの消費電力を低減することが重要な課題となる。

[0003] 従来から、消費電力を低減するために、間欠動作を行うセンサがある。間欠動作を行うセンサは、周囲の物理量等を計測する期間、および計測したデータを基地局に送信するために通信を行う期間のみ起動し、計測および通信を行わない期間は通信不可能なスリープ状態に移行して電力消費を抑制するものである。

[0004] 図7は、メッシュネットワークのセンサネットワークシステム100の構成を示す模式図である。センサネットワークシステム100は、基地局101と、複数の中継機102a～102bと、複数のセンサ103a～103

dとを備える。各センサ103a～103dは、内蔵するタイマーによって所定のタイミングで起動し、例えば気温等の計測を行う。その後、計測された気温のデータを基地局101に集積するために、各センサ103a～103dは、1つ以上の中継機102a～102bを介して、または直接に、基地局101と通信を行う。ここでは、センサ103a・103bから基地局101に対して送信されるデータは、2つの中継機102a・102bを中継して、基地局101に到達する。センサ103cから基地局101に対して送信されるデータは、1つの中継機102bを中継して、基地局101に到達する。センサ103dは、基地局101と直接通信を行い、基地局101にデータを送信する。

[0005] 図8は、センサ103dおよび基地局101の通信、およびセンサ103dの消費電流を示す図である。横軸は時間（時刻）tを表し、図8の上部は、センサ103dおよび基地局101のデータの送受信の処理を示す。図8の下部は、センサ103dの消費電流を示す。なお、図8は、模式的に時間と消費電流との関係を示すものであり、グラフの目盛りは正確なものではない。

[0006] スリープ状態であったセンサ103dは、内蔵するタイマーによって、時刻t101に起動してアクティブ状態に移行する。アクティブ状態では、センサ103dが起動しており、スリープ状態に比べて消費電流は格段に大きくなる。起動した後、センサ103dは、時刻t101から時刻t102の間に、例えば気温の計測を行い、時刻t102から時刻t103の間に、計測したデータを基地局101に送信する。図8における矢印は通信におけるデータの送信を示す。なお、センサ103dからデータを受信した基地局101は、受信が成功したことを示す受信確認をセンサ103dに返すが、通信におけるデータの送信には受信確認が含まれる、すなわち、この受信確認を含めた通信が時刻t102から時刻t103の間に行われる。

[0007] データを受信した基地局101は、時刻t103から時刻t104の間に、受信したデータが適正なものであるか否かを確認する。受信したデータが

適正なものである場合、基地局 101 は、時刻 t_{104} から時刻 t_{105} の間に、センサ 103d に対する応答として計測データの受信が完了したことを示すレスポンスをセンサ 103d に送信する。なお、このレスポンスに対する受信確認は、時刻 t_{104} から時刻 t_{105} の間に、センサ 103d から基地局 101 に対して送信される。

[0008] センサ 103d は、基地局 101 から計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを受信すると、時刻 t_{105} の後、消費電流の小さいスリープ状態に移行する。このように、センサ 103d は、所定の間隔でアクティブ状態になり、基地局 101 との通信が完了するとスリープ状態になる間欠動作を行う。

[0009] なお、アクティブ状態においても計測時と通信時とで消費電流の値は異なるが、図 8 では省略してアクティブ状態の平均的な消費電流を描いている。

[0010] 特許文献 1 には、間欠動作を行うセンサと、基地局とを含み、センサの消費電力を低減するセンサネットワークシステムが記載されている。特許文献 1 には、センサのデータ送信に対する基地局の応答期間（図 8 における時刻 t_{103} から時刻 t_{104} の期間）を短縮することにより、センサが通信のために起動している時間を短縮する構成が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献 1：日本国公開特許公報「特開 2006-211439 号公報（2006 年 8 月 10 日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] しかしながら、センサが中継機を介して基地局にデータの送信を行う場合（図 7 におけるセンサ 103a～103c）、中継機による中継時間が多くなり、センサがデータの送信を行ってから、基地局からのレスポンスを受信するまでの期間が長くなる。そのため、通信を介する中継機の数が増えれば

増えるほど、基地局からのレスポンスを受信するためにセンサがアクティブ状態になっている期間が長くなる。

[0013] 図9は、センサ103aおよび基地局101の通信、およびセンサ103aの消費電流を示す図である。横軸は時間（時刻） t を表し、図9の上部は、センサ103a、中継機102a・102b、および基地局101のデータの送受信の処理を示す。図9の下部は、センサ103aの消費電流を示す。なお、図9は、模式的に時間と消費電流との関係を示すものであり、グラフの目盛りは正確なものではない。

[0014] センサネットワークシステム100において、センサ103aは、2つの中継機102a・102bを介して基地局101と通信を行う。センサ103aは、時刻 t_{111} にスリープ状態からアクティブ状態に移行し、時刻 t_{111} から時刻 t_{112} の間に気温の計測を行う。センサ103aは、時刻 t_{112} から時刻 t_{113} の間に中継機102aに、計測データの送信を行う。なお、時刻 t_{112} から時刻 t_{113} の間に、中継機102aは、計測データを受信し、それに対する受信確認をセンサ103aに送信する。時刻 t_{113} から時刻 t_{114} の間に、中継機102aは、受け取った計測データを中継機102bに送信し、中継機102bは、受信確認を中継機102aに送信する。時刻 t_{114} から時刻 t_{115} の間に、中継機102bは、受け取った計測データを基地局101に送信し、基地局101は、受信確認を中継機102bに送信する。

[0015] データを受信した基地局101は、時刻 t_{115} から時刻 t_{116} の間に、受信したデータが適正なものであるか否かを確認する。受信したデータが適正なものである場合、基地局101は、時刻 t_{116} から時刻 t_{117} の間に、センサ103aに対する応答として計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを中継機102bに送信する。その後、基地局101からのレスポンスは、中継機102b・102aを順に経て、センサ103aによって受信される。センサ103aは、基地局101から計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを受信すると、時刻 t_{119} の後、消費電

流の小さいスリープ状態に移行する。

[0016] このように、中継段数（センサと基地局との間の通信を中継する中継機の数）が多くなると、中継機が通信を中継している期間が長くなり、センサから基地局までのネットワークの経路が遠いと、センサがアクティブ状態である期間において、中継機が通信を中継している期間が占める割合が大きくなる。そのため、特許文献 1 に記載の技術のように、基地局の処理を高速化したとしても、センサが基地局からのレスポンスを受け取る期間を短縮する、すなわちアクティブ状態である期間を短縮する効果はあまり見込めない。そのため、センサの消費電流を低減する効果があまり見込めない。また、自立的にセンサから基地局への通信経路を構築するメッシュネットワーク（例えば ZigBee（登録商標）Pro 規格）においては、周囲の無線環境等の状況に応じてネットワーク経路が変化するので、センサと基地局との間の中継段数が変化する。よって、センサがアクティブ状態である期間も変化する。そのため、中継段数が多くなると、センサがアクティブ状態である期間が延び、センサの電池の寿命が短くなる。

[0017] これに対し、中継機にバッファリング用のメモリを搭載し、センサから基地局への送信データ、および、基地局からセンサへの送信データ（レスポンスまたはコマンド等）を中継機が記憶しておき、センサがアクティブになる所定の時間に、中継機がセンサと通信を行い、これらのデータを送受信する技術が提案されている。しかしながら、中継機が送信データをバッファリングする場合、周囲のセンサの数に応じて多くのデータを記憶しておく大容量のメモリが必要となり、中継機の消費電力も大きくなる。そのため、中継機に小型のメモリを使用する場合、中継機に接続できるセンサの数が少なくなる。

[0018] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、間欠動作を行うセンサの消費電流を低減することにある。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明に係るセンサは、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワ

ークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、上記の課題を解決するために、スリープ期間を決定する期間決定部を備え、データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記スリープ期間、スリープ状態になることを特徴としている。

[0020] 本発明に係るセンサの制御方法は、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、上記の課題を解決するために、スリープ期間を決定する期間決定ステップと、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを上記スリープ期間、スリープ状態にするスリープステップとを含むことを特徴としている。

[0021] 上記の構成によれば、データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、センサは消費電流の小さいスリープ状態になるので、基地局からのレスポンスを待つ間のアクティブ時間を削減することができる。ここで、アクティブ状態は通信可能な状態、スリープ状態は通信不可能でアクティブ状態より消費電流が小さい状態である。よって、センサは、消費電流を低減することができる。そのため、例えばセンサが電池で動作する場合、電池寿命を長くすることができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0022] 本発明に係るセンサは、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、上記の課題を解決するために、データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、所定のスリープ期間、スリープ状態になることを特徴としている。

[0023] 本発明に係るセンサの制御方法は、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上

の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、上記の課題を解決するために、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを所定のスリープ期間、スリープ状態にするスリープステップを含むことを特徴としている。

- [0024] 上記の構成によれば、データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、センサは消費電流の小さいスリープ状態になるので、基地局からのレスポンスを待つ間のアクティブ時間を削減することができる。よって、センサは、消費電流を低減することができる。そのため、例えばセンサが電池で動作する場合、電池寿命を長くすることができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

発明の効果

- [0025] 以上のように本発明によれば、データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、センサは消費電流の小さいスリープ状態になるので、基地局からのレスポンスを待つ間のアクティブ時間を削減することができる。よって、センサは、消費電流を低減することができる。そのため、例えばセンサが電池で動作する場合、電池寿命を長くすることができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

