

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-105975

(P2019-105975A)

(43) 公開日 令和1年6月27日(2019.6.27)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
G06F	1/32	(2019.01)	G06F	1/32	Z	2F073		
G08C	17/00	(2006.01)	G08C	17/00	Z	5B011		
G08C	19/00	(2006.01)	G08C	19/00	G	5K048		
G06F	1/28	(2006.01)	G06F	1/28	D	5K067		
H04W	52/02	(2009.01)	H04W	52/02	110			
			審査請求 未請求			請求項の数 10 O L (全 22 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-237679 (P2017-237679)
 (22) 出願日 平成29年12月12日 (2017.12.12)

(71) 出願人 000116024
 ローム株式会社
 京都府京都市右京区西院溝崎町2-1番地
 (74) 代理人 110001933
 特許業務法人 佐野特許事務所
 (72) 発明者 ホアン ニャット タン
 京都市右京区西院溝崎町2-1番地 ローム株式会社内
 Fターム(参考) 2F073 AA02 AA03 AA09 AA19 AA40
 AB01 AB04 BB01 BC02 CC03
 CC15 CD11 DE02 EE01 EE13
 FF01 FG01 FG02 FH09 GG01
 GG03 GG07 GG08
 5B011 DA06 DA12 EA08 FF01 GG03
 KK02 KK03 LL12
 最終頁に続く

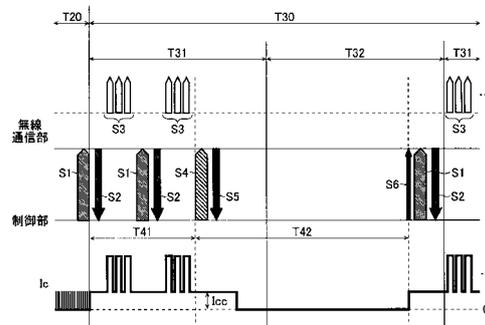
(54) 【発明の名称】 無線通信プロトコル

(57) 【要約】

【課題】無線通信部の消費電力を低減する。

【解決手段】無線通信プロトコルでは、複数のパケットS3から成るデータを無線通信部で送信するための無線通信期間T30において、パケットS3を連続して送信することのできる送信期間T31が制限されている。すなわち、所定の送信期間T31が経過した後は所定の休止期間T32に亘ってパケットS3の送信再開を待機しなければならない。従って、無線通信期間T30の開始から終了まで、送信期間T31と休止期間T32が交互に繰り返される。ここで、新規な無線通信プロトコルでは、送信期間T31毎に送信するパケットS3の個数を固定しておき、その送信動作を送信期間T31内に完了させた上で、休止期間T32には無線通信部を通常モードからこれよりも消費電力の小さい省電力モードに移行させる。これにより、休止期間T32での消費電流Icがほぼ0となる。

【選択図】 図15



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のパケットから成るデータを無線通信部で送信するための無線通信期間において、前記パケットを連続して送信することのできる送信期間が制限されており、所定の送信期間が経過した後は所定の休止期間に亘って前記パケットの送信再開を待機しなければならず、前記無線通信期間の開始から終了まで、前記送信期間と前記休止期間が交互に繰り返される無線通信プロトコルであって、

前記送信期間毎に送信するパケットの個数を固定しておき、その送信動作を前記送信期間内に完了させた上で、前記休止期間には前記無線通信部を通常モードからこれよりも消費電力の小さい省電力モードに移行させることを特徴とする無線通信プロトコル。

10

【請求項 2】

制御部と、前記制御部により制御される無線通信部と、を有し、請求項 1 に記載の無線通信プロトコルに則ってデータの無線通信を行うことを特徴とする無線通信回路。

【請求項 3】

前記制御部は、前記無線通信部への送信要求を開始してから所定の移行待機時間が経過した時点で省電力モード移行信号を出力し、

前記無線通信部は、前記省電力モード移行信号に応じて前記通常モードから前記省電力モードに移行することを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信回路。

【請求項 4】

前記制御部は、前記省電力モード移行信号を出力してから所定の復帰待機時間が経過した時点で通常モード復帰信号を出力し、

前記無線通信部は、前記通常モード復帰信号に応じて前記省電力モードから前記通常モードに復帰することを特徴とする請求項 3 に記載の無線通信回路。

20

【請求項 5】

前記制御部は、前記無線通信部への送信要求を開始してから所定の移行待機時間が経過した時点で前記無線通信部への電力供給を停止し、

前記無線通信部は、前記電力供給の停止により前記通常モードから前記省電力モードに移行することを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信回路。

【請求項 6】

前記制御部は、前記無線通信部への電力供給を停止してから所定の復帰待機時間が経過した時点で前記無線通信部への電力供給を再開し、

前記無線通信部は、前記電力供給の再開により前記省電力モードから前記通常モードに復帰することを特徴とする請求項 5 に記載の無線通信回路。

30

【請求項 7】

所定の計測対象を計測するセンサ部と、

前記センサ部で得られた計測結果の無線通信を行う請求項 2 ~ 請求項 6 のいずれか一項に記載の無線通信回路と、

を有することを特徴とするセンサ回路。

【請求項 8】

環境発電部及び蓄電部を含む電源回路と、

前記電源回路から電力供給を受けて間欠的に動作する請求項 7 に記載のセンサ回路と、
を有することを特徴とするセンサモジュール。

40

【請求項 9】

前記蓄電部に蓄えられた入力電圧を常時監視する電圧監視回路をさらに有し、

前記センサ回路は、計測対象の計測及び計測結果の無線通信を行うアクティブ状態と、その動作を休止するスリープ状態と、を交互に繰り返すものであり、前記スリープ状態では、所定の周期で前記電圧監視回路の出力確認を行い、前記入力電圧が所定の基準電圧よりも高ければ前記アクティブ状態に復帰し、前記入力電圧が前記基準電圧よりも低ければ前記スリープ状態を維持することを特徴とする請求項 8 に記載のセンサモジュール。

【請求項 10】

50

請求項 8 または請求項 9 に記載のセンサモジュールと、
前記センサモジュールの計測結果を無線で受信する受信機と、
を有することを特徴とするセンサネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書中に開示されている発明は、例えば、センサモジュール向けの無線通信プロトコルに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、無線通信プロトコルでは、パケットを連続して送信することのできる送信期間が制限されており、所定の送信期間（例えば最長 50ms）が経過した後は、所定の休止期間（例えば最短 50ms）に亘って、パケットの送信再開を待機しなければならない（例えば日本の電波法に準拠した標準規格の一つである ARIB STD-T108 を参照）。そのため、複数のパケットから成るデータを無線通信部で送信するための無線通信期間には、その開始から終了まで、上記の送信期間と休止期間が交互に繰り返される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013-191984 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来無線通信プロトコルでは、これに則って無線通信を行う無線通信部の消費電力低減について、さらなる改善の余地があった。

【0005】

本明細書中に開示されている発明は、本願の発明者らにより見出された上記の課題に鑑み、無線通信部の消費電力を低減することのできる新規な無線通信プロトコル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】

【0006】

本明細書中に開示されている無線通信プロトコルは、複数のパケットから成るデータを無線通信部で送信するための無線通信期間において、前記パケットを連続して送信することのできる送信期間が制限されており、所定の送信期間が経過した後は所定の休止期間に亘って前記パケットの送信再開を待機しなければならないが、前記無線通信期間の開始から終了まで、前記送信期間と前記休止期間が交互に繰り返されるものであって、前記送信期間毎に送信するパケットの個数を固定しておき、その送信動作を前記送信期間内に完了させた上で、前記休止期間には前記無線通信部を通常モードからこれよりも消費電力の小さい省電力モードに移行させる構成（第 1 の構成）とされている。

【0007】

また、本明細書中に開示されている無線通信回路は、制御部と、前記制御部により制御される無線通信部と、を有し、上記第 1 の構成から成る無線通信プロトコルに則ってデータの無線通信を行う構成（第 2 の構成）とされている。

【0008】

なお、上記第 2 の構成から成る無線通信回路において、前記制御部は、前記無線通信部への送信要求を開始してから所定の移行待機時間が経過した時点で省電力モード移行信号を出力し、前記無線通信部は、前記省電力モード移行信号に応じて前記通常モードから前記省電力モードに移行する構成（第 3 の構成）にするとよい。

