

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5374717号  
(P5374717)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4W 4/04	(2009.01)	HO4W 4/04	190
HO4W 28/06	(2009.01)	HO4W 28/06	110
HO4Q 9/00	(2006.01)	HO4Q 9/00	301D
GO8C 17/00	(2006.01)	HO4Q 9/00	311J
GO8C 15/06	(2006.01)	GO8C 17/00	Z

請求項の数 11 (全 41 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-174247 (P2009-174247)	(73) 特許権者	301022471 独立行政法人情報通信研究機構 東京都小金井市貫井北町4-2-1
(22) 出願日	平成21年7月27日(2009.7.27)	(74) 代理人	100112715 弁理士 松山 隆夫
(65) 公開番号	特開2010-74818 (P2010-74818A)	(72) 発明者	藤 睿 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立 行政法人情報通信研究機構内
(43) 公開日	平成22年4月2日(2010.4.2)	(72) 発明者	山▲崎▼ 達也 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立 行政法人情報通信研究機構内
審査請求日	平成24年6月7日(2012.6.7)	(72) 発明者	丹 康雄 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立 行政法人情報通信研究機構内
(31) 優先権主張番号	特願2008-213210 (P2008-213210)		
(32) 優先日	平成20年8月21日(2008.8.21)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高信頼な制御コマンドの送受信と帯域の効率化を実現するセンサーネットワークシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電気機器に対応して設けられ、各々が対応する電気機器の動作状態を示すデータを検出するとともに、各々が対応する電気機器を制御する複数のセンサーと、

前記複数のセンサーが対応する電気機器を制御するための複数の制御コマンドを生成し、その生成した複数の制御コマンドをまとめて無線通信によって前記複数のセンサーへ送信する制御端末とを備え、

前記複数のセンサーの各々は、周期的に設定されたデータ収集期間において、前記検出したデータを前記制御端末へ送信し、周期的に設定された制御期間において、対応する電気機器を前記制御コマンドによって指示された制御タイミングで制御する、センサーネットワークシステム。

【請求項2】

前記制御端末は、前記複数のセンサーにおける複数の制御周期と前記複数のセンサーにおける複数の制御タイミングとに基づいて前記制御コマンドの送信タイミングを決定し、その決定した送信タイミングで前記制御コマンドを無線通信によって前記複数のセンサーへ送信する、請求項1に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項3】

前記制御端末は、前記複数の制御周期が同一である場合、前記複数のセンサーにおける複数の制御タイミングのうちで最も早い制御タイミングである基準タイミングと、前記基準タイミングから前記制御周期に相当する期間が経過するタイミングまでの期間内に含ま

れる制御タイミングのうちで最も遅い制御タイミングである第 1 のタイミングと、前記第 1 のタイミングから前記制御周期が経過する毎のタイミングである第 2 のタイミングとを前記送信タイミングとして決定する、請求項 2 に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項 4】

前記制御端末は、前記複数のセンサーから前記データを受信した後の前記基準タイミング、前記第 1 のタイミングおよび前記第 2 のタイミングで前記複数の制御コマンドをまとめて前記複数のセンサーへ送信する、請求項 3 に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項 5】

前記制御端末は、前記複数の制御周期が相互に異なる場合、前記複数の制御周期のうち、最も短い制御周期を有するセンサーの複数の制御タイミングを前記送信タイミングとして決定する、請求項 2 に記載のセンサーネットワークシステム。

10

【請求項 6】

前記制御端末は、前記複数のセンサーから前記データを受信した後の前記最も短い制御周期を有するセンサーの複数の制御タイミングで前記複数の制御コマンドをまとめて前記複数のセンサーへ送信する、請求項 5 に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項 7】

前記制御端末は、前記複数の制御コマンドの全体のデータサイズが基準値よりも大きいとき、各々が前記基準値以下のデータサイズを有する複数のパケットに前記複数の制御コマンドを含めて前記複数の制御コマンドを前記複数のセンサーへ送信する、請求項 1 に記載のセンサーネットワークシステム。