図面の簡単な説明

- [0026] [図1]本発明に係る一実施の形態のセンサネットワークシステムの構成を示す模式図である。
- [図2]本発明に係る一実施の形態のセンサの構成を示すブロック図である。
- [図3]本発明に係る一実施の形態のセンサおよび基地局の通信、およびセンサの消費電流を示す図である。
- [図4]上記センサの動作フローの一例を示す図である。
- [図5]センサの消費電流の計算に用いるパラメータの一例を示す表である。
- [図6]本発明に係る一実施形態のセンサおよび従来のセンサのアクティブ時間および消費電流を、中継段数毎に比較して示す表である。

[図7]従来のセンサネットワークシステムの構成を示す模式図である。

[図8]従来のセンサおよび基地局の通信、およびセンサの消費電流を示す図である。

[図9]従来のセンサおよび基地局の通信、およびセンサの消費電流を示す図である。

発明を実施するための形態

[0027] [実施形態 1]

以下、本発明の実施形態について、図 1～図 6 を参照して詳細に説明する。

[0028] <センサネットワークシステムの構成>

図 1 は、メッシュネットワークのセンサネットワークシステム 10 の構成を示す模式図である。センサネットワークシステム 10 は、基地局 1 と、複数の中継機 2 a～2 b と、複数のセンサ（センサノード） 3 a～3 d とを備える。例えば、基地局 1 はオフィスのサーバールームに配置され、センサ 3 a～3 d は、気温および湿度の計測のためにオフィスの各部屋に分散されて配置されてもよく、また屋外の各設備の電力または温度等の計測のために各設備に配置されてもよい。センサ 3 a～3 d は、内蔵する電池の電力で動作し、中継機 2 a～2 b、および基地局 1 は、外部の A C 電源からの電力供給によって動作する。

[0029] センサ 3 a～3 d は、センシング（計測）機能と無線通信機能とを有する。各センサ 3 a～3 d は、内蔵するタイマーによって所定のタイミングで起動し、気温等の計測を行う。なお、センサ 3 a～3 d は、湿度または照度等、他の量を計測してもよい。その後、計測された気温のデータを基地局 1 に集積するために、各センサ 3 a～3 d は、1 つ以上の中継機 2 a～2 b を介して、または直接に、基地局 1 と無線通信を行う。ここでは、センサ 3 a・3 b から基地局 1 に対して送信されるデータは、2 つの中継機 2 a・2 b を中継して、基地局 1 に到達する。センサ 3 c から基地局 1 に対して送信されるデータは、1 つの中継機 2 b を中継して、基地局 1 に到達する。センサ 3

dは、基地局1と直接通信を行い、基地局1にデータを送信する。なお、センサネットワークシステム10は、周囲の無線環境および中継機2a・2bの状態に応じて、通信経路を流動的に変化させるメッシュネットワークである。なお、センサ3a～3dと、基地局1または中継機2a～2bとの間の通信において、センサ3a～3dは、基地局1または中継機2a～2bの信号強度に合わせて、通信可能な最低限のレベルの信号強度でデータ等の送信を行う。

[0030] 図2は、センサ3aの構成を示すブロック図である。なお、センサ3a～3dはいずれも同じ構成である。センサ3aは、タイマー部11、起動部12、計測部13、通信部14、スリープ設定部（期間決定部）15、および記憶部16を備える。

[0031] タイマー部11は、起動する時間（時刻）を記憶し、計測を行う所定の時刻になるとセンサ3aをスリープ状態からアクティブ状態へと移行させるために、起動部12に計測開始のための信号を出力する。また、タイマー部11は、起動部12からスリープ期間の情報を受け取ると、スリープ期間に応じた時刻にセンサ3aをスリープ状態からアクティブ状態へと移行させるために、起動部12に通信待機のための信号を出力する。

[0032] 起動部12は、タイマー部11から信号を受け取ると、センサ3aをスリープ状態からアクティブ状態へと移行させる。起動部12は、タイマー部11から計測開始の信号を受け取ると、計測部13に計測開始の信号を出力する。また、起動部12は、タイマー部11から通信待機の信号を受け取ると、通信部14に通信待機の信号を出力する。また、起動部12は、スリープ設定部15からスリープ状態へ移行する信号を受け取ると、必要に応じてスリープ期間の情報をタイマー部11に出力し、センサ3aをアクティブ状態からスリープ状態へと移行させる。

[0033] 計測部13は、計測開始の信号を受け取ると、気温の計測を行い計測値を取得する。なお、計測部13は、外部のセンサから計測値を取得する構成であってもよい。計測部13は、計測値と計測時刻とを含む計測データを通信

部 1 4 に出力する。

[0034] 通信部 1 4 は、外部の基地局 1 または中継機 2 a ・ 2 b と通信を行う。通信部 1 4 は、計測部 1 3 から計測データを受け取ると、通信可能な中継機 2 a ・ 2 b または通信可能な基地局 1 に対して計測データの送信を行う。また、通信部 1 4 は、起動部 1 2 から通信待機の信号を受け取ると、通信可能なアクティブ状態で外部からの通信を待つ。また、通信部 1 4 は、中継機 2 a ・ 2 b または基地局 1 から、レスポンス、コマンド、および受信確認等のデータを受信する。通信部 1 4 は、受信確認またはレスポンス等を受信すると、受信データと受信した時刻とをスリープ設定部 1 5 に出力する。

[0035] スリープ設定部 1 5 は、通信部 1 4 から計測データの送信に対する受信確認と受信した時刻とを受け取ると、受信確認を受信した時刻の情報を記憶部 1 6 に記憶させる。また、スリープ設定部 1 5 は、記憶部 1 6 から過去（前回の通信）のレスポンス待ち期間（中継機に計測データを送信してから基地局のレスポンスが返ってくるまでの期間）を読み出し、過去のレスポンス待ち期間に応じてスリープ期間を決定し、スリープ期間の情報と共にスリープ状態へ移行する信号を起動部 1 2 に出力する。

[0036] また、スリープ設定部 1 5 は、通信部 1 4 から基地局 1 のレスポンスを受け取ると、基地局 1 のレスポンスを受信した時刻の情報を記憶部 1 6 に記憶させ、計測を行う所定の時刻までセンサ 3 a をスリープ状態にするために、起動部 1 2 に、スリープ状態へ移行する信号を出力する。

[0037] 記憶部 1 6 は、過去のレスポンス待ち期間の情報（例えば、レスポンス待ち期間の長さ、計測データを送信した時刻、それに対する受信確認を受信した時刻、および／または基地局 1 のレスポンスを受信した時刻等）を記憶する。

[0038] <センサおよび基地局の通信処理>

図 3 は、センサ 3 a および基地局 1 の通信、およびセンサ 3 a の消費電流を示す図である。横軸は時間（時刻） t を表し、図 3 の上部は、センサ 3 a 、中継機 2 a ・ 2 b 、および基地局 1 のデータの送受信の処理を示す。図 3

の下部は、センサ 3 a の消費電流を示す。なお、図 3 は、模式的に時間と消費電流との関係を示すものであり、グラフの目盛りは正確なものではない。

[0039] センサネットワークシステム 10において、センサ 3 a は、2つの中継機 2 a・2 b を介して基地局 1 と通信を行う（中継段数は 2）。センサ 3 a は、時刻 t_1 に内蔵するタイマーによって起動して、スリープ状態からアクティブ状態に移行し、時刻 t_1 から時刻 t_2 の間に気温の計測を行う。

[0040] 次にセンサ 3 a は、時刻 t_2 から時刻 t_3 の間に中継機 2 a に、計測データの送信を行う。なお、時刻 t_2 から時刻 t_3 の間に、中継機 2 a は、計測データを受信し、それに対する受信確認をセンサ 3 a に送信する。

[0041] センサ 3 a から中継機 2 a への通信が完了すると（センサ 3 a が中継機 2 a へ計測データを送信し、受信確認を受信すると）、センサ 3 a は、スリープ状態に移行する（時刻 t_3 ）。このときセンサ 3 a は、過去の通信から所定のスリープ期間 T_S を決定し、スリープ期間 T_S 経過後に、中継機 2 a との通信が可能なアクティブ状態に移行するようタイマーを設定する。ここでは、図 3 に示す時刻 t_3 から時刻 t_8 より少し前までの間の期間をスリープ期間 T_S として設定する。

[0042] 時刻 t_3 から時刻 t_4 の間に、中継機 2 a は、受け取った計測データを中継機 2 b に送信し、中継機 2 b は、受信確認を中継機 2 a に送信する。時刻 t_4 から時刻 t_5 の間に、中継機 2 b は、受け取った計測データを基地局 1 に送信し、基地局 1 は、受信確認を中継機 2 b に送信する。

[0043] データを受信した基地局 1 は、時刻 t_5 から時刻 t_6 の間に、受信したデータが適正なものであるか否かを確認する。受信したデータが適正なものである場合、基地局 1 は、時刻 t_6 から時刻 t_7 の間に、センサ 3 a に対する応答として計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを中継機 2 b に送信する。なお、このレスポンスには、センサ 3 a に対する制御命令（コマンド）等を含めてもよい。なお、中継機 2 b は、時刻 t_6 から時刻 t_7 の間に、レスポンスを受信し、受信確認を基地局 1 に送信する。

[0044] 時刻 t_7 から時刻 t_8 の間に、中継機 2 b は、受け取ったレスポンスを中

継機 2 a に送信し、中継機 2 a は、受信確認を中継機 2 b に送信する。

[0045] 時刻 t_3 からスリープ期間 T_S が経過した後（時刻 t_7 と時刻 t_8 の間に）、センサ 3 a は、タイマーによって起動し、スリープ状態から通信可能なアクティブ状態に移行する。