【0009】

また、上記第 3 の構成から成る無線通信回路において、前記制御部は、前記省電力モー

10

20

30

40

50

ド移行信号を出力してから所定の復帰待機時間が経過した時点で通常モード復帰信号を出力し、前記無線通信部は、前記通常モード復帰信号に応じて前記省電力モードから前記通常モードに復帰する構成（第4の構成）にするとよい。

【0010】

また、上記第2の構成から成る無線通信回路において、前記制御部は、前記無線通信部への送信要求を開始してから所定の移行待機時間が経過した時点で前記無線通信部への電力供給を停止し、前記無線通信部は、前記電力供給の停止により前記通常モードから前記省電力モードに移行する構成（第5の構成）にしてもよい。

【0011】

また、上記第5の構成から成る無線通信回路において、前記制御部は、前記無線通信部への電力供給を停止してから所定の復帰待機時間が経過した時点で前記無線通信部への電力供給を再開し、前記無線通信部は、前記電力供給の再開により前記省電力モードから前記通常モードに復帰する構成（第6の構成）にするとよい。

10

【0012】

また、本明細書中に開示されているセンサ回路は、所定の計測対象を計測するセンサ部と、上記第2～第6いずれかの構成から成り前記センサ部で得られた計測結果の無線通信を行う無線通信回路と、を有する構成（第7の構成）とされている。

【0013】

また、本明細書中に開示されているセンサモジュールは、環境発電部及び蓄電部を含む電源回路と、上記第7の構成から成り前記電源回路から電力供給を受けて間欠的に動作するセンサ回路と、を有する構成（第8の構成）とされている。

20

【0014】

なお、上記第8の構成から成るセンサモジュールは、前記蓄電部に蓄えられた入力電圧を常時監視する電圧監視回路をさらに有し、前記センサ回路は、計測対象の計測及び計測結果の無線通信を行うアクティブ状態と、その動作を休止するスリープ状態とを交互に繰り返すものであり、前記スリープ状態では、所定の周期で前記電圧監視回路の出力確認を行い、前記入力電圧が所定の基準電圧よりも高ければ前記アクティブ状態に復帰し、前記入力電圧が前記基準電圧よりも低ければ前記スリープ状態を維持する構成（第9の構成）にするとよい。

【0015】

また、本明細書中に開示されているセンサネットワークは、上記第8または第9の構成から成るセンサモジュールと、前記センサモジュールの計測結果を無線で受信する受信機と、を有する構成（第10の構成）とされている。

30

【発明の効果】

【0016】

本明細書中に開示されている発明によれば、無線通信部の消費電力を低減することのできる新規な無線通信プロトコルを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】センサネットワークの第1実施形態を示す図

40

【図2】センサモジュールの一構成例を示す図

【図3】間欠動作の比較例（電圧監視なし）を示すタイムチャート

【図4】間欠動作の一例（電圧監視あり）を示すフローチャート

【図5】間欠動作の一例（電圧監視あり）を示すタイムチャート

【図6】データ取得タイミングの周期性を示すタイムチャート

【図7】電圧監視回路の第1実施例を示す図

【図8】電圧監視回路の第2実施例を示す図

【図9】センサネットワークの第2実施形態を示す図

【図10】コリジョン回避手法の一例を示すタイムチャート

【図11】TSA [time slot assign] 手法の一例を示す図

50

【図 1 2】一般的な無線通信プロトコルにおける電流プロファイルを示す図

【図 1 3】一般的な無線通信プロトコルにおける各部の挙動を示す図

【図 1 4】一般的な無線通信プロトコルにおける課題を示す図

【図 1 5】新規な無線通信プロトコルにおける各部の挙動を示す図

【発明を実施するための形態】

【0018】

<センサネットワーク（第 1 実施形態）>

図 1 は、センサネットワークの第 1 実施形態を示す図である。本実施形態のセンサネットワーク X は、センサモジュール 1 と、受信機 2 と、サーバ 3 と、を有する。

【0019】

センサモジュール 1 は、例えば、環境発電による自己発電電力を用いて動作する端末であり、所定の計測対象（＝機械の振動など）を計測する。また、センサモジュール 1 は、一方向または双方向の無線通信機能を備えており、受信機 2 に対して自身の計測結果を無線で送信する。

【0020】

受信機 2 は、センサモジュール 1 の計測結果を無線で受信し、これをサーバ 3 に有線または無線で転送する通信機器である。

【0021】

サーバ 3 は、受信機 2 から転送されたセンサモジュール 1 の計測結果について、その記録や解析などを行う。

【0022】

本実施形態のセンサネットワーク X では、センサモジュール 1 の消費電力が環境発電によって賄われているので、センサモジュール 1 については、電源配線の敷設や電池の交換が不要となる。また、センサモジュール 1 と受信機 2 との間では、無線通信が行われるので、相互間を結ぶ信号配線も不要となる。従って、センサモジュール 1 を任意の箇所に配置することが可能となる。

【0023】

例えば、センサネットワーク X を用いて車両の振動や温度などをモニタリングする場合には、センサモジュール 1 への電源配線や信号配線を省略することにより、車両の軽量化を図ることが可能となる。また、センサネットワーク X を用いて患者の生体情報などをモニタリングする場合には、センサモジュール 1 を患者の体内に埋め込み、その検出結果を体外の受信機 2 で読み出すことにより、患者の負担を軽減することが可能である。また、工場などにおいて、空調機やコンプレッサなどの振動または温度をモニタリングする場合には、搬送車による断線や、配線による事故を減らすことが可能となる。

【0024】

<センサモジュール>

図 2 は、センサモジュール 1 の一構成例を示す図である。本構成例のセンサモジュール 1 は、電源回路 10 と、センサ回路 20 と、電圧監視回路 30 と、を含む。

【0025】

電源回路 10 は、センサモジュール 1 の各部に電力を供給するための手段であり、環境発電部 11 と、蓄電部 12 と、パワーマネジメント部 13 と、を含む。

【0026】

環境発電部 11 は、センサモジュール 1 の置かれた環境下に存在するエネルギー（＝振動、光、熱など）を受けて発電する手段（いわゆるエナジーハーベスタ）である。なお、振動をエネルギー源とする場合には、発電素子として、ピエゾ素子などの圧電素子を用いるとよい。また、太陽光や照明光をエネルギー源とする場合には、発電素子として、シリコン系、化合物系、または、有機系などの光電素子を用いるとよい。また、熱をエネルギー源とする場合には、発電素子として、ペルチェ素子などの熱電素子を用いるとよい。また、環境発電（ないしは自己発電）をより広義に捉えると、CT 方式電流センサを用いることもできる。その原理は、測定導体（1 次側）に流れる交流電流による磁気コア内に発

10

20

30

40

50

生した磁束を打ち消すように２次側の巻線に巻線比に応じた交流電流（２次電流）が流れるというものである。ただし、上記はあくまで例示であり、他の発電原理による発電デバイスを用いても構わない。例えば、振動発電には、圧電式（ピエゾ素子を用いるもの）だけでなく、電磁誘導式（コイルと磁石を用いた電磁誘導によるもの）や、静電式（エレクトレットを用いるもの）などがある。

【 0 0 2 7 】

蓄電部 1 2 は、環境発電部 1 1 で得られた自己発電電力（ただし C T 方式電流センサを用いる場合には非接触給電電力と読み替えてもよい）を蓄える手段であり、例えば、スーパーキャパシタ（＝電気二重層キャパシタの総称）を好適に用いることができる。なお、蓄電部 1 2 に蓄えられた入力電圧 V_{in} （＝スーパーキャパシタの充電電圧）は、パワー

10

【 0 0 2 8 】

パワーマネジメント部 1 3 は、入力電圧 V_{in} から所望の電源電圧 V_{dd} を生成してセンサ回路 2 0 に供給する。なお、パワーマネジメント部 1 3 としては、例えば、D C / D C コンバータを好適に用いることができる。

【 0 0 2 9 】

センサ回路 2 0 は、センサ部 2 1 と、無線通信部 2 2 と、制御部 2 3 と、を含み、電源回路 1 0 から電力供給を受けて間欠的に動作する。

【 0 0 3 0 】

センサ部 2 1 は、所定の計測対象（磁気、加速度、角速度、圧力、歪み、振動、温度、湿度、光、赤外線、紫外線、電磁波、放射線、電界、電流、電圧、電力、位置、距離、変位、流速、流量、成分、組成、濃度、音、ガス、匂い、電気伝導度、p H、水位、カウンタなど）を計測する手段である。なお、センサ部 2 1 は、アナログ出力であってもデジタル出力であっても構わない。