20

【請求項 8】

前記制御端末は、前記複数の制御コマンドのうち、不要な制御コマンドがあるとき、前記不要な制御コマンドを除いた残りの制御コマンドの全体のデータサイズを前記基準値と比較し、前記残りの制御コマンドの全体のデータサイズが前記基準値よりも大きいとき、前記残りの制御コマンドを前記複数のパケットに含めて前記残りの制御コマンドを送信する、請求項 7 に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項 9】

前記制御端末は、前記複数のパケットのうち、最初に送信するパケットに前記複数のパケットの個数を含めて送信する、請求項 7 に記載のセンサーネットワークシステム。

【請求項 10】

複数の電気機器に対応して設けられ、各々が対応する電気機器の動作状態を示すデータを検出するとともに、各々が対応する電気機器を制御する複数のセンサーと、

30

前記電気機器の制御を行なっているセンサーからの前記データの受信に基づいて、前記電気機器の制御を行なっているセンサーが対応する電気機器を制御するための制御コマンドを生成し、その生成した制御コマンドを前記電気機器の制御を行なっているセンサーへ送信する制御端末とを備え、

前記電気機器の制御を行なっているセンサーは、周期的に設定された制御期間において、対応する電気機器を前記制御コマンドによって指示された制御タイミングで制御する、センサーネットワークシステム。

【請求項 11】

40

前記制御端末は、前記制御コマンドのデータサイズが基準値よりも大きいとき、各々が前記基準値以下のデータサイズを有する複数のパケットに前記制御コマンドを含めて前記制御コマンドを前記電気機器の制御を行なっているセンサーへ送信する、請求項 10 に記載のセンサーネットワークシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、家庭またはオフィスに設置されるセンサーネットワークシステムに関するものである。

【背景技術】

50

## 【 0 0 0 2 】

従来、複数のセンサーと、コントローラとを備えるセンサーシステムが知られている（非特許文献1）。複数のセンサーは、電気機器のオン/オフを制御したり、電流および電圧を連続的に制御したりする。そして、コントローラは、複数のセンサーを制御する。

## 【 0 0 0 3 】

たとえば、複数のセンサーがセンサーA, B, C, Dからなる場合、センサーA, B, C, Dは、それぞれ、制御周期 $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ を有する。そして、コントローラは、センサーAにおける電気機器の制御タイミングを制御するための制御コマンドをタイミング $t_A$ で周期的（制御周期 $T_A$ と同じ周期）にセンサーAへ送信する。また、コントローラは、センサーBにおける電気機器の制御タイミングを制御するための制御コマンドをタイミング $t_B$ で周期的（制御周期 $T_B$ と同じ周期）にセンサーBへ送信する。以下、同様にして、コントローラは、センサーC, Dにおける電気機器の制御タイミングを制御するための制御コマンドをそれぞれタイミング $t_C$ ,  $t_D$ で周期的（それぞれ制御周期 $T_C$ ,  $T_D$ と同じ周期）にセンサーC, Dへ送信する。

10

## 【 0 0 0 4 】

このように、コントローラは、制御コマンドを複数のセンサーへ個別に送信して複数のセンサーを制御する。

## 【 先行技術文献 】

## 【 非特許文献 】

## 【 0 0 0 5 】

【 非特許文献1 】 Joshua Lifton, Mark Feldmeier, Yasuhiro Ono, Cameron Lewis, and Joseph A. Paradiso, "A Platform for Ubiquitous Sensor Deployment in Occupational and Domestic Environments," Proceedings of the 6th international conference on information processing in sensor networks, pp.119-127, 2007.