[0046] 時刻 t_8 から時刻 t_9 の間に、中継機 2 a は、受け取ったレスポンスをセンサ 3 a に送信し、センサ 3 a は、受信確認を中継機 2 a に送信する。センサ 3 a は、基地局 1 から計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを受信すると、中継機 2 a に計測データを送信してから基地局 1 のレスポンスが返ってくるまでの期間 T_A （時刻 t_3 から時刻 t_8 の期間）を算出する。（なお、ここでは時刻 t_3 は、センサ 3 a が中継機 2 a に計測データを送信して中継機 2 a から受信確認を受信して、通信が完了した時点を指し、時刻 t_8 は、センサ 3 a が中継機 2 a から基地局 1 のレスポンスを受信し始める時点を指す。）中継段数が変化しなければ、次の通信においても中継機 2 a に計測データを送信してから基地局 1 のレスポンスが返ってくるまでに、期間 T_A と同程度の期間がかかると予測できる。そのため、センサ 3 a は、算出した期間 T_A に基づいて、次の通信におけるスリープ期間 T_S を決定する。具体的には、レスポンスが返ってくるのが少し早い場合を考慮して、期間 T_A から所定の期間を引いた期間、または期間 T_A に所定の割合を掛けた期間等の、期間 T_A より少し短い期間をスリープ期間 T_S として決定する。なお、期間 T_A をそのままスリープ期間として決定してもよい。

[0047] その後（時刻 t_9 の後）、消費電流の小さいスリープ状態に移行する。センサ 3 a は、計測を行う所定の時刻（例えば 10 分後）が来るまで、スリープ状態のまま待機する。

[0048] なお、センサ 3 a は、レスポンスを受信するためにアクティブ状態に移行してから所定の期間内（例えば 0.5 秒間以内）に基地局からのレスポンスを受信できない場合は、次のスリープ期間を 0 秒にリセットする、または、次のスリープ期間を短く変更する。そのため、中継段数が減少したこと等により、レスポンス待ち期間が減少し、センサ 3 a がスリープ状態である

間に、中継機 2 a が基地局 1 からのレスポンスをセンサ 3 a に送信した場合、センサ 3 a は、次回以降のスリープ期間を短く変更し、レスポンスを受信できるようにする。

[0049] なお、各通信においてデータ（計測データおよび基地局 1 からセンサ 3 a へのレスポンス）の送信を行った際、センサ 3 a、中継機 2 a・2 b、および基地局 1 は、送信してから所定の期間内（例えば 1 秒間以内）に通信相手から受信確認が返ってこない場合は、通信相手にデータを再送信する。そのため、センサ 3 a が中継機 2 a に計測データを送信してからのスリープ期間が長すぎ、センサ 3 a がスリープ状態である間に、中継機 2 a が基地局 1 からのレスポンスをセンサ 3 a に送信した場合でも、受信確認が得られないので中継機 2 a は所定の期間後に基地局 1 からのレスポンスをセンサ 3 a に再送信する。これにより、センサ 3 a は、スリープ期間が長すぎた場合でも、基地局 1 からのレスポンスの再送信を受信し、計測データが基地局 1 に届いたことを確認することができる。そのため、前回の通信時より中継段数（基地局 1 までの通信を介する中継機の数）が減少し、前回よりレスポンスが早く帰ってくる場合でも、センサ 3 a はレスポンスの再送信を受信することができる。なお、中継機 2 a は、再送信を行う場合、これが 1 回目の送信ではないことを示す情報を付加してもよい。これにより、センサ 3 a は、中継機 2 a からの 1 回目の送信を受信できなかったことを認識し、次回以降の通信において中継機 2 a が再送信を行わなくてもよいように、次回以降のスリープ期間を短く変更することができる。

[0050] また、センサ 3 a が、時刻 t 8 にアクティブ状態に移行してから所定の期間内（例えば 3 秒間以内）に基地局 1 からのレスポンスを受信できない場合、通信経路のどこかで計測データが伝送されず基地局 1 に計測データが到達していないことも考えられるので、センサ 3 a は、中継機 2 a に対して計測データを再送信する。なお、計測データを再送信した場合、センサ 3 a は、確実に基地局からのレスポンスを受信するために、スリープ状態に移行せず通信可能状態のまま待機する。すなわち、スリープ期間を 0 にリセットする

。

[0051] <センサの動作フロー>

図4は、センサの動作フローの一例を示す図である。

[0052] センサは、内蔵するタイマーによってあらかじめ設定された所定の時刻に起動し、アクティブ状態に移行する（S1）。

[0053] その後、センサは、気温の計測を行う（S2）。

[0054] センサは、計測した計測データを、中継機または基地局に送信する（S3）。また、センサは、中継機または基地局から受信確認を受信する。

[0055] 中継機または基地局の無線通信の信号強度に応じて、センサは、最低限のレベルの信号強度で通信を行うよう、送信出力レベルを更新する（S4）。

[0056] センサは、過去のレスポンス待ち期間に基づいて、スリープ期間を決定する（S5）。なお、スリープ期間をリセットする情報が記憶部16に記憶されている場合、スリープ期間を0msに設定する。

[0057] スリープ期間が0msより大きい場合（S6でYes）、センサは、決定したスリープ期間の間だけスリープ状態になるよう、タイマーを設定してスリープ状態に移行する（S7）。そして、スリープ期間が経過した後、センサは、タイマーによって起動し、通信可能なアクティブ状態に移行する（S8）。

[0058] アクティブ状態のセンサは、基地局または中継機から、基地局のレスポンスが送信されてくると、それを受信し、受信確認を返信する。

[0059] アクティブ状態に移行してから、所定の期間内（例えば0.5秒間以内）に基地局のレスポンスを受信した場合（S9でYes）、センサは、スリープ状態に移行し（S10）、S1の処理に戻る。

[0060] アクティブ状態に移行してから、所定の期間内（例えば0.5秒間以内）に基地局のレスポンスを受信しなかった場合（S9でNo）、センサは、スリープ期間をリセットするために、スリープ期間をリセットする情報を記憶部16に記憶させる（S11）。

[0061] なお、スリープ期間が0msの場合（S6でNo）、通信可能なアクティ

ブ状態のまま待機して、基地局のレスポンスを待つ（S 1 2）。

[0062] S 1 1 の後、センサがアクティブ状態に移行してから、またはS 1 2 の後、センサが計測データの送信を行ってから所定の期間内（例えば3 秒間以内）に基地局のレスポンスを受信しなかった場合（S 1 3 でN o）、基地局への計測データの再送信を行うため、S 3 の処理に戻る。

[0063] S 1 1 の後、センサがアクティブ状態に移行してから、またはS 1 2 の後、センサが計測データの送信を行ってから所定の期間内（例えば3 秒間以内）に基地局のレスポンスを受信した場合（S 1 3 でY e s）、S 1 0 の処理に進み、センサはスリープ状態に移行する。

[0064] 本実施形態によれば、センサは、基地局に対して計測データを送信した後、基地局から計測データの受信が完了したことを示すレスポンスを受信するまでの間の所定の期間、受信を行えないスリープ状態で待機する。そのため、基地局からのレスポンスが来るまで通信可能状態のまま待機する従来のセンサに比べて、消費電流を低減することができる。従来の構成に比べて消費電流を低減する効果は、中継段数が増えれば増えるほど顕著に現れる。

[0065] また、本実施形態のセンサは、過去のレスポンス待ち期間（中継機に計測データを送信してから基地局のレスポンスが返ってくるまでの期間）に基づいて、中継機に計測データを送信してからスリープするスリープ期間を決定するので、中継段数に関わらず基地局からのレスポンスが返ってくる時間を予測でき、基地局からのレスポンスが返ってくる頃に通信可能なアクティブ状態に移行することができる。そのため、センサは、レスポンス待ちの期間の消費電流を低減しながら基地局からのレスポンスを受信することができ、万が一、通信不良により基地局からのレスポンスが到達しない場合、迅速に基地局への計測データの再送信を行うことができる。そのため、基地局は、正確に、かつ、迅速に計測データを受け取ることができる。

[0066] また、センサは基地局からのレスポンスが返ってくる時間を予測してアクティブ状態に移行するので、センサと通信可能な直近の中継機がセンサに基地局からのレスポンスを送信したときに、センサは通信を適切に受信するこ

とができる。そのため、センサがスリープ状態であるのに中継機が何度も当該センサに通信を試みるといった無駄が発生しにくい。

[0067] なお、センサは、前回より前の通信における、レスポンス待ち期間に基づいて、スリープ期間を決定してもよく、例えば過去の所定の期間の通信または過去の所定の回数の通信におけるレスポンス待ち期間の平均または加重平均等を用いてスリープ期間を決定してもよい。

[0068] また、センサが、アクティブ状態に移行してから所定の期間内（例えば3秒間以内）に基地局からのレスポンスを受信できない場合、すぐに計測データの再送信を行わずスリープ状態に移行し、次回の計測時に計測データをまとめて送ってもよい。また、次回の計測時には、確実に基地局からのレスポンスを受信するために、スリープ期間を0にリセットしてもよい。

[0069] <センサの消費電流の比較>

本実施形態のセンサと、従来のセンサとにおける消費電流の比較を以下に説明する。間欠動作を行うセンサの消費電流の試算は、単純化した式を用いて行うことができる。一定間隔で計測を行ってデータを送信するセンサの平均消費電流は、次式で表される。