20

【 0 0 3 1 】

なお、センサモジュール 1 では、環境発電部 1 1 のエネルギー源とセンサ部 2 1 の計測対象が共通であるとよい。一つの例として、環境発電部 1 1 で振動をエネルギー源とし、センサ部 2 1 で上記の振動を計測対象としている場合が挙げられる。この場合、センサ部 2 1 が振動を計測しようとするときには、その振動を受けて環境発電部 1 1 で発電が行われるので、振動以外をエネルギー源とする場合と比べて、より確実にセンサ部 2 1 への電力供給を行うことが可能となる。

30

【 0 0 3 2 】

無線通信部 2 2 は、制御部 2 3 からの指示に応じてセンサ部 2 1 で得られた計測結果を受信機 2 に無線で送信する。なお、無線通信部 2 2 と制御部 2 3 は、それぞれ、無線通信回路を構成する回路要素の一つとして理解することもできる。

【 0 0 3 3 】

制御部 2 3 は、センサ部 2 1 と無線通信部 2 2 の制御主体であり、センサ部 2 1 の出力信号を受け付けるインタフェース回路や、各種の信号処理を行うデジタル制御回路などを含む。制御部 2 3 としては、M C U [micro control unit] などが好適に用いられる。

【 0 0 3 4 】

電圧監視回路 3 0 は、蓄電部 1 2 に蓄えられた入力電圧 V_{in} を常時監視し、その監視結果を出力信号 S_o として制御部 2 3 に送出する。

40

【 0 0 3 5 】

なお、環境発電部 1 1 のハースタ能力は、必ずしも大きいものではなく、センサ回路 2 0 を常時動作し続けることは難しい。そこで、センサ回路 2 0 は、所定の周期 T で電圧監視回路 3 0 の出力信号 S_o を確認しながら、計測対象の計測及び計測結果の無線通信を行うアクティブ状態と、その動作を一時的に休止するスリープ状態と、を交互に繰り返す間欠動作を行う。以下では、センサ回路 2 0 の間欠動作について詳述する。

【 0 0 3 6 】

< 間欠動作 >

50

まず、電圧監視回路30を用いた間欠動作の説明に先立ち、その比較例として、電圧監視回路30を用いない間欠動作について、図3を参照しながら簡単に説明しておく。

【0037】

図3は、間欠動作の比較例（電圧監視なし）を示すタイムチャートであり、上側から順に、入力電圧 V_{in} とセンサ回路20の動作状態（A：アクティブ状態、S：スリープ状態）が示されている。なお、オン電圧 V_{on} は、パワーマネジメント部13がオンする電圧であり、オフ電圧 V_{off} は、パワーマネジメント部13がオフする電圧である。

【0038】

本図で示したように、センサ回路20は、アクティブ状態A（＝計測及び無線通信）とスリープ状態S（＝充電）を交互に繰り返す間欠動作を行う。なお、本図では、図示の便宜上、アクティブ状態Aを維持する時間（例えば時刻 t_{11} ～ t_{12} ）が本来よりも長く描写されているが、実際には、スリープ状態Sを維持する時間（＝間欠動作の周期 T （例えば数分～数時間））と比べて極めて短時間で完了する。

10

【0039】

仮に、スリープ状態Sにおける蓄電電力がアクティブ状態Aにおける消費電力よりも大きい場合には、入力電圧 V_{in} が一旦オン電圧 V_{on} を上回って以降、これがオフ電圧 V_{off} を下回ることはない。従って、センサ回路20は、一定の周期 T を維持して間欠動作を行うことが可能である。

【0040】

一方、本図で示したように、スリープ状態Sにおける蓄電電力がアクティブ状態Aにおける消費電力よりも小さい場合には、スリープ状態Sからアクティブ状態Aへ復帰する度に、入力電圧 V_{in} が徐々に低下していき、最終的にはオフ電圧 V_{off} を下回る。その結果、パワーマネジメント部13がオフとなり、センサ回路20への電力供給が停止されるので、制御部23のタイマが切れて一定の周期 T で間欠動作を行うことができなくなる（時刻 t_{12} ～ t_{13} と時刻 t_{14} ～ t_{15} を比較参照、 $T \rightarrow T'$ ）。このように、間欠動作の周期 T が変動してしまうと、周期性を持つデータを取得することができなくなる。

20

【0041】

また、アクティブ状態Aの途中で、入力電圧 V_{in} がオフ電圧 V_{off} を下回った場合には、計測及び無線通信が中断されるので、十分なデータを取得することができなかつたり、若しくは、全てのデータを送信することができなかつたりする（時刻 t_{13} ～ t_{14} を参照）。

30

【0042】

上記の不具合は、パワーマネジメント部13のオン電圧 V_{on} 及びオフ電圧 V_{off} を調整することにより、多少改善することはできるが、根本的に解決することはできない。以下では、電圧監視回路30を用いることにより、上記の不具合を根本的に解決することができる間欠動作について詳述する。

【0043】

図4は、電圧監視回路30を用いた間欠動作の一例を示すフローチャートである。センサモジュール1の起動により、環境発電部11の発電動作が始まると、蓄電部12に蓄えられた入力電圧 V_{in} が上昇していく。そして、ステップS1において、入力電圧 V_{in} がオン電圧 V_{on} に達すると、続くステップS2において、パワーマネジメント部13がオンとなる。

40

【0044】

その結果、センサ回路20への電力供給が開始されるので、ステップS3において、センサ回路20がオンとなる。その後、ステップS4では、センサ部21による計測対象の計測が行われ、さらに、ステップS5では、無線通信部22による計測結果の無線通信が行われる。なお、これらのステップS3～S5は、先述のアクティブ状態に相当する。

【0045】

ステップS5の無線通信が完了すると、続くステップS6において、センサ回路20がオフとなる。すなわち、センサ回路20がアクティブ状態からスリープ状態に移行する。

50

ただし、スリープ状態への移行後も、アクティブ状態への復帰に必要な回路要素（制御部 23 のタイマなど）については、パワーマネジメント部 13 から最小限の電力供給を受けて動作を継続している。

【0046】

その後、ステップ S7 では、制御部 23 により、周期 T が経過したか否かの判定が行われる。ここで、イエス判定が下されたときにはフローがステップ S8 に進められ、ノー判定が下されたときにはフローがステップ S7 に戻される。

【0047】

ステップ S7 でイエス判定が下された場合、ステップ S8 では、制御部 23 により、電圧監視回路 30 の出力信号 S_o が確認され、入力電圧 V_{in} が所定の基準電圧 V_{ref} よりも高いか否かの判定が行われる。なお、本フローでは明示されていないが、電圧監視回路 30 は、センサ回路 20 の動作状態に依ることなく、入力電圧 V_{in} を常時監視しているものとする。ここで、イエス判定が下されたときには、フローがステップ S3 に戻されて、スリープ状態からアクティブ状態への復帰が行われる。一方、ノー判定が下されたときには、フローがステップ S7 に戻されて、周期 T の経過判定が繰り返される。

10

【0048】

すなわち、本フローでは、スリープ状態（ステップ S6 ~ S8）において、所定の周期 T で電圧監視回路 30 の出力確認が行われており、入力電圧 V_{in} が所定の基準電圧 V_{ref} よりも高ければアクティブ状態に復帰し、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも低ければスリープ状態を維持するように、言い換えれば、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} を上回るまで、周期 T のスリープ状態を繰り返すように、ループが回されている。

20

【0049】

図 5 は、電圧監視回路 30 を用いた間欠動作の一例を示すタイムチャートであり、先の図 3 と同様、上側から順に、入力電圧 V_{in} とセンサ回路 20 の動作状態（A：アクティブ状態、S：スリープ状態）が示されている。

【0050】

なお、先述の基準電圧 V_{ref} は、パワーマネジメント部 13 のオフ電圧 V_{off} に対して、少なくとも、アクティブ状態 A（時刻 t₂₁ ~ t₂₂、時刻 t₂₃ ~ t₂₄、または、時刻 t₂₆ ~ t₂₇ を参照）における入力電圧 V_{in} の想定低下値 だけ高い電圧値（V_{ref} - V_{off} + ）に設定されているものとする。

30

【0051】

時刻 t₂₁ ~ t₂₂ におけるアクティブ状態 A（図 4 のステップ S3 ~ S5 に相当）の完了後、時刻 t₂₂ では、センサ回路 20 がアクティブ状態 A からスリープ状態 S に移行する（図 4 のステップ S6 に相当）。従って、入力電圧 V_{in} が低下から上昇に転じる。