20

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 6 】

しかし、制御コマンドを複数のセンサーへ個別に送信すると、コントローラから複数のセンサーへの制御コマンドの送信が頻繁に生じ、通信帯域が広がるという問題がある。

## 【 0 0 0 7 】

また、通信媒体を共用している場合、パケット損失によって制御コマンドの送受信に失敗するケースも頻繁に生じる可能性があるという問題がある。

30

## 【 0 0 0 8 】

そこで、この発明は、かかる問題を解決するためになされたものであり、その目的は、通信帯域の狭帯域化が可能であり、かつ、制御コマンドをデータよりも高信頼に送信するセンサーネットワークシステムを提供することである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 9 】

この発明によれば、センサーネットワークシステムは、複数のセンサーと、制御端末とを備える。複数のセンサーは、複数の電気機器に対応して設けられ、各々が対応する電気機器の動作状態を示すデータを検出するとともに、各々が対応する電気機器を制御する。制御端末は、制御コマンドを送信するための時間の割当を行ない、その割り当てられた時間において、複数のセンサーが対応する電気機器を制御するための複数の制御コマンドをまとめて無線通信によって複数のセンサーへ送信する。そして、複数のセンサーの各々は、検出したデータを制御端末へ送信するとともに、対応する電気機器を制御コマンドによって指示された制御タイミングで制御する。

40

## 【 0 0 1 0 】

好ましくは、制御端末は、複数のセンサーにおける複数の制御周期と複数のセンサーにおける複数の制御タイミングとに基づいて制御コマンドの送信タイミングを決定し、その決定した送信タイミングで制御コマンドを無線通信によって複数のセンサーへ送信する。

50

## 【 0 0 1 1 】

好ましくは、制御端末は、複数の制御周期が同一である場合、複数の制御タイミングのうち、最も早い制御タイミングと最も遅い制御タイミングとを送信タイミングとして決定する。

## 【 0 0 1 2 】

好ましくは、制御端末は、複数のセンサーからデータを受信した後の最も早い制御タイミングまたは最も遅い制御タイミングで複数の制御コマンドをまとめて複数のセンサーへ送信する。

## 【 0 0 1 3 】

好ましくは、制御端末は、複数の制御周期が相互に異なる場合、複数の制御周期のうち、最も短い制御周期の開始タイミングと終了タイミングとを送信タイミングとして決定する。

10

## 【 0 0 1 4 】

好ましくは、制御端末は、複数のセンサーからデータを受信した後の開始タイミングまたは終了タイミングで複数の制御コマンドをまとめて複数のセンサーへ送信する。

## 【 0 0 1 5 】

好ましくは、制御端末は、複数の制御コマンドの全体のデータサイズが基準値よりも大きいとき、各々が基準値以下のデータサイズを有する複数のパケットに複数の制御コマンドを含めて複数の制御コマンドを複数のセンサーへ送信する。

## 【 0 0 1 6 】

好ましくは、制御端末は、複数の制御コマンドのうち、不要な制御コマンドがあるとき、不要な制御コマンドを除いた残りの制御コマンドの全体のデータサイズを基準値と比較し、残りの制御コマンドの全体のデータサイズを基準値よりも大きいとき、残りの制御コマンドを複数のパケットに含めて残りの制御コマンドを送信する。

20

## 【 0 0 1 7 】

好ましくは、制御端末は、複数のパケットのうち、最初に送信するパケットに複数のパケットの個数を含めて送信する。

## 【 0 0 1 8 】

また、この発明によれば、センサーネットワークシステムは、複数のセンサーと、制御端末とを備える。複数のセンサーは、複数の電気機器に対応して設けられ、各々が対応する電気機器の動作状態を示すデータを検出するとともに、各々が対応する電気機器を制御する。制御端末は、電気機器の制御を行なっているセンサーからのデータの受信に基づいて、電気機器の制御を行なっているセンサーが対応する電気機器を制御するための制御コマンドを電気機器の制御を行なっているセンサーへ送信する。そして、電気機器の制御を行なっているセンサーは、対応する電気機器を制御コマンドによって指示された制御タイミングで制御する。

30

## 【 0 0 1 9 】

好ましくは、制御端末は、制御コマンドのデータサイズが基準値よりも大きいとき、各々が基準値以下のデータサイズを有する複数のパケットに制御コマンドを含めて制御コマンドを電気機器の制御を行なっているセンサーへ送信する。