[0070] [数1]

$$\text{平均消費電流} = \frac{(\text{アクティブ時平均消費電流} \times \text{アクティブ期間}) + (\text{スリープ時平均消費電流} \times \text{スリープ期間})}{\text{データ送信間隔}}$$

[0071] アクティブ状態であっても、計測時、送信時、受信時、または通信待機時には、それぞれ消費電流は異なるが、ここでは単純にこれらアクティブ状態の平均消費電流（アクティブ時平均消費電流）は同じ値であるとする。

[0072] 上式の中の各パラメータの値を図5に示す。データ送信間隔は600秒（10分）とする。アクティブ時平均消費電流は40mAとする。スリープ時平均消費電流は0.025mAとする。スリープ時はタイマーを動作させているだけなので、センサは、アクティブ時の平均消費電流に比べて1/500～1/1000程の消費電流で動作することができる。1サイクルにおけるアクティブ時間（期間）は、計測時間（図3における $t_2 - t_1$ ）、デー

タ送信時間（図3における $t_3 - t_2$ ）、レスポンス受信時間（図3における $t_9 - t_8$ ）、および通信待機時間（図9における $t_{118} - t_{113}$ ）の和である。スリープ期間は、600秒からアクティブ時間を引いたものである。

[0073] アクティブ時間の内、計測時間、データ送信時間、およびレスポンス受信時間は、本実施形態のセンサと、従来のセンサとは同じである。ここで、センサ、中継機、および基地局の各間の通信に11ミリ秒（ms）かかるとする。すなわち、図3の矢印1つ分の処理時間（ $t_3 - t_2$ 、 $t_4 - t_3$ 、 $t_9 - t_8$ 等の期間）が11msである。また、中継機を介さずセンサと基地局とが直接通信を行う場合（中継段数0）のアクティブ時間は、70msであるとする。すなわち、計測時間、データ送信時間、およびレスポンス受信時間の和が70msであるとする。なお、基地局が、受信したデータが適正なものであるか否かを確認する期間（ $t_6 - t_5$ ）は短いとして無視する。また、中継段数が0の場合、センサはスリープ期間を0msと設定する（すなわち、計測データの送信を行ってから基地局からのレスポンスを受信するまでにスリープ状態に移行しない）。なお、センサは、中継段数が0の場合にも、短い期間スリープする構成であってもよい。

[0074] この場合、中継段数が1段増えるとアクティブ時間は22ms（ $11\text{ms} \times 2$ 往復）延びる。よって、中継段数が1の場合（通信を中継する中継機が1つの場合）、所定の時刻に計測を始めてから計測データを送信し、基地局からのレスポンスを受信する処理を完了するまで92msかかる。すなわち、スリープ動作をしない従来のセンサのアクティブ時間は、92msである。これに対し、本実施形態のセンサが、理想的にスリープ動作を行った場合（基地局からのレスポンスを受信する直前にスリープ状態からアクティブ状態に復帰した場合）、アクティブ時間は70msであり、アクティブ時間は中継段数によって変化しない。そのため、本実施形態のセンサのアクティブ時間は、中継段数が多くなればなるほど、従来のセンサに比べて少なくなる。一般に、センサにおいて、スリープ状態の消費電流はアクティブ状態の消

費電流に比べて格段に小さい。よって、本実施形態のセンサは、消費電流を大いに低減することができる。

[0075] 図6は、中継段数毎の、本実施形態のセンサおよび従来のセンサのアクティブ時間および消費電流を比較して示す表である。消費電流の値(%)は、従来のセンサの消費電流に対する、本実施形態のセンサの消費電流の比を示している。中継段数が9の場合、本実施形態のセンサは、従来のセンサに対して消費電流を約72%に低減することができる。

[0076] 本実施形態のセンサは、中継段数の違いによるアクティブ時間のばらつきを抑えることができる。すなわち、本実施形態のセンサは、中継段数に関係なく、ほぼ一定のアクティブ時間で動作するので、複数のセンサの電池寿命のばらつきを抑えることができる。そのため、複数のセンサの電池交換を同じタイミングで行うことができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0077] [実施形態2]

以下、本発明の実施形態について、図1、図2を参照して詳細に説明する。なお、説明の便宜上、実施形態1にて説明した図面と同じ機能を有する部材・構成については、同じ符号を付記し、その詳細な説明を省略する。

[0078] <センサネットワークシステムの構成>

本実施形態のセンサネットワークシステムの構成は、図1に示すメッシュネットワークのセンサネットワークシステム10と同じである。本実施形態では、基地局1が、各センサ3a～3dの中継段数の情報を、当該センサ3a～3dに送信する。なお、中継段数の情報は、計測データの送信に対するレスポンスに含まれてセンサ3a～3dに送信される。レスポンス待ち期間は、主に中継段数に応じて変化するので、各センサ3a～3dは、それぞれの中継段数に応じて、計測データを送信した後のスリープ期間を決定する。

[0079] 計測データが、各センサ3a～3cから中継機2a～2bを経由して基地局1へ送信される場合、計測データと共に、中継した中継機2a～2bの識

別情報が基地局 1 へ送信される。例えば、センサ 3 a から中継機 2 a および中継機 2 b を中継して基地局 1 へ計測データを送信する場合、基地局 1 は、計測データと共に、通信経路（パス）の情報として、センサ 3 a、中継機 2 a、および中継機 2 b のアドレス（識別情報）を受け取る。これにより、基地局 1 は、センサ 3 a との通信について、中継している中継機の数を確認することができる。基地局 1 は、センサ 3 a に対して、中継段数の情報を含むレスポンスを送信する。

[0080] 本実施形態のセンサの構成は、図 2 に示すセンサと同じである。センサ 3 a は、中継段数の情報に基づいて、スリープ期間を決定する。例えば、通信部 1 4 は、基地局 1 からのレスポンスを受信すると、受信データをスリープ設定部 1 5 に出力する。

[0081] スリープ設定部 1 5 は、通信部 1 4 から計測データの送信に対する受信確認と受信した時刻とを受け取ると、記憶部 1 6 から前回の通信の中継段数の情報を読み出し、中継段数に応じてスリープ期間を決定し、スリープ期間の情報と共にスリープ状態へ移行する信号を起動部 1 2 に出力する。スリープ設定部 1 5 は、中継段数に応じてあらかじめ決められた期間をスリープ期間としてもよい。また、スリープ設定部 1 5 は、過去の通信における中継段数とレスポンス待ち期間との関係に基づいて、スリープ期間を決定してもよい。例えば、スリープ設定部 1 5 は、中継段数が 2 のときの平均のレスポンス待ち期間（または最小のレスポンス待ち期間等）に基づいて、スリープ期間を決定することができる。

[0082] また、スリープ設定部 1 5 は、基地局 1 のレスポンスを受け取ると、レスポンスを受信した時刻の情報およびレスポンスに含まれる中継段数の情報を記憶部 1 6 に記憶させ、計測を行う所定の時刻までセンサ 3 a をスリープ状態にするために、起動部 1 2 に、スリープ状態へ移行する信号を出力する。

[0083] 記憶部 1 6 は、中継段数の情報、過去のレスポンス待ち期間の情報を記憶する。また、中継段数とそれに対応してあらかじめ決められたスリープ期間とを示すテーブルデータを記憶していてもよい。

- [0084] センサのレスポンス待ち期間は、主に中継段数によって変化する。本実施の形態によれば、各センサは、通信経路の中継段数に応じてスリープ期間を決定するので、レスポンス待ち期間を適切に予測することができる。そのため、レスポンス待ちの間のアクティブ時間を削減し、消費電流を低減することができる。
- [0085] なお、基地局からのレスポンスを受信したセンサが、レスポンスに付加された通信経路の情報（各中継機のアドレス）から、中継している中継機の数进行判別してもよい。
- [0086] また、基地局は、各センサに対して、中継段数の情報ではなく、スリープ期間を示す情報を送信してもよい。例えば、基地局は、あるセンサとの通信経路の情報から中継段数进行判別し、過去または直近の中継段数に応じて所定のスリープ期間を決定し、決定したスリープ期間を示す情報を当該センサに送信してもよい。当該センサのスリープ設定部は、受け取ったスリープ期間を示す情報に基づき、次の通信におけるスリープ期間を決定することができる。
- [0087] また、基地局は、各センサに対して、中継段数に応じて変化するレベルを示す情報を送信し、センサは、受け取った上記情報が示すレベルに応じて、スリープ期間を決定してもよい。例えば、中継段数が0～1のときはレベル1、中継段数が2～4のときはレベル2、中継段数が5以上のときはレベル3とすると、レベルに応じてレスポンス待ち期間が変化すると予測できる。そのため、センサは、受け取ったレベルに応じてレスポンス待ち期間を予測し、スリープ期間を決定することができる。なお、基地局がスリープ期間を決定し、上記レベルとしてスリープ期間を示す情報をセンサに送信してもよい。
- [0088] また、センサは、基地局に計測データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでに、中継段数等に関係なく一定の期間、スリープ状態になる構成であってもよい。
- [0089] [他の変形例]

本発明に係る第１のセンサは、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、スリープ期間を決定する期間決定部を備え、データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記スリープ期間、スリープ状態になることを特徴としている。

[0090] 本発明に係る第１のセンサの制御方法は、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、スリープ期間を決定する期間決定ステップと、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを上記スリープ期間、スリープ状態にするスリープステップとを含むことを特徴としている。