【0052】

その後、時刻 t₂₃ では、周期 T の経過（図 4 のステップ S7 = Y に相当）に伴い、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰判定（図 4 のステップ S8 に相当）が行われる。なお、本図の例では、時刻 t₂₃ の時点で入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} を上回っているため、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰が認められる（図 4 のステップ S8 = Y に相当）。従って、入力電圧 V_{in} が上昇から低下に転じる。

40

【0053】

さらに、時刻 t₂₃ ~ t₂₄ におけるアクティブ状態 A（図 4 のステップ S3 ~ S5 に相当）の完了後、時刻 t₂₄ では、センサ回路 20 が再びアクティブ状態 A からスリープ状態 S に移行する（図 4 のステップ S6 に相当）。従って、入力電圧 V_{in} が再び低下から上昇に転じる。

【0054】

その後、時刻 t₂₅ では、周期 T の経過（図 4 のステップ S7 = Y に相当）に伴い、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰判定（図 4 のステップ S8 に相当）が行われる。ただし、本図の例では、時刻 t₂₅ の時点で入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} を上回っていないため、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰が認められず、スリー

50

ブ状態 S が維持される (図 4 のステップ S 8 = N に相当) 。従って、入力電圧 V_{in} は、低下に転じることなく上昇し続ける。

【 0 0 5 5 】

時刻 t_{25} において、アクティブ状態 A への復帰が見送られた後、時刻 t_{26} では、2 回目の周期 T の経過 (図 4 のステップ S 7 = Y に相当) に伴い、再びスリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰判定 (図 4 のステップ S 8 に相当) が行われる。なお、本図の例では、時刻 t_{26} の時点で入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} を上回っているため、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰が認められず、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰が認められる (図 4 のステップ S 8 = Y に相当) 。従って、入力電圧 V_{in} が上昇から低下に転じる。

10

【 0 0 5 6 】

時刻 t_{26} 以降についても、上記と同様の動作が繰り返されることにより、電圧監視回路 30 を用いた間欠動作が継続される。このような動作アルゴリズムによれば、センサモジュール 1 は、常に安全な電圧領域 ($V_{in} > V_{off}$) で動作し続けることができる。

【 0 0 5 7 】

従って、アクティブ状態 A の途中で動作が中断してしまうことがなくなるので、十分なデータを取得することができなかつたり、若しくは、全てのデータを送信することができなかつたりする不具合を未然に防止することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

また、上記の動作アルゴリズムによれば、図 6 で示したように、データの取得間隔が周期 T の n 倍 (ただし n は自然数であり、環境発電部 11 のハーベスタ能力に依存して変動する可変値) となる。従って、周期性のあるデータ取得を行うことが可能となり、受信機 2 でデータを読み取るべきタイミングを事前に予測することができるようになる。

20

【 0 0 5 9 】

なお、図 6 の \square 印 (= 時刻 t_{31} 、 t_{32} 、 t_{34} 、 t_{37}) は、データ取得が行われたタイミングを示しており、図 6 の \times 印 (= 時刻 t_{33} 、 t_{35} 、 t_{36}) は、データ取得がスキップされたタイミングを示している。従って、本図におけるデータ取得間隔は、 T (= 時刻 $t_{31} \sim t_{32}$)、 $2T$ (= 時刻 $t_{32} \sim t_{34}$)、及び、 $3T$ (= 時刻 $t_{34} \sim t_{37}$) となる。

【 0 0 6 0 】

例えば、モータの振動を一定時間毎に計測しようとする場合、既存のセンサネットワークでは、環境発電部 11 のハーベスタ能力が低いときに、間欠動作の周期自体がばらつくので、データを読み取るべきタイミングを全く予測することができない。

30

【 0 0 6 1 】

これに対して、本構成例のセンサネットワーク X であれば、環境発電部 11 のハーベスタ能力が低くても、常に一定の周期 T でデータ取得の可否判定 (図 4 のステップ S 7 及び S 8 を参照) が行われる。すなわち、データの取得間隔は、所定の周期 T を基準として n 倍の長さ (= $n \times T$) に規格化されている。従って、周期 T 毎にデータを読み取りに行っておけば、少なくともデータを取り逃すおそれなくなる。

【 0 0 6 2 】

また、本構成例のセンサモジュール 1 であれば、自身の電圧監視回路 30 を用いて上記の間欠動作を実現することができる。従って、特許文献 1 の従来技術と異なり、別途のシステムマネージャを何ら要することなく、自ら間欠動作の周期 T を決められるので、より簡易にセンサネットワーク X を構築することが可能となる。

40

【 0 0 6 3 】

また、本構成例のセンサモジュール 1 では、計測対象の計測 (図 4 のステップ S 4) と計測結果の無線通信 (図 4 のステップ S 5) がセットとされており、スリープ状態 S からアクティブ状態 A への復帰判定時に入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} を上回っていない限り、双方の動作がいずれもスキップされる。

【 0 0 6 4 】

50

このような構成とすることにより、環境発電部 11 のハーベスタ能力が不足しているときには、計測結果の無線通信だけでなく、計測対象の計測さえもスキップして、蓄電部 12 の充電に専念することができる。従って、特許文献 2 の従来技術と比べて、さらなる低消費電力化（延いてはデータ取得間隔 $n \times T$ の短縮）を図ることが可能となる。なお、特許文献 2 では、データを送信する前に蓄電量が確認されているが、データの取得や保存などを行う前に蓄電力の確認は行われていない。そのため、データの取得や保存を行っている最中にエネルギーが足りなくなり、動作不能に陥るおそれがある。すなわち、特許文献 2 では、十分なデータを取得してその全てを保存することができるという保証はない。従って、本構成例のセンサモジュール 1 は、低消費電力化だけでなく、システムの安定性に関しても優位性を持つと言える。

10

【0065】

また、本構成例のセンサモジュール 1 であれば、環境発電部 11 のハーベスタ能力が比較的低い場合であっても、センサネットワーク X を長時間に亘って安定的に動作し続けることができるようになる。従って、例えば、インフラ設備や F A [factory automation] 機器のモニタリング手段として非常に好適であると言える。

【0066】

< 電圧監視回路（第 1 実施例） >

図 7 は、電圧監視回路 30 の第 1 実施例を示す図である。本実施例の電圧監視回路 30 は、リセット IC 31 とプルアップ抵抗 32 を含む。

20

【0067】

リセット IC 31 は、入力電圧 V_{in} と基準電圧 V_{ref} との比較結果に応じた出力信号 S_o (= リセット信号) を生成して制御部 23 に送出する半導体集積回路装置であり、コンパレータ CMP と、N チャネル型 MOS [metal oxide semiconductor] 電界効果トランジスタ N1 と、を集積化して成る。

【0068】

コンパレータ CMP は、反転入力端 (-) に入力される入力電圧 V_{in} と非反転入力端 (+) に入力される基準電圧 V_{ref} を比較して、ゲート信号 V_g を生成する。ゲート信号 V_g は、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも高いときにローレベルとなり、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも低いときにハイレベルとなる。なお、コンパレータ CMP は、ヒステリシスを持っているので、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} の近傍で変動したとしても、ゲート信号 V_g の論理レベルが不安定になりにくい。

30

【0069】

トランジスタ N1 は、オープンドレイン型の出力段を形成するスイッチ素子であり、出力信号 S_o の出力端と接地端との間に接続されている。なお、トランジスタ N1 は、ゲート信号 V_g がハイレベルであるときにオンし、ゲート信号 V_g がローレベルであるときにオフする。なお、トランジスタ N1 として npn 型バイポーラトランジスタを用いることにより、オープンコレクタ型の出力段を形成しても構わない。

【0070】

プルアップ抵抗 32 は、電源電圧 V_{dd} の入力端と出力信号 S_o の出力端との間に接続されている。従って、出力信号 S_o は、トランジスタ N1 のオン/オフに応じて、電源電圧 V_{dd} と接地電圧 GND との間でパルス駆動される 2 値信号となる。

40

【0071】

制御部 23 は、出力信号 S_o の論理レベルを確認して入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも高いか否かを判定する。より具体的に述べると、出力信号 S_o がハイレベル (= V_{dd}) であるときには、入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも高いと判定し、出力信号 S_o がローレベル (= GND) であるときには、入力信号 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも低いと判定する。

【0072】

このように、リセット IC 31 とプルアップ抵抗 32 を用いれば、少ない部品点数で小面積の電圧監視回路 30 を実現することができるので、電圧監視回路 30 を実装しても、