40

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 0 】

この発明においては、制御端末は、複数のセンサーに対する制御コマンドをまとめて複数のセンサーへ送信し、複数のセンサーの各々は、制御端末から送信された複数の制御コマンドのうち、自己に対する制御コマンドを取り出し、その取り出した制御コマンドに従って、対応する電気機器を制御するとともに、対応する電気機器のデータを検出する。その結果、制御端末から複数のセンサーへの制御コマンドの送信回数が制御コマンドを複数のセンサーへ個別に送信する場合よりも減少する。

## 【 0 0 2 1 】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で

50

、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも高信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】この発明の実施の形態1によるセンサーネットワークシステムの概略図である。

【図2】図1に示す制御端末の構成を示す概略ブロック図である。

【図3】図1に示すセンサーの構成を示す概略ブロック図である。

【図4】実施の形態1における制御コマンドの送信タイミングを示すタイミングチャートである。

10

【図5】実施の形態1における制御コマンドの他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図6】実施の形態1における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図7】実施の形態1における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図8】制御コマンドを送信するパケットのフォーマット図である。

【図9】制御期間およびデータ収集期間の概念図である。

【図10】各センサーにおける制御方式を決定する動作を説明するためのフローチャートである。

20

【図11】制御方式MTH1を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

【図12】複数の制御コマンドを含むパケットの具体例を示す図である。

【図13】制御方式MTH2を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

【図14】制御方式MTH3を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

【図15】制御方式MTH4を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

【図16】図1に示すセンサーネットワークシステムにおけるシミュレーション結果を示す図である。

30

【図17】図1に示すセンサーネットワークシステムにおける他のシミュレーション結果を示す図である。

【図18】実施の形態2によるセンサーネットワークシステムの概略図である。

【図19】図18に示す制御端末の構成を示す概略ブロック図である。

【図20】複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成する方法を説明するための図である。

【図21】複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成する他の方法を説明するための図である。

【図22】実施の形態2における制御コマンドの送信タイミングを示すタイミングチャートである。

40

【図23】実施の形態2における制御コマンドの他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図24】実施の形態2における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図25】実施の形態2における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【図26】制御方式MTH1を用いた場合の動作を説明するための実施の形態2におけるフローチャートである。

【図27】制御方式MTH2を用いた場合の動作を説明するための実施の形態2における

50

フローチャートである。

【図28】制御方式MTH3を用いた場合の動作を説明するための実施の形態2におけるフローチャートである。

【図29】制御方式MTH4を用いた場合の動作を説明するための実施の形態2におけるフローチャートである。

【図30】複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成するさらに他の方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰返さない。

10

【0024】

[実施の形態1]

図1は、この発明の実施の形態1によるセンサーネットワークシステムの概略図である。図1を参照して、この発明の実施の形態によるセンサーネットワークシステム10は、制御端末1と、センサー2～5とを備える。

【0025】

センサー2～5は、それぞれ、電気機器に対応して設けられ、制御端末1の通信範囲に配置される。そして、センサー2～5の各々は、表1に示す各種のセンサーからなる。

【0026】

【表1】

20

センサーの種類	個別制御内容	共通制御内容
電流センサー 電圧センサー	電気機器のON/OFF制御 電流・電圧の連続制御	センサーの サンプリングレート データ送信レート データ送信周期
水流センサー 水圧センサー	水流のON/OFF制御 水量の連続制御	
ガスセンサー	ガスのON/OFF制御 ガス量の連続制御	
照度センサー	照明系の電気機器のON/OFF制御 照明の連続制御	
風速センサー	風関連機器のON/OFF制御 風量の連続制御	
温度センサー	冷暖房機器のON/OFF制御 温度の連続制御	
湿度センサー	加湿・除湿機器のON/OFF制御 湿度の連続制御	
人感センサー	家電のON/OFF制御	
カメラセンサー	家電のON/OFF制御	
音センサー	家電のON/OFF制御 音量の連続制御	
圧力センサー	家電のON/OFF制御	