[0091] 上記の構成によれば、データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、センサは消費電流の小さいスリープ状態になるので、基地局からのレスポンスを待つ間のアクティブ時間を削減することができる。ここで、アクティブ状態は通信可能な状態、スリープ状態は通信不可能でアクティブ状態より消費電流が小さい状態である。よって、センサは、消費電流を低減することができる。そのため、例えばセンサが電池で動作する場合、電池寿命を長くすることができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0092] また、上記期間決定部は、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでのレスポンス待ち期間を予測し、上記基地局からのレスポンスが返ってくる前に上記センサが通信可能なアクティブ状態に移行するよう、上記スリープ期間を決定してもよい。

[0093] 上記の構成によれば、期間決定部は、レスポンス待ち期間を予測してスリープ期間を決定するので、基地局からのレスポンスが返ってくる前にセンサは通信可能なアクティブ状態に移行することができる。よって、基地局から

のレスポンスをより確実に受信し、かつ、アクティブ時間を削減し、消費電流を低減することができる。

[0094] また、上記期間決定部は、過去の通信における、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでのレスポンス待ち期間に基づいて、上記スリープ期間を決定してもよい。

[0095] 上記の構成によれば、期間決定部は、過去の通信におけるレスポンス待ち時間に基づいて、スリープ期間を決定することができるので、レスポンス待ち期間を予測することができる。よって、基地局からのレスポンスが受信できるように、かつ、できるだけ長いスリープ期間を決定することができる。そのため、より効率的にアクティブ時間を削減することができる。また、通信を中継する中継機の数に関わらず、複数のセンサのアクティブ時間をより均一にすることができるので、例えばセンサが電池で動作する場合、複数のセンサの電池寿命をより均一にすることができる。そのため、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0096] また、上記期間決定部は、上記基地局との通信を中継する中継機の数に応じて、上記スリープ期間を決定してもよい。

[0097] レスポンス待ち期間は、主に基地局との通信を中継する中継機の数に応じて変化する。上記の構成によれば、基地局との通信を中継する中継機の数に応じて、スリープ期間を決定するので、レスポンス待ち期間を予測することができる。よって、基地局からのレスポンスが受信できるように、かつ、できるだけ長いスリープ期間を決定することができる。そのため、より効率的にアクティブ時間を削減することができる。また、通信を中継する中継機の数に関わらず、複数のセンサのアクティブ時間をより均一にすることができるので、例えばセンサが電池で動作する場合、複数のセンサの電池寿命をより均一にすることができる。そのため、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0098] また、上記基地局は、上記センサとの通信を中継する中継機の数に応じたレベルを示す情報を上記センサに送信し、上記期間決定部は、上記レベルに

応じて上記スリープ期間を決定する構成であってもよい。

[0099] 上記の構成によれば、基地局が、センサとの通信を中継する中継機の数に応じたレベルを示す情報をセンサに送信する。通信を中継する中継機の数、レスポンス待ち時間と関連しているので、センサの期間決定部は、上記情報が示すレベルに応じてスリープ期間を決定することにより、基地局からのレスポンスが受信できるように、かつ、できるだけ長いスリープ期間を決定することができる。そのため、より効率的にアクティブ時間を削減することができる。また、通信を中継する中継機の数に関わらず、複数のセンサのアクティブ時間をより均一にすることができるので、例えばセンサが電池で動作する場合、複数のセンサの電池寿命をより均一にすることができる。そのため、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0100] また、上記センサが、データを送信してから上記スリープ期間が経過した後にスリープ状態からアクティブ状態に移行し、アクティブ状態に移行してから所定の期間内に上記基地局からのレスポンスを受信できない場合、上記期間決定部は、次の通信における上記スリープ期間を短く変更する構成であってもよい。

[0101] 例えば、中継の通信経路が変化して通信を中継する中継機の数が増えた場合、それに対応してレスポンス待ち時間も変化すると考えられる。レスポンス待ち時間が短くなった場合、センサがスリープ状態である間に基地局からのレスポンスが返ってくることが考えられる。

[0102] 上記の構成によれば、アクティブ状態に移行してから所定の期間内に基地局からのレスポンスを受信できない場合、期間決定部は、次の通信における上記スリープ期間を短く変更する。よって、通信を中継する中継機の数、レスポンス待ち時間が短くなり、センサがスリープ状態である間に基地局からのレスポンスが返ってきた場合でも、次の通信においてはこれに対応することができ、センサは適切に基地局からのレスポンスを受信することができる。

[0103] 本発明に係る第2のセンサは、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネ

ットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、所定のスリープ期間、スリープ状態になる。

[0104] 本発明に係る第２のセンサの制御方法は、基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは１つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを所定のスリープ期間、スリープ状態にするスリープステップを含む。

[0105] 上記の構成によれば、データを送信してから基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、センサは消費電流の小さいスリープ状態になるので、基地局からのレスポンスを待つ間のアクティブ時間を削減することができる。よって、センサは、消費電流を低減することができる。そのため、例えばセンサが電池で動作する場合、電池寿命を長くすることができ、メンテナンスの負荷を軽減することができる。

[0106] 本発明に係るセンサネットワークシステムは、基地局と、中継機と、上記センサとを含む。

[0107] (プログラムおよび記録媒体)

なお、上記センサは、一部をコンピュータによって実現してもよく、この場合には、コンピュータを上記各部として動作させる制御プログラム、および上記制御プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も、本発明の範疇に入る。

[0108] センサ３a～３dの各ブロック、特にスリープ設定部１５は、ハードウェアロジックによって構成してもよいし、次のようにＣＰＵ（central processing unit）を用いてソフトウェアによって実現してもよい。

[0109] すなわち、センサ３a～３dは、各機能を実現する制御プログラムの命令を実行するＣＰＵ、上記プログラムを格納したＲＯＭ（read only memory）

、上記プログラムを展開するRAM (random access memory)、上記プログラムおよび各種データを格納するメモリ等の記憶装置 (記録媒体) などを備えている。そして、本発明の目的は、上述した機能を実現するソフトウェアであるセンサ3a～3dの制御プログラムのプログラムコード (実行形式プログラム、中間コードプログラム、ソースプログラム) をコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体を、上記センサ3a～3dに供給し、そのコンピュータ (またはCPUやMPU (microprocessor unit)) が記録媒体に記録されているプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成可能である。

[0110] 上記記録媒体としては、例えば、磁気テープやカセットテープ等のテープ系、フロッピー (登録商標) ディスク/ハードディスク等の磁気ディスクやCD-ROM (compact disc read-only memory) /MO (magneto-optical) /MD (Mini Disc) /DVD (digital versatile disk) /CD-R (CD Recordable) 等の光ディスクを含むディスク系、ICカード (メモリカードを含む) /光カード等のカード系、あるいはマスクROM/EPROM (erasable programmable read-only memory) /EEPROM (electrically erasable and programmable read-only memory) /フラッシュROM等の半導体メモリ系などを用いることができる。

[0111] また、センサ3a～3dを通信ネットワークと接続可能に構成し、上記プログラムコードを通信ネットワークを介して供給してもよい。この通信ネットワークとしては、特に限定されず、例えば、インターネット、イントラネット、エキストラネット、LAN (local area network)、ISDN (integrated services digital network)、VAN (value-added network)、CATV (community antenna television) 通信網、仮想専用網 (virtual private network)、電話回線網、移動体通信網、衛星通信網等が利用可能である。また、通信ネットワークを構成する伝送媒体としては、特に限定されず、例えば、IEEE (institute of electrical and electronic engineers) 1394、USB、電力線搬送、ケーブルTV回線、電話線、ADSL (asy

nchronous digital subscriber loop) 回線等の有線でも、I r D A (infrared data association) やリモコンのような赤外線、B l u e t o o t h (登録商標)、8 0 2 . 1 1 無線、H D R (high data rate)、携帯電話網、衛星回線、地上波デジタル網等の無線でも利用可能である。

[0112] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0113] 本発明は、間欠動作を行うセンサに利用することができる。

符号の説明

- [0114]
- 1 基地局
 - 2 a、2 b 中継機
 - 3 a ~ 3 d センサ (センサノード)
 - 1 1 タイマー部
 - 1 2 起動部
 - 1 3 計測部
 - 1 4 通信部
 - 1 5 スリープ設定部 (期間決定部)
 - 1 6 記憶部

請求の範囲

- [請求項1] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、
- スリープ期間を決定する期間決定部を備え、
- 上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでのレスポンス待ち期間の間に、上記スリープ期間、スリープ状態になることを特徴とするセンサ。
- [請求項2] 上記期間決定部は、上記レスポンス待ち期間を予測し、上記基地局からのレスポンスが返ってくる前に上記センサが通信可能なアクティブ状態に移行するよう、上記スリープ期間を決定することを特徴とする請求項1に記載のセンサ。
- [請求項3] 上記期間決定部は、過去の通信における、上記レスポンス待ち期間に基づいて、上記スリープ期間を決定することを特徴とする請求項1に記載のセンサ。
- [請求項4] 上記期間決定部は、上記基地局との通信を中継する中継機の数に応じて、上記スリープ期間を決定することを特徴とする請求項1に記載のセンサ。
- [請求項5] 上記基地局は、上記センサとの通信を中継する中継機の数に応じたレベルを示す情報を上記センサに送信し、
- 上記期間決定部は、上記レベルに応じて上記スリープ期間を決定することを特徴とする請求項1に記載のセンサ。
- [請求項6] 上記センサが、データを送信してから上記スリープ期間が経過した後、スリープ状態からアクティブ状態に移行し、アクティブ状態に移行してから所定の期間内に上記基地局からのレスポンスを受信できない場合、上記期間決定部は、次の通信における上記スリープ期間を短く変更することを特徴とする請求項1に記載のセンサ。
- [請求項7] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにお

いて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサであって、

データを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、所定のスリープ期間、スリープ状態になることを特徴とするセンサ。

[請求項8] 基地局と、中継機と、請求項1または7に記載のセンサとを含むことを特徴とするセンサネットワークシステム。

[請求項9] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、

スリープ期間を決定する期間決定ステップと、

上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを上記スリープ期間、スリープ状態にするスリープステップとを含むことを特徴とするセンサの制御方法。

[請求項10] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御方法であって、

上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを所定のスリープ期間、スリープ状態にするスリープステップを含むことを特徴とするセンサの制御方法。

[請求項11] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御プログラムであって、

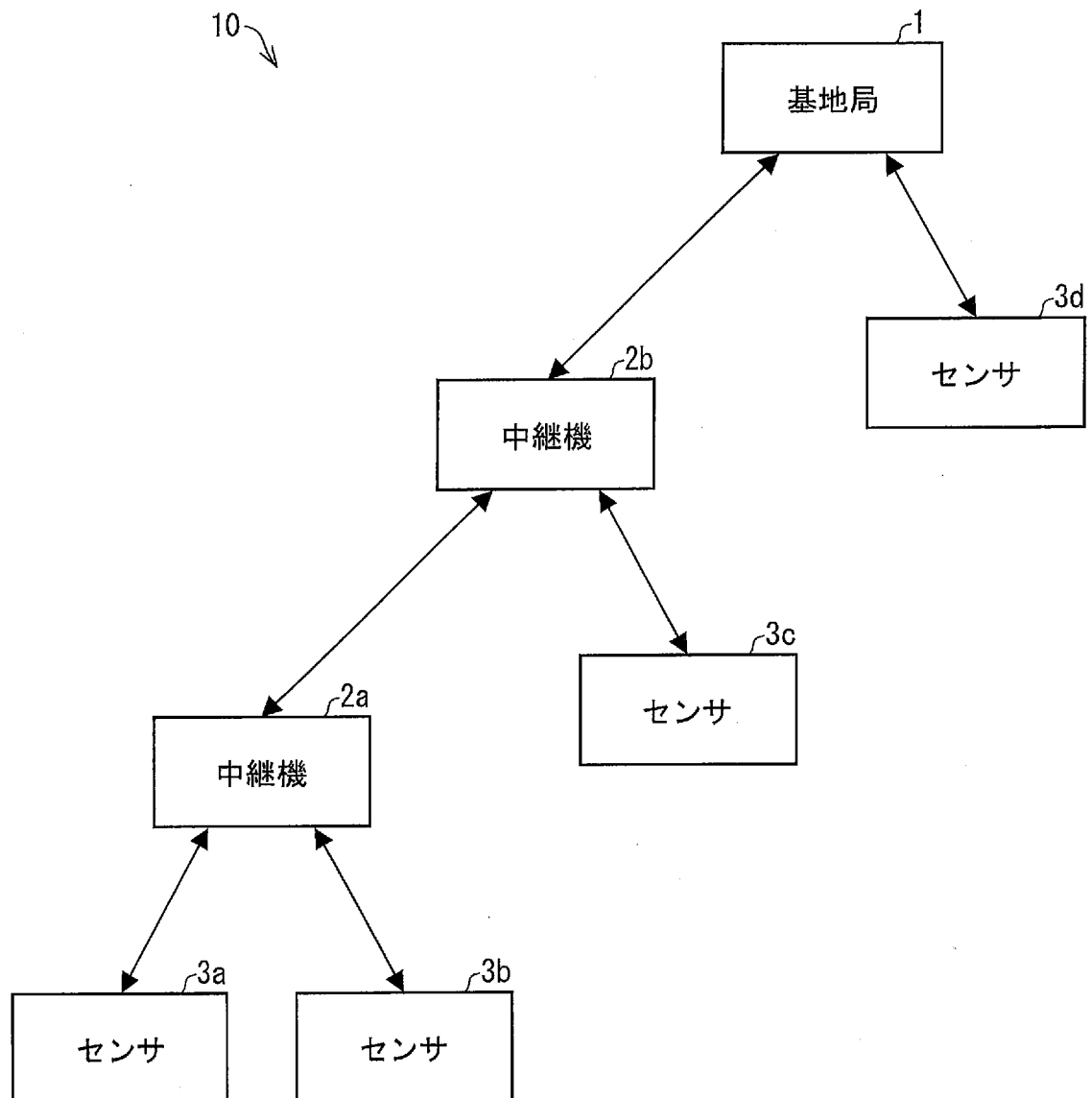
スリープ期間を決定する期間決定ステップと、

上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを上記スリープ期間、スリープ状態

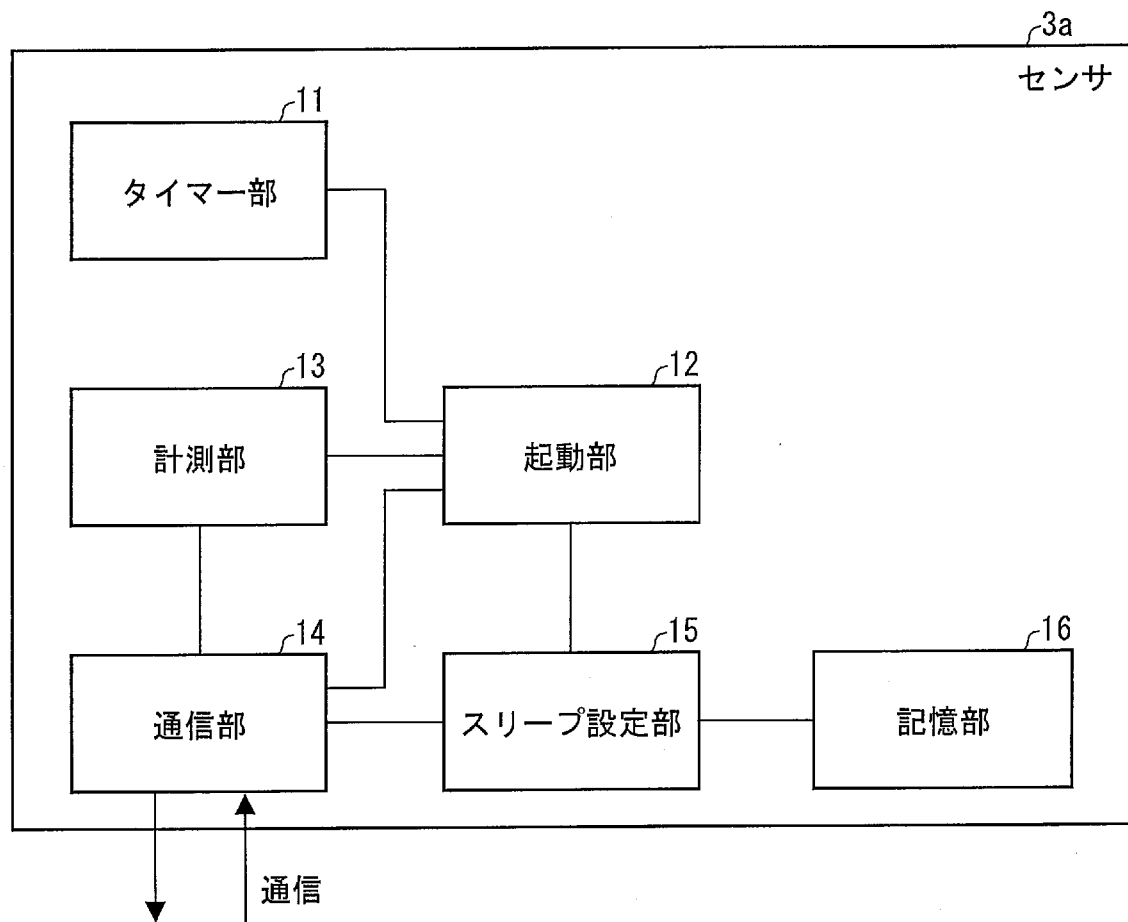
にするスリープステップとを、上記センサが備えるコンピュータに実行させることを特徴とする制御プログラム。

- [請求項12] 基地局と中継機とセンサとを含むセンサネットワークシステムにおいて、間欠動作を行い、直接にまたは1つ以上の上記中継機を介して、上記基地局にデータを送信するセンサの制御プログラムであって、
- 上記センサがデータを送信してから上記基地局からのレスポンスを受信するまでの間に、上記センサを所定のスリープ期間、スリープ状態にするスリープステップを、上記センサが備えるコンピュータに実行させることを特徴とする制御プログラム。