50

センサモジュール 1 を不必要に大型化せずに済む。

【 0 0 7 3 】

特に、オープンドレイン型の出力段を持つリセット IC 3 1 を用いれば、電源電圧 V_{dd} の入力端と出力信号 S_o の出力端との間にプルアップ抵抗 3 2 を外付けするだけで、出力信号 S_o の波高値 ($= V_{dd} - GND$) を制御部 2 3 の入力ダイナミックレンジ内に収めることが可能となる。

【 0 0 7 4 】

また、市販品のリセット IC には、その入力ダイナミックレンジや基準電圧について、多数のバリエーションが用意されている。従って、市販品の中からリセット IC 3 1 として適切な機種を選択するだけで、環境発電部 1 1 のハーベスタ能力に応じた電圧監視回路 3 0 を実現することが可能となる。このような仕様は、常に変化する環境発電に向いていると言える。

【 0 0 7 5 】

< 電圧監視回路 (第 2 実施例) >

図 8 は、電圧監視回路 3 0 の第 2 実施例を示す図である。本実施例の電圧監視回路 3 0 は、抵抗ラダー 3 3 とスイッチ 3 4 を含む。

【 0 0 7 6 】

抵抗ラダー 3 3 は、入力電圧 V_{in} の入力端と接地端との間に直列に接続された抵抗 3 3 a 及び 3 3 b (抵抗値 R_{33a} 及び R_{33b}) を含み、抵抗 3 3 a 及び 3 3 b 相互間の接続ノードから入力電圧 V_{in} の分圧電圧 V_{div} ($= V_{in} \times \{ R_{33b} / (R_{33a} + R_{33b}) \}$) を出力する分圧回路である。なお、上記の分圧電圧 V_{div} は、電圧監視回路 3 0 の出力信号 S_o として、制御部 2 3 に送出される。

【 0 0 7 7 】

スイッチ 3 4 は、入力電圧 V_{in} の入力端と抵抗ラダー 3 3 との間に接続されており、制御部 2 3 からの指示に応じてオン / オフされる。

【 0 0 7 8 】

制御部 2 3 は、アナログの出力信号 S_o をデジタル信号に変換する A / D [analog-to-digital] コンバータ 2 3 a を含み、分圧電圧 V_{div} の電圧値を確認して入力電圧 V_{in} が基準電圧 V_{ref} よりも高いか否かを判定する。また、制御部 2 3 は、周期 T 毎に、分圧電圧 V_{div} の電圧値を読み取るタイミングでスイッチ 3 4 をオンし、分圧電圧 V_{div} の電圧値を読み取った後にスイッチ 3 4 をオフする。このような制御により、抵抗ラダー 3 3 に電流が流れ続けることはないので、無駄な消費電流をなくすることができる。

【 0 0 7 9 】

本実施例の電圧監視回路 3 0 であれば、先の第 1 実施例 (図 7) と異なり、リセット IC 3 1 さえ用いないので、更なる面積縮小を実現することができる。また、電圧監視回路 3 0 では、その消費電流を抑えつつ、分圧電圧 V_{div} が制御部 2 3 の入力ダイナミックレンジに収まるように、抵抗値 R_{33a} 及び R_{33b} を調整しておけば足りるので、その設定作業が簡単である。

【 0 0 8 0 】

また、本実施例の電圧監視回路 3 0 を用いれば、制御部 2 3 において、入力電圧 V_{in} と基準電圧 V_{ref} との比較結果が得られるだけでなく、入力電圧 V_{in} の電圧値そのものを認識することができる。従って、例えば、アクティブ状態への復帰に向けて、あとどれだけ電力が足りていないのか、さらには、あとどれだけスリープ状態を継続すればよいのか、といった予測情報を取得することができる。このような予測情報をセンサネットワーク X の管理者等に報知してやれば、何時間後にデータを読み取りに行けばいいかが分かる。さらに、周期 T 毎に分圧電圧 V_{div} を読み取れば、周期 T の間に分圧電圧 V_{div} がどれだけ変化しているかが分かる。従って、環境発電部 1 1 における現在のハーベスタ能力を把握することが可能となる。また、周期 T の間の分圧電圧 V_{div} の変化量が所定値よりも小さい場合、その度合いに応じて、次に制御部 2 3 の A / D コンバータ 2 3 a で分圧電圧 V_{div} を読み取るタイミングを $k \times T$ (ただし k は 2 以上の整数) に設定する

10

20

30

40

50

とよい。このような構成とすることにより、周期 T 毎に分圧電圧 V_{div} を読み取らなくてもよくなるので、更なる低消費電力化を実現することが可能となる。

【0081】

< センサネットワーク (第2実施形態) >

図9は、センサネットワークの第2実施形態を示す図である。本実施形態のセンサネットワーク X は、一対多数の無線センサネットワークとして構築されており、受信機2は、複数のセンサモジュール1に共有されている。

【0082】

なお、このようなセンサネットワーク X の適用例としては、医療・健康分野 (健康管理や安否確認)、構造物監視 (ワイヤ断線やボルト緩みの監視)、プラント監視 (設備異常の監視)、並びに、物流管理 (流通状態や品質の監視) などを挙げることができる。

10

【0083】

ただし、本実施形態のセンサネットワーク X を構築するに際しては、単一の受信機2に対して複数設けられているセンサモジュール1相互間のコリジョン (= 無線信号の衝突とこれに伴うデータ損失など) を回避する必要がある。特に、センサモジュール1の数が多い場合には、コリジョン発生率が大きくなるので、コリジョンを回避するための対策が必須となる。そこで、以下では、センサネットワーク X におけるコリジョン回避手法について具体的に説明する。

【0084】

図10は、コリジョン回避手法の一例を示すタイムチャートであり、紙面の上側から順に、複数 (本図では3つ) のセンサモジュール1 (1) ~ 1 (3) それぞれの通信タイミングが印で描写されている。

20

【0085】

本図で示したように、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) それぞれの通信タイミングは、相互間のコリジョンを回避するために互いにずらされている。例えば、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) は、それぞれ、異なる時刻 $t_{41}(1) \sim t_{41}(3)$ 、時刻 $t_{42}(1) \sim t_{42}(3)$ 、及び、時刻 $t_{43}(1) \sim t_{43}(3)$ で無線通信を行う。

【0086】

例えば、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) は、それぞれ、内蔵時計 (RTC [real time clock] など) の時刻を基準として、タイミングをずらしながら無線通信を行うコリジョン回避手法を採用するとよい。より具体的に述べると、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) のそれぞれに送受信機能を持たせておき、相互コミュニケーションを取りながら、内蔵時計の時刻を基準にして、それぞれの通信タイミングをずらしておけばよい。

30

【0087】

なお、先にも述べたように、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) それぞれのデータ取得間隔 (延いては無線通信間隔) は、いずれも周期 T とされている。従って、上記の相互コミュニケーションについては、必ずしも通信タイミングの到来毎に行う必要はなく、少なくとも初回の通信タイミングで行えば足りる。なぜなら、初回の通信タイミングを互いにずらしておけば、周期 T の経過毎に訪れる2回目以降の通信タイミングは、本図で示したように、必然的にずれるからである。

40

【0088】

また、例えば、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) では、それぞれ、他のセンサモジュールが無線通信中でないことを確認してから自身の無線通信を行うコリジョン回避手法 (いわゆるLBT [listen before talk] 手法、例えば、EnOceanの通信プロトコル (日本ではERP [enOcean radio protocol] 2、アメリカやヨーロッパではERP 1) を採用してもよい。より具体的に述べると、センサモジュール1 (1) ~ 1 (3) は、それぞれ、無線信号の送信を始める前に、自身が受信機となって無線信号を拾うことにより、自身の周囲に無線信号を送信中の端末があるか否かを確認し、該当する端末があった場合には、その端末が無線信号の送信を完了するまで待機し、その後自身の無線信号を送信し始める構成とすればよい。

50

【 0 0 8 9 】

また、例えば、センサモジュール 1 (1) ~ 1 (3) は、それぞれ、別途のシステムマネージャから指定されたタイムスロットでのみ無線通信を行うコリジョン回避手法（いわゆる T S A [time slot assign] 手法）を採用してもよい。より具体的に述べると、図 1 1 で示したように、(1) 各センサモジュールが動作するのに必要なエネルギーを十分確保できたら、受信機に対して、送信要求を出し、(2) 受信機がその送信要求を受け、スロット番号をセンサモジュールに通知し、(3) センサモジュールがスロット番号の通知を受けて、指定されたタイムスロットにてデータを送信する、という流れになる。