30

40

50

## 【 0 0 2 7 】

制御端末 1 は、各センサー 2 ~ 5 で検出された電気機器のデータを無線通信によってセンサー 2 ~ 5 から直接受信する。そして、制御端末 1 は、センサー  $j$  ( $j = 2 \sim 5$ ) から複数の制御タイミングを受信し、その受信した複数の制御タイミングに基づいて、センサー  $j$  における電気機器の制御周期  $T_{c j}$  を検出する。制御端末 1 は、この処理をセンサー 2 ~ 5 の全てについて実行し、複数のセンサー 2 ~ 5 における複数の制御周期  $T_{c 2} \sim T_{c 5}$  を検出する。また、制御端末 1 は、センサー  $j$  からデータを受信するときの受信間隔  $I T R_j$  を検出する。制御端末 1 は、この処理をセンサー 2 ~ 5 の全てについて実行し、複数のセンサー 2 ~ 5 からのデータの受信間隔  $I T R_2 \sim I T R_5$  を検出する。

## 【 0 0 2 8 】

そうすると、制御端末 1 は、その検出した複数の制御周期  $T_{c 2} \sim T_{c 5}$  および受信間隔  $I T R_2 \sim I T R_5$  に基づいて、後述する方法によって、各センサー 2 ~ 5 が対応する電気機器を制御するための制御コマンドを送信する送信タイミングを決定し、その決定した送信タイミングで制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信する。この場合、制御コマンドは、表 1 に示す各センサーに対応する個別制御内容および共通制御内容を含む。

## 【 0 0 2 9 】

各センサー 2 ~ 5 は、自己における電気機器の複数の制御タイミングを含む制御要求を制御端末 1 へ送信する。

## 【 0 0 3 0 】

また、各センサー 2 ~ 5 は、制御端末 1 から制御コマンドを受信し、その受信した制御コマンドに基づいて、対応する電気機器を制御するとともに、対応する電気機器の動作状態を示すデータを検出する。そして、各センサー 2 ~ 5 は、その検出したデータを無線通信によって制御端末 1 へ直接送信する。

## 【 0 0 3 1 】

図 2 は、図 1 に示す制御端末 1 の構成を示す概略ブロック図である。図 2 を参照して、制御端末 1 は、アンテナ 1 1 と、無線インターフェース 1 2 と、パケット処理モジュール 1 3 と、データ管理モジュール 1 4 と、制御管理モジュール 1 5 と、帯域管理モジュール 1 6 と、アプリケーションモジュール 1 7 と、データベース 1 8 とを含む。

## 【 0 0 3 2 】

アンテナ 1 1 は、無線通信空間を介してセンサー 2 ~ 5 からデータまたは制御要求を含むパケットを受信し、その受信したパケットを無線インターフェース 1 2 へ出力する。また、アンテナ 1 1 は、無線インターフェース 1 2 から受けたパケットを無線通信空間を介してセンサー 2 ~ 5 へ送信する。

## 【 0 0 3 3 】

無線インターフェース 1 2 は、パケット処理モジュール 1 3 からパケットを受け、その受けたパケットに対して変調等の物理層における処理を施す。そして、無線インターフェース 1 2 は、パケットをアンテナ 1 1 を介して送信する。

## 【 0 0 3 4 】

また、無線インターフェース 1 2 は、アンテナ 1 1 からパケットを受け、その受けたパケットに対して復調等の物理層における処理を施す。そして、無線インターフェース 1 2 は、パケットをパケット処理モジュール 1 3 へ出力する。

## 【 0 0 3 5 】

パケット処理モジュール 1 3 は、MAC (Media Access Control) 層に属する。そして、パケット処理モジュール 1 3 は、データ管理モジュール 1 4 からパケットを受けると、その受けたパケットにヘッダを付加して無線インターフェース 1 2 へ出力する。

## 【 0 0 3 6 】

また、パケット処理モジュール 1 3 は、無線インターフェース 1 2 からパケットを受けると、その受けたパケットからヘッダを削除してデータ管理モジュール 1 4 へ出力する。