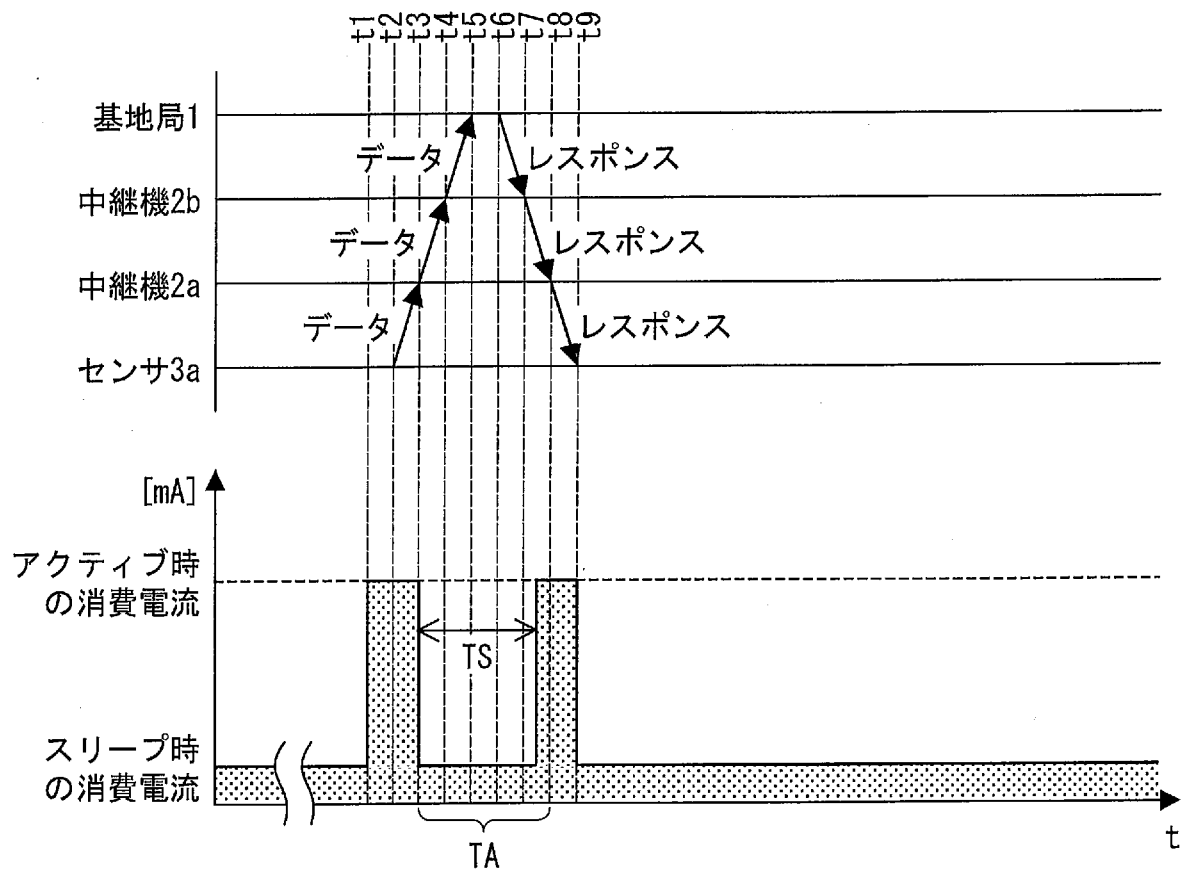
[図1]



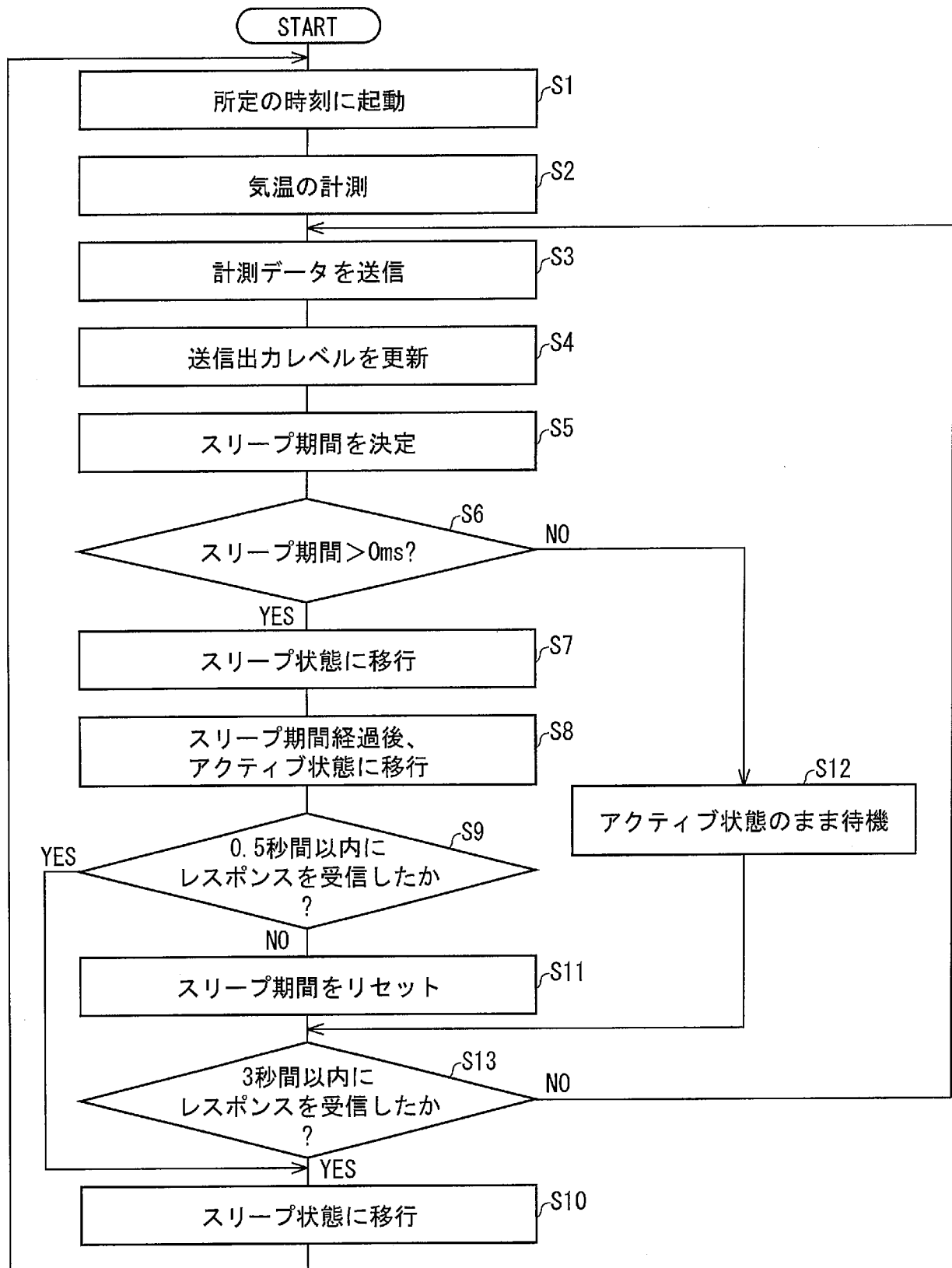
[図2]



[図3]



[図4]



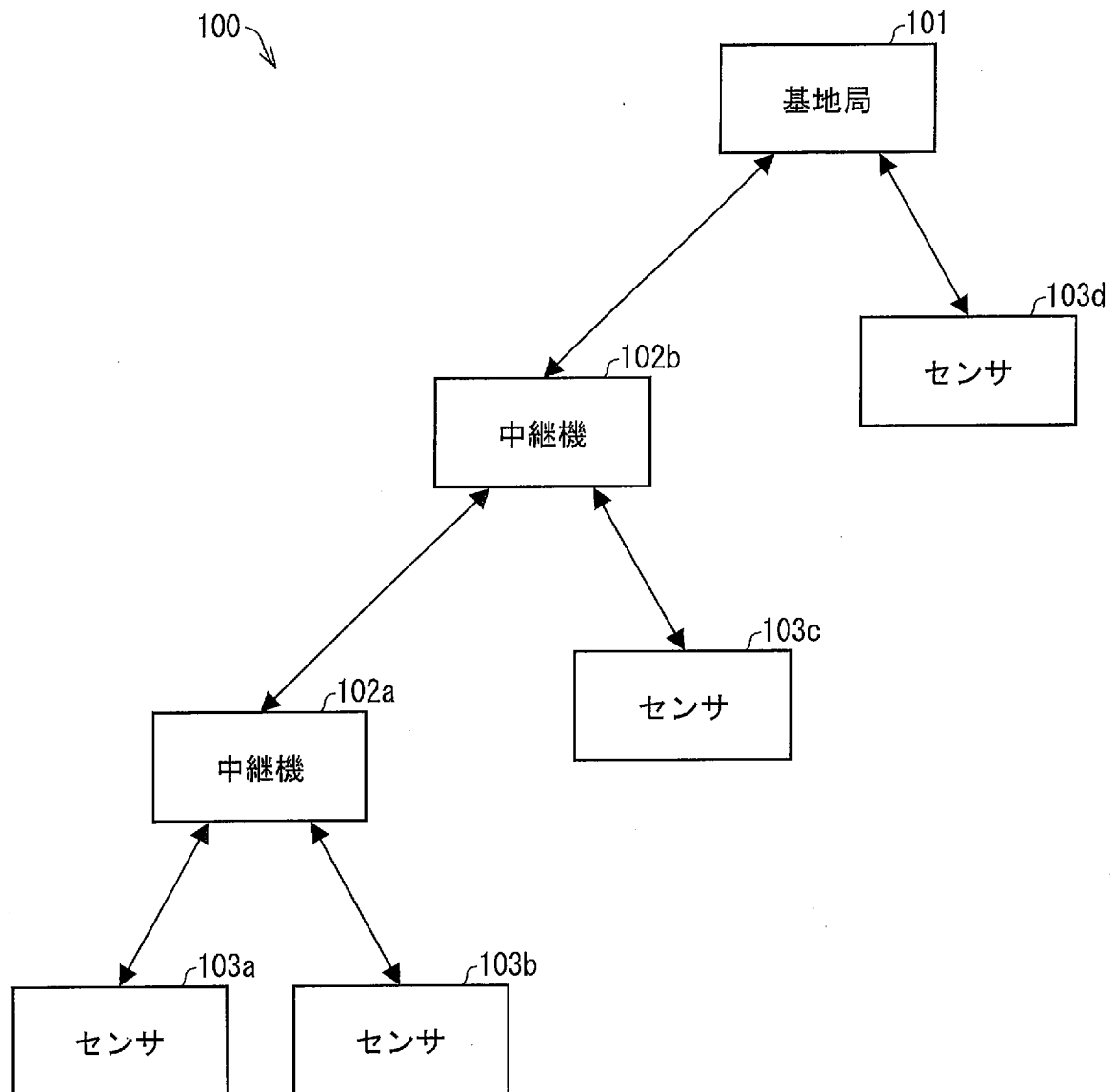
[図5]