【 0 0 9 0 】

< 電池搭載 >

10

なお、環境発電部 1 1 では対応できないアプリケーションが数多く存在するので、これをカバーするために、電池（モバイルバッテリーなど）を環境発電部 1 1 と並列に設けてもよい。電池の位置付けは、環境発電部 1 1 と同じである。

【 0 0 9 1 】

電池を使う場合、蓄電部 1 2 に充電しながら、負荷に電源供給する。これについては、環境発電部 1 1 も同様である。ただし、電池の出力電流がかなり小さいので、全体的に見ると、電源供給源は蓄電部 1 2 のみとなっている。環境発電部 1 1 は、出力インピーダンスがかなり高い電池だと考えてよい。

【 0 0 9 2 】

先述のスリープ動作は、環境発電部 1 1 と電池のいずれを使うかに依存しない。スリープ動作は、ソフトウェアでコントロールしている。周期 T のスリープ状態が経過した後、入力電圧 V_{in} をチェックして、基準電圧 V_{ref} を上回っていればアクティブ状態に復帰し、下回っていれば再び周期 T のスリープ状態を維持する、という一連の動作は、環境発電部 1 1 の使用時と同様に行われる。

20

【 0 0 9 3 】

< 一般的な無線通信プロトコル（比較例） >

次に、センサモジュール 1 の無線通信過程（= 図 4 のステップ S 5 に相当）における一般的な無線通信プロトコルの概要について説明する。

【 0 0 9 4 】

図 1 2 は、一般的な無線通信プロトコルに則って無線通信を行うときの電流プロファイル（= センサ回路 2 0 に流れる消費電流 I_c の挙動）を示す図である。

30

【 0 0 9 5 】

本図で示したように、センサモジュール 1 のスリープ期間 T 1 0（= 図 4 のステップ S 6 ~ S 8 に相当）には、センサ回路 2 0 の消費電流 I_c がほぼ 0（正確には、センシング期間 T 2 0 と無線通信期間 T 3 0 における消費電流 I_c と比べてほぼ 0）となる。

【 0 0 9 6 】

一方、センサモジュール 1 のセンシング期間 T 2 0（= 図 4 のステップ S 4 に相当、例えば 0 . 8 s）には、センサ部 2 1 での計測動作に必要な消費電流 I_c が流れる。

【 0 0 9 7 】

また、センサモジュール 1 の無線通信期間 T 3 0（= 図 4 のステップ S 5 に相当、例えば 1 . 6 s）には、無線通信部 2 2 での無線通信動作に必要な消費電流 I_c が流れる。この無線通信期間 T 3 0 には、センサ部 2 1 で得られた計測結果（= 複数のパケットから成るデータ）が無線通信部 2 2 から送信される。

40

【 0 0 9 8 】

なお、一般的な無線通信プロトコルでは、無線通信期間 T 3 0 において、パケットを連続して送信することのできる送信期間 T 3 1 が制限されている。すなわち、所定の送信期間 T 3 1（例えば最長 5 0 m s）が経過した後は、所定の休止期間 T 3 2（例えば最短 5 0 m s）に亘ってパケットの送信再開を待機しなければならない。

【 0 0 9 9 】

従って、無線通信期間 T 3 0 の開始から終了まで、送信期間 T 3 1 と休止期間 T 3 2 が

50

交互に繰り返される。そのため、無線通信期間 T_{30} に流れる消費電流 I_c には、パルス状の電流成分が含まれている。

【0100】

ただし、本図から分かるように、無線通信期間 T_{30} での消費電流 I_c には、上記パルス状の電流成分だけでなく、無線通信期間 T_{30} の開始から終了まで、定常的に流れ続ける電流成分 I_{cc} (例えば 4 mA 程度) が含まれている。この電流成分 I_{cc} は、無線通信期間 T_{30} の開始から終了まで、無線通信部 22 を動作し続けなければならないことに起因して生じる。以下では、その理由について説明する。

【0101】

図 13 は、一般的な無線通信プロトコルにおける各部の挙動を示す図であり、上から順に、無線通信部 22 のパケット送信状態、無線通信部 22 と制御部 23 との通信状態、並びに、センサ回路 20 の消費電流 I_c が描写されている。

10

【0102】

本図で示すように、無線通信部 22 は、制御部 23 から入力されるリクエスト信号 S_1 (= パケット送信要求) に応じて、送信駆動用のパワーアンプ (図示せず) にパケット送信命令を出力する一方、制御部 23 にレスポンス信号 S_2 (= パケット送信命令の出力完了通知) を返信する。その後、無線通信部 22 では、先のパケット送信命令に応じてパワーアンプによるパケット S_3 の送信が行われる。このようなパケット送信動作に伴い、センサ回路 20 の消費電流 I_c には、パルス状の電流成分が現れる。

【0103】

20

センサモジュール 1 の無線通信期間 T_{30} のうち、送信期間 T_{31} には、上記一連のパケット送信動作が繰り返される。そして、所定の送信期間 T_{31} (例えば最長 50 ms) が経過した後は、所定の休止期間 T_{32} (例えば最短 50 ms) に亘ってパケット S_3 の送信再開が待機される。なお、送信期間 T_{31} と休止期間 T_{32} の交互切替動作については、無線通信部 22 が主体となり、そのタイミング制御が行われる。

【0104】

ところで、1 個のパケット S_3 は、複数本 (例えば 3 本) のサブテレグラムから成る。そのため、リクエスト信号 S_1 の出力タイミングによっては、パケット S_3 を構成する全てのサブテレグラムを送信期間 T_{31} 内に送信し終えることができない場合もある。

【0105】

30

例えば、本図では、送信期間 T_{31} の満了タイミングよりもかなり前にリクエスト信号 S_1 が出力されているので、そのリクエスト信号 S_1 に応じたパケット送信動作をその送信期間 T_{31} 内に完了することができる。

【0106】

一方、図 14 では、送信期間 T_{31a} の満了タイミング直前にリクエスト信号 S_1 が出力されているので、そのリクエスト信号 S_1 に応じたパケット送信動作をその送信期間 T_{31a} 内に完了することができていない。

【0107】

より具体的に述べると、送信期間 T_{31a} には、パケット S_{3x} を構成する 3 本のサブテレグラムのうち、1 本のサブテレグラムしか送信できておらず、残り 2 本のサブテレグラムは、休止期間 T_{32} の経過を待機した後、次の送信期間 T_{31b} で送信されている。

40

【0108】

すなわち、パケット S_{3x} は、休止期間 T_{32} を挟んで、その前後の送信期間 T_{31a} 及び T_{31b} に分割して送信されている。このようなパケット S_{3x} の分割送信を支障なく実施するためには、先に送信期間 T_{31a} で送信されたサブテレグラムと、後から送信期間 T_{31b} で送信されたサブテレグラムの双方が、いずれも同一のパケット S_{3x} を構成するものであることを無線通信部 22 で認識しておかなければならない。

【0109】

そのため、送信期間 T_{31a} 及び T_{31b} ではもちろん、休止期間 T_{32} においても、その直前の送信状況を忘れないように、無線通信部 22 を通常モード (= 全ての機能が

50

動作している状態)に維持しておく必要があり、これが消費電流 I_c に含まれる定常的な電流成分 I_{cc} (先出の図 12 も参照) の発生原因となっている。

【0110】

以下では、このような電流成分 I_{cc} を削減することのできる新規な無線通信プロトコルについて提案する。

【0111】

< 新規な無線通信プロトコル >

図 15 は、新規な無線通信プロトコルにおける各部の挙動を示す図であり、先の図 13 及び図 14 と同じく、上から順に、無線通信部 22 のパケット送信状態、無線通信部 22 と制御部 23 との通信状態、並びに、センサ回路 20 の消費電流 I_c が描写されている。

10

【0112】

ここで提案する新規な無線通信プロトコルは、先出の一般的な無線通信プロトコル(図 13 を参照)をベースとしつつ、送信期間 T_{31} 毎に送信するパケット S_3 の個数を固定しておき、その送信動作を送信期間 T_{31} 内に完了させた上で、休止期間 T_{32} には無線通信部 22 を通常モードからこれよりも消費電力の小さい省電力モードに移行させる点に特徴を有している。