## 【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

データ管理モジュール 14 は、MAC 層に属し、パケット処理モジュール 13 からパケットを受けると、その受けたパケットがセンサー j における複数の制御タイミングを含む場合、その複数の制御タイミングとパケットの送信元とをパケットから取り出して制御管理モジュール 15 および帯域管理モジュール 16 へ出力する。また、データ管理モジュール 14 は、その受けたパケットがセンサー j における許容制御遅延 TCD\_j を含む場合、その許容制御遅延 TCD\_j とパケットの送信元とをパケットから取り出して制御管理モジュール 15 および帯域管理モジュール 16 へ出力する。更に、データ管理モジュール 14 は、その受けたパケットがセンサー j において検出されたデータを含む場合、そのパケットを受けるときの受信タイミングを検出し、その検出した受信タイミングおよびそのパケットの送信元を帯域管理モジュール 16 へ出力する。さらに、データ管理モジュール 14 は、その受けたパケットがセンサー j において検出されたデータを含む場合、そのパケットからデータおよび送信元を取り出してアプリケーションモジュール 17 へ出力する。

10

**【0038】**

データ管理モジュール 14 は、アプリケーションモジュール 17 からセンサー 2 ~ 5 に対する複数の制御コマンドを受け、制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信する送信タイミングを制御管理モジュール 15 から受ける。

**【0039】**

そして、データ管理モジュール 14 は、後述する制御方式 MTH1、制御方式 MTH2 および制御方式 MTH3 のいずれかを帯域管理モジュール 16 から受けると、複数の制御コマンドを含むパケットを生成し、その生成したパケットを制御管理モジュール 15 から受けた送信タイミングでセンサー 2 ~ 5 へ送信する。その後、データ管理モジュール 14 は、制御管理モジュール 15 から送信タイミングを受ける毎に、複数の制御コマンドを含むパケットをセンサー 2 ~ 5 へ送信する。

20

**【0040】**

また、データ管理モジュール 14 は、後述する制御方式 MTH4 を帯域管理モジュール 16 から受けると、データを制御端末 1 へ送信したセンサー j に対する制御コマンドを含むパケットを生成し、その生成したパケットを制御管理モジュール 15 から受けた送信タイミングでセンサー j へ送信する。その後、データ管理モジュール 14 は、制御管理モジュール 15 から送信タイミングを受ける毎に、センサー j に対する制御コマンドを含むパケットをセンサー j へ送信する。

30

**【0041】**

制御管理モジュール 15 は、MAC 層に属し、複数の制御タイミングと許容制御遅延と送信元とをデータ管理モジュール 14 から受け、センサー 2 ~ 5 を制御するための制御方式（制御方式 MTH1 ~ MTH4 のいずれか）を帯域管理モジュール 16 から受ける。そして、制御管理モジュール 15 は、その受けた制御方式、複数の制御タイミング、許容制御遅延および送信元に基づいて、後述する方法によって、制御コマンドの送信タイミングを決定し、その決定した送信タイミングをデータ管理モジュール 14 へ出力する。

**【0042】**

帯域管理モジュール 16 は、MAC 層に属し、データの複数の受信タイミングと複数の制御タイミングと送信元と許容制御遅延とをデータ管理モジュール 14 から受ける。そして、帯域管理モジュール 16 は、その受けた複数の受信タイミング、複数の制御タイミング、送信元および許容制御遅延に基づいて、後述する方法によって、センサー 2 ~ 5 を制御するための制御方式（制御方式 MTH1 ~ MTH4 のいずれか）を決定し、その決定した制御方式をデータ管理モジュール 14 および制御管理モジュール 15 へ出力する。

40

**【0043】**

アプリケーションモジュール 17 は、データ管理モジュール 14 からデータおよびそのデータの送信元を受ける。そして、アプリケーションモジュール 17 は、その受けたデータが各センサー 2 ~ 5 における検出データからなるとき、データおよび送信元を対応付けてデータベース 18 に格納する。また、アプリケーションモジュール 17 は、その受けた

50



データが制御要求からなるとき、表 1 を参照して各センサー 2 ~ 5 を制御するための制御コマンドを生成してデータ管理モジュール 1 4 へ出力する。

【 0 0 4 4 】

データベース 1 8 は、送信元とデータとを対応付けて記憶する。

【 0 0 4 5 】

図 3 は、図 1 に示すセンサー 2 の構成を示す概略ブロック図である。図 3 を参照して、センサー 2 は、アンテナ 2 1 と、無線インターフェース 2 2 と、パケット処理モジュール 2 3 と、データ制御モジュール 2 4 と、タイミング制御モジュール 2 5 と、アプリケーションモジュール 2 6 と、インターフェース 2 7 と、検出素子 2 8 とを含む。