パラメータ	値(例)	単位
データ送信間隔	600	秒
アクティブ時間	計測時間+データ送信時間+ レスポンス受信時間+通信待機時間	秒
スリープ時間	600-アクティブ時間	秒
アクティブ時平均消費電流	40	mA
スリープ時平均消費電流	0.025	mA

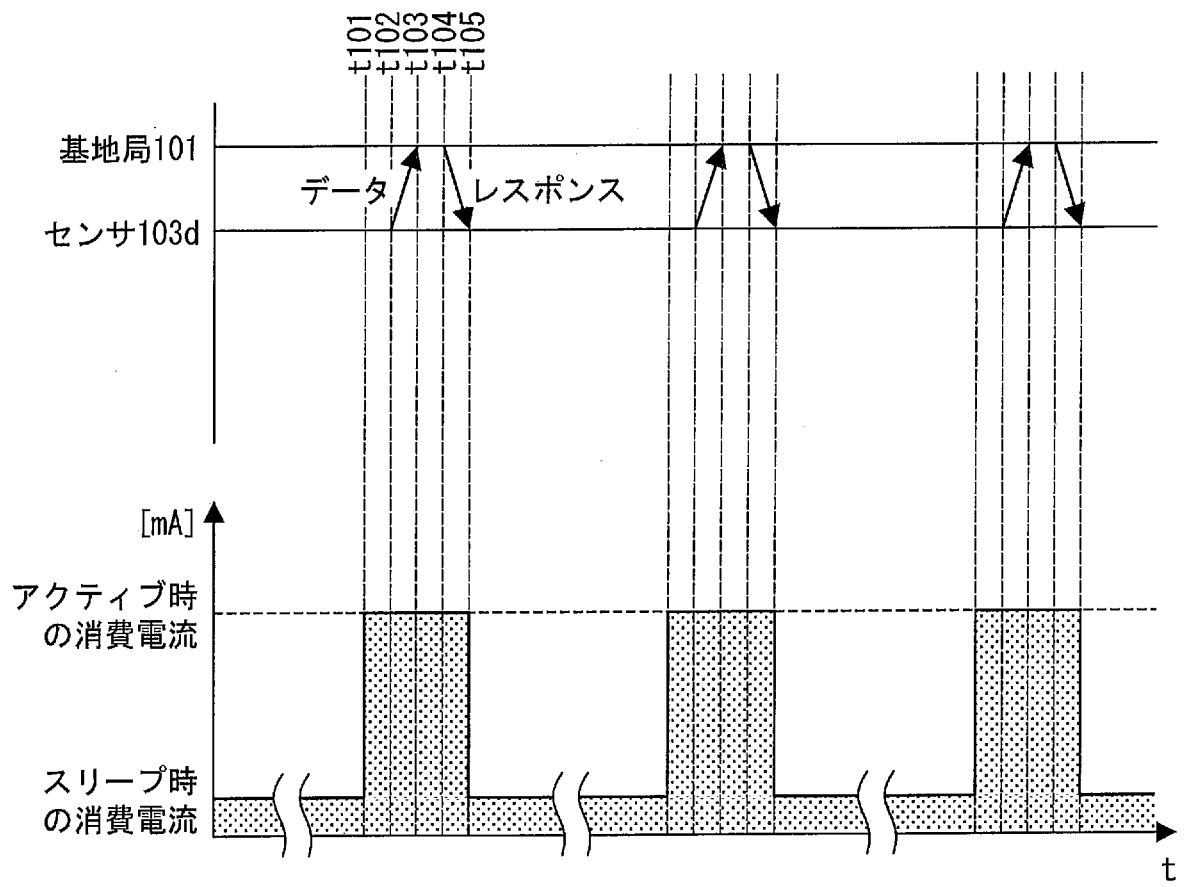
[図6]

中継段数	アクティブ時間 (従来) (スリープ動作無) [秒]	アクティブ時間 (本実施形態) (スリープ動作有) [秒]	消費電流比較 [%]
0	0.07	0.07	100
1	0.092	0.07	96
2	0.114	0.07	92
3	0.136	0.07	89
4	0.158	0.07	85
5	0.18	0.07	82
6	0.202	0.07	79
7	0.224	0.07	77
8	0.246	0.07	74
9	0.268	0.07	72

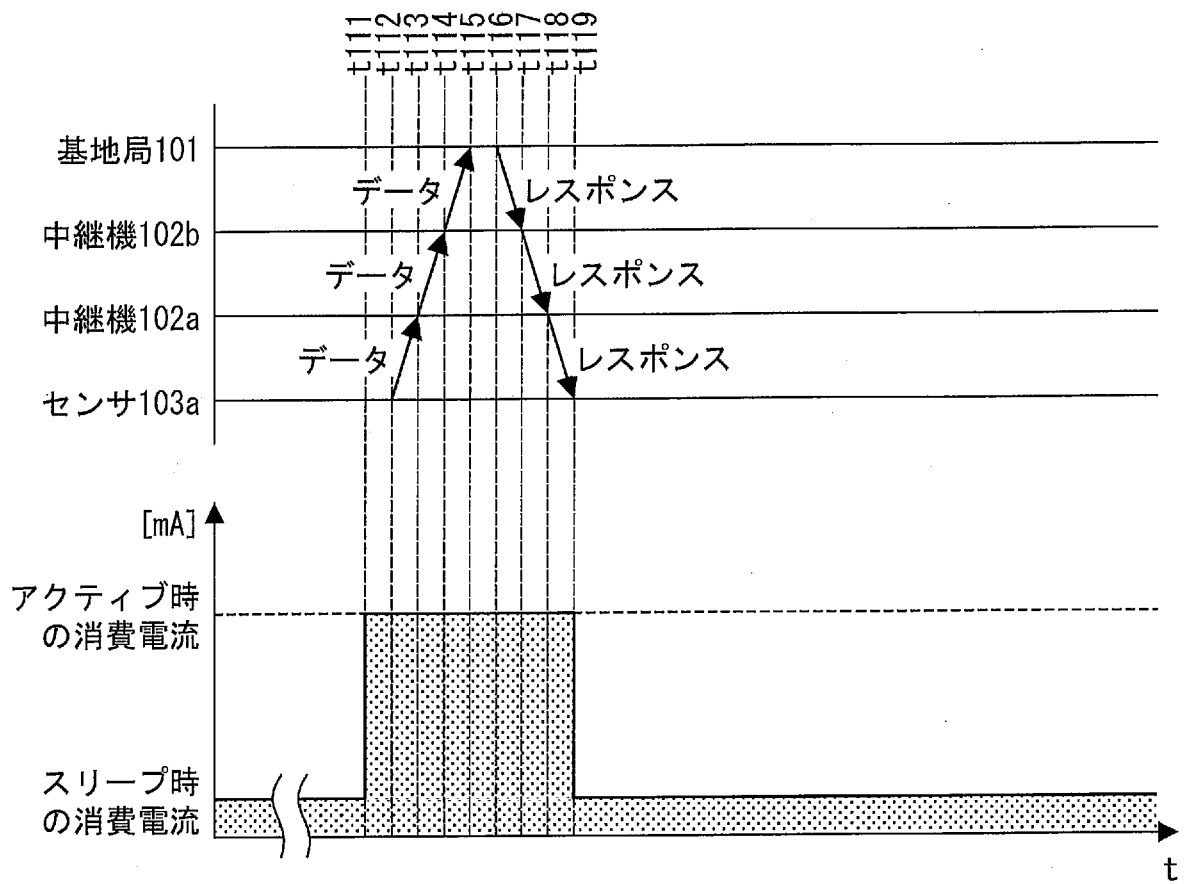
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056269

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W4/04(2009.01) i, H04W16/26(2009.01) i, H04W52/02(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)

H04W4/04, H04W16/26, H04W52/02

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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	JP 2008-228180 A (Japan Radio Co., Ltd.), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0019] to [0054] (Family: none)	1-5, 7-12 6
Y A	JP 2010-130324 A (Sharp Corp.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraphs [0022] to [0026] (Family: none)	1-5, 7-12 6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 April, 2011 (01.04.11)

Date of mailing of the international search report
12 April, 2011 (12.04.11)

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, H04W16/26(2009.01)i, H04W52/02(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. H04W4/04, H04W16/26, H04W52/02

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	JP 2008-228180 A（日本無線株式会社）2008.09.25, 第19-54段落 （ファミリーなし）	1-5, 7-12 6
Y A	JP 2010-130324 A（シャープ株式会社）2010.06.10, 第22-26段落 （ファミリーなし）	1-5, 7-12 6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 1 . 0 4 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 4 . 2 0 1 1

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）

5 J

4 5 3 9

▲高▼須 甲斐

電話番号 03-3581-1101 内線 3534