【0113】

より具体的に述べると、制御部 23 は、無線通信部 22 へのパケット送信要求(= リクエスト信号 S_1 の出力動作)を開始してから、所定の移行待機時間 T_{41} (ただし $T_{41} < T_{31}$) が経過した時点で、省電力モード移行信号 S_4 を出力する。なお、移行待機時間 T_{41} は、所定個数のパケット S_3 を送信し終えるまでの所要時間を考慮して、適切な長さに設定しておけばよい。

20

【0114】

一方、無線通信部 22 は、制御部 23 からの省電力モード移行信号 S_4 に応じて、通常モードから省電力モードに移行するとともに、制御部 23 にアクノリッジ信号 S_5 (= 省電力モード移行信号 S_4 の受領確認通知)を返信する。

【0115】

なお、省電力モードへの移行により、無線通信部 22 は、通常モードに復帰するための必要最小限の機能部(例えば、通常モード復帰信号 S_6 を待ち受けるための信号受信部)だけを維持し、それ以外の機能部(例えばパケット S_3 を送信するためのパワーアンプ)を全て停止した状態となる。その結果、通常モードで消費されていた定常的な電流成分 I_{cc} がなくなるので、センサ回路 20 の消費電流 I_c が 0 ベースに戻る。

30

【0116】

その後、無線通信部 22 は、送信期間 T_{31} の経過に伴い、休止期間 T_{32} に切り替わる。このとき、無線通信部 22 は、すでに省電力モードに移行している。従って、休止期間 T_{32} において、無線通信部 22 で不必要な電力が浪費されることはない。

【0117】

また、新規な無線通信プロトコルでは、送信期間 T_{31} 毎に送信するパケット S_3 の個数を敢えて制限したことにより、その送信動作を送信期間 T_{31} 内で確実に完了することができる。すなわち、休止期間 T_{32} を跨いでパケット S_3 の分割送信が行われることはない。従って、省電力モードへの移行により、無線通信部 22 がそれまでの送信状況を忘れてしまったとしても、以降のパケット送信動作に支障が生じることはない。

40

【0118】

その後、制御部 23 は、省電力モード移行信号 S_4 を出力してから所定の復帰待機時間 T_{42} が経過した時点で、通常モード復帰信号 S_6 (= 起動トリガとしての割込信号)を出力する。なお、復帰待機時間 T_{42} は、休止期間 T_{32} の長さを考慮して、適切な長さに設定しておけばよい。例えば、休止期間 T_{32} が満了する前に、無線通信部 22 が省電力モードから通常モードに復帰するように、復帰待機時間 T_{42} を設定しておけばよい。

【0119】

一方、無線通信部 22 は、制御部 23 からの通常モード復帰信号 S_6 に応じて省電力モ

50

ードから通常モードに復帰する。従って、これ以降、無線通信部 22 は、制御部 23 からのリクエスト信号 S1 に応じてパケット送信動作を行うことが可能となる。

【0120】

このように、新規な無線通信プロトコルでは、無線通信部 22 の動作が不要となる休止期間 T32 において、無線通信部 22 が通常モードから省電力モードに移行される。従って、休止期間 T32 には、センサ回路 20 の消費電流 I_c を 0 ベースに戻すことができるので、センサモジュール 1 全体の低消費電力化を実現することが可能となる。

【0121】

より具体的に述べると、新規な無線通信プロトコルでは、一般的な無線通信プロトコルと比べて、センサモジュール 1 の消費電力を 4 ~ 5 % カットすることができる。特に、環境発電部 11 のハースタ能力は、必ずしも大きくないので、センサモジュール 1 では、非常に有効となる。

【0122】

ただし、無線通信期間 T30 に送信されるデータの全体量が変わらないので、新規な無線通信プロトコルでは、無線通信期間 T30 が若干長くなることに留意すべきである（例えば 1.6 ms ~ 2.2 ms）。

【0123】

また、図 15 では、省電力モード移行信号 S4 と通常モード復帰信号 S6 を用いて、無線通信部 22 のモード切替制御を行う構成を例に挙げたが、モード切替制御の手法については、これに限定されるものではなく、例えば、上記のモード切替制御に代えて、無線通信部 22 への電力供給をオン/オフする構成としても構わない。

【0124】

図 15 に即して具体的に述べると、制御部 23 は、無線通信部 22 へのパケット送信要求（=リクエスト信号 S1 の出力動作）を開始してから、所定の移行待機時間 T41（ただし $T41 < T31$ ）が経過した時点で、無線通信部 22 への電力供給を停止し、無線通信部 23 は、電力供給の停止により通常モードから省電力モードに移行する。ここでの省電力モードは、先に説明した内容と異なり、無線通信部 23 の機能部が全て動作を停止した状態に相当する。

【0125】

その後、制御部 23 は、無線通信部 22 への電力供給を停止してから所定の復帰待機時間 T42 が経過した時点で、無線通信部 22 への電力供給を再開し、無線通信部 23 は、電力供給の再開により省電力モードから通常モードに復帰する。

【0126】

上記したモード切替制御の手法を採用する場合には、移行待機時間 T41 が送信期間 T31 そのものとなり、復帰待機時間 T42 が休止期間 T32 そのものとなる。すなわち、送信期間 T41 と休止期間 T32 の交互切替制御は、制御部 23 を主体として実施されることになる。

【0127】

<その他の変形例>

なお、本明細書中に開示されている種々の技術的特徴は、上記実施形態のほか、その技術的創作の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることが可能である。すなわち、上記実施形態は、全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきであり、本発明の技術的範囲は、上記実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内に属する全ての変更が含まれると理解されるべきである。

【産業上の利用可能性】

【0128】

本明細書中に開示されているセンサモジュールないしセンサネットワークは、例えば、インフラ設備や FA 機器のモニタリング手段として好適に利用することが可能である。

【符号の説明】

【0129】

10

20

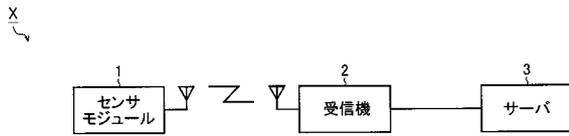
30

40

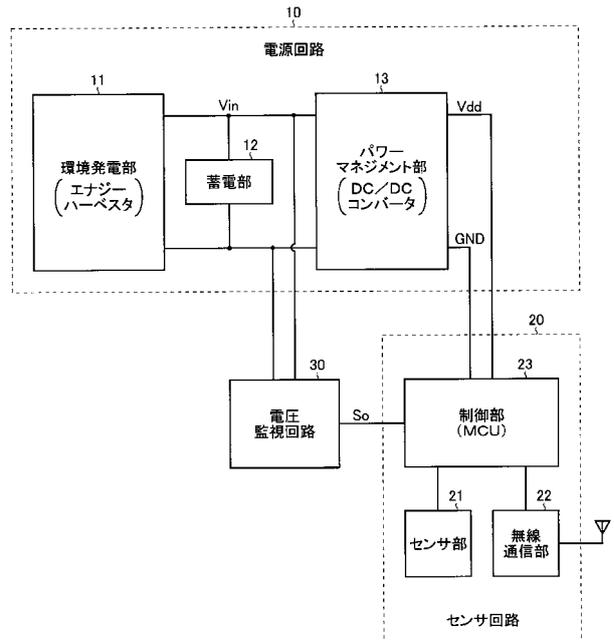
50

1、	1 (1) ~ 1 (3)	センサモジュール	
2		受信機	
3		サーバ	
1 0		電源回路	
1 1		環境発電部	
1 2		蓄電部	
1 3		パワーマネジメント部	
2 0		センサ回路	
2 1		センサ部	
2 2		無線通信部	10
2 3		制御部	
2 3 a		A / Dコンバータ	
3 0		電圧監視回路	
3 1		リセットIC	
3 2		プルアップ抵抗	
3 3		抵抗ラダー	
3 3 a、	3 3 b	抵抗	
3 4		スイッチ	
C M P		コンパレータ	
N 1		Nチャンネル型MOS電界効果トランジスタ	20
X		センサネットワーク	
S 1		リクエスト信号	
S 2		レスポンス信号	
S 3、	S 3 x	パケット	
S 4		省電力モード移行信号	
S 5		アクノリッジ信号	
S 6		通常モード復帰信号	

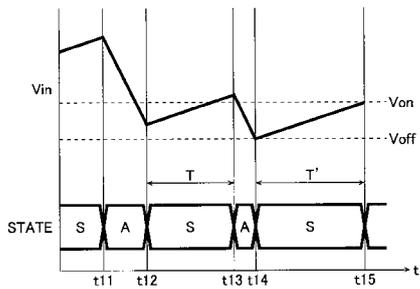
【 図 1 】



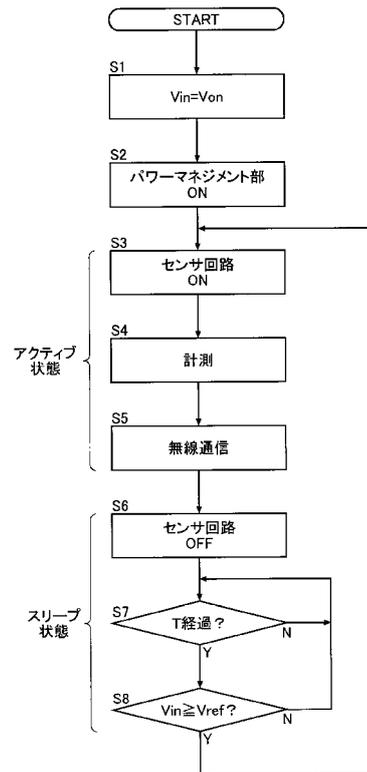
【 図 2 】



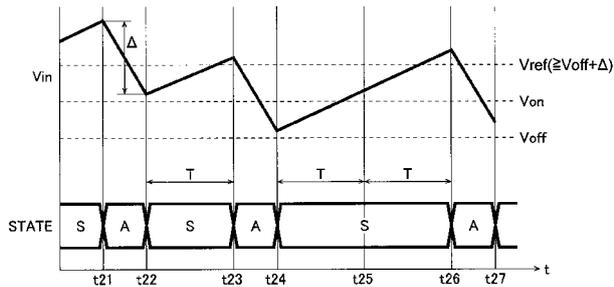
【 図 3 】



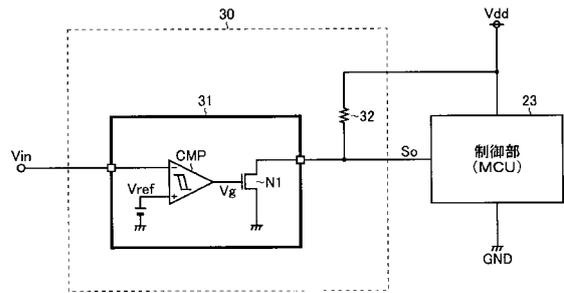
【 図 4 】



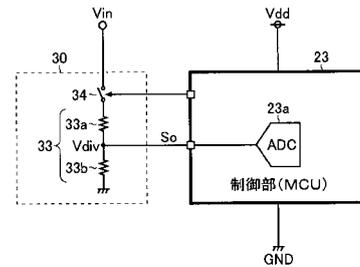
【 図 5 】



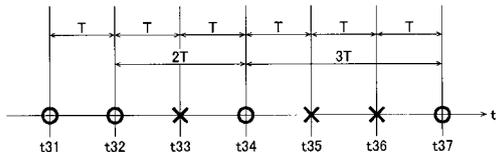
【 図 7 】



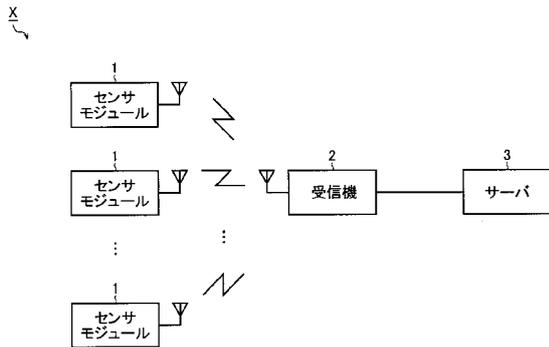
【 図 8 】



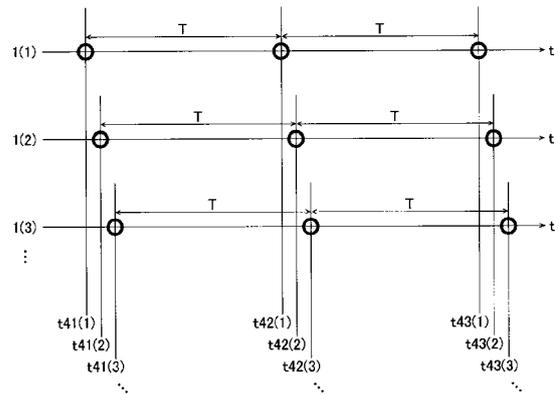
【 図 6 】



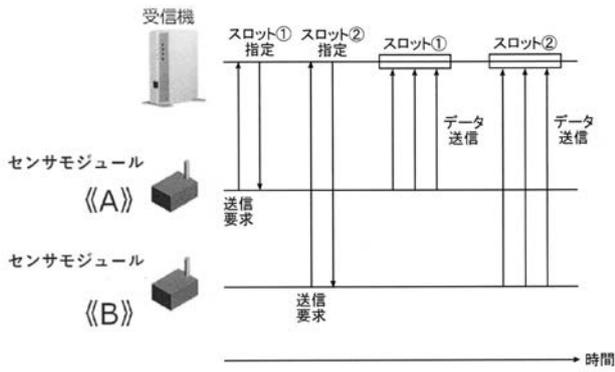
【 図 9 】



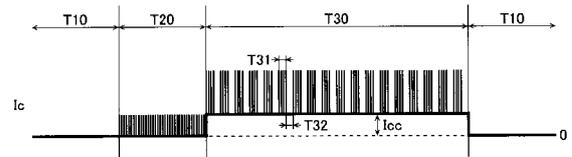
【 図 10 】



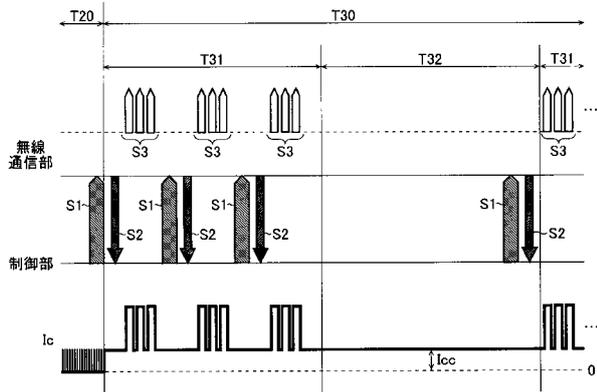
【 図 1 1 】



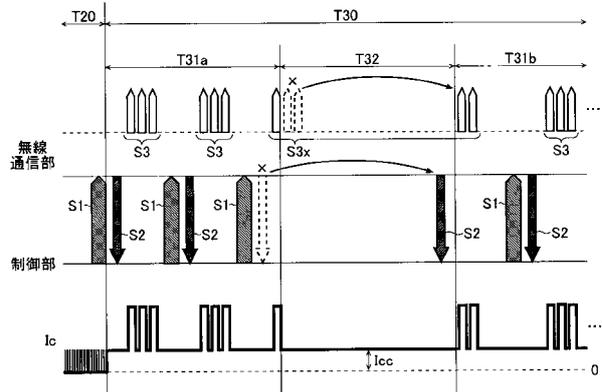
【 図 1 2 】



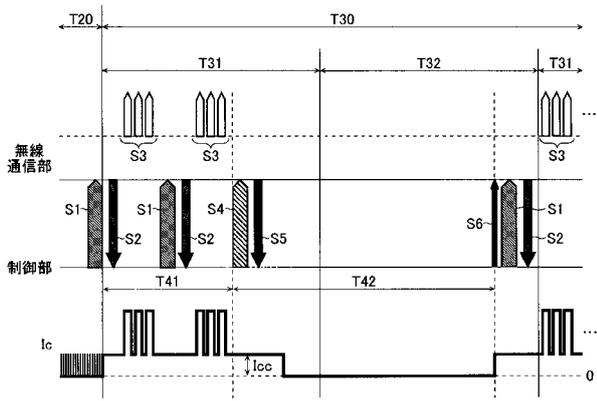
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【図 15】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.				F I				テーマコード(参考)
H 0 4 W	4/38	(2018.01)		H 0 4 W	4/04		1 9 0	
H 0 4 Q	9/00	(2006.01)		H 0 4 Q	9/00		3 4 1 B	

Fターム(参考) 5K048 AA16 BA34 DC01 EA05 EA12 EB10 EB13 FC03 HA04 HA06
5K067 AA43 BB27 BB28 EE02 EE10 EE16 GG02