【 0 0 4 6 】

アンテナ 2 1 は、無線通信空間を介して制御端末 1 から制御コマンドを含むパケットを受信し、その受信したパケットを無線インターフェース 2 2 へ出力する。また、アンテナ 2 1 は、無線インターフェース 2 2 から受けたパケットを無線通信空間を介して制御端末 1 へ送信する。

【 0 0 4 7 】

無線インターフェース 2 2 は、パケット処理モジュール 2 3 からパケットを受け、その受けたパケットに対して変調等の物理層における処理を施す。そして、無線インターフェース 2 2 は、パケットをアンテナ 2 1 を介して送信する。

【 0 0 4 8 】

また、無線インターフェース 2 2 は、アンテナ 2 1 からパケットを受け、その受けたパケットに対して復調等の物理層における処理を施す。そして、無線インターフェース 2 2 は、パケットをパケット処理モジュール 2 3 へ出力する。

【 0 0 4 9 】

パケット処理モジュール 2 3 は、M A C 層に属する。そして、パケット処理モジュール 2 3 は、データ制御モジュール 2 4 からパケットを受けると、その受けたパケットにヘッダを付加して無線インターフェース 2 2 へ出力する。

【 0 0 5 0 】

また、パケット処理モジュール 2 3 は、無線インターフェース 2 2 からパケットを受けると、その受けたパケットからヘッダを削除してデータ制御モジュール 2 4 へ出力する。

【 0 0 5 1 】

データ制御モジュール 2 4 は、M A C 層に属する。そして、データ制御モジュール 2 4 は、制御コマンドを含むパケットをパケット処理モジュール 2 3 から受け、その受けたパケットをタイミング制御モジュール 2 5 およびアプリケーションモジュール 2 6 へ出力する。

【 0 0 5 2 】

また、データ制御モジュール 2 4 は、許容制御遅延 T C D \_ 2 をアプリケーションモジュール 2 6 から受けると、その受けた許容制御遅延 T C D \_ 2 を含むパケットを生成してパケット処理モジュール 2 3 へ出力する。

【 0 0 5 3 】

更に、データ制御モジュール 2 4 は、電気機器 2 0 の動作状態を示すデータをアプリケーションモジュール 2 6 から受けると、その受けたデータを含むパケットを生成してパケット処理モジュール 2 3 へ出力する。

【 0 0 5 4 】

さらに、データ制御モジュール 2 4 は、センサー 2 における電気機器 2 0 の複数の制御タイミングを含む制御要求をアプリケーションモジュール 2 6 から受けると、その受けた制御要求を含むパケットを生成してパケット処理モジュール 2 3 へ出力する。

【 0 0 5 5 】

タイミング制御モジュール 2 5 は、M A C 層に属する。そして、タイミング制御モジュール 2 5 は、データ制御モジュール 2 4 からパケットを受け、その受けたパケットからセンサー 2 に対する制御コマンドを抽出する。そうすると、タイミング制御モジュール 2 5

10

20

30

40

50

は、その抽出した制御コマンドによって指定されたセンサー 2 における制御タイミングを取り出し、その取り出した制御タイミングに基づいて、センサー 2 における電気機器 20 の制御期間と、電気機器 20 のデータ収集期間とを決定する。そして、タイミング制御モジュール 25 は、その決定した制御期間およびデータ収集期間をアプリケーションモジュール 26 へ出力する。

【0056】

アプリケーションモジュール 26 は、センサー 2 における電気機器 20 の複数の制御タイミングを含む制御要求を生成してデータ制御モジュール 24 へ出力する。また、アプリケーションモジュール 26 は、センサー 2 における許容制御遅延  $TCD\_2$  を検出し、その検出した許容制御遅延  $TCD\_2$  をデータ制御モジュール 24 へ出力する。更に、アプリケーションモジュール 26 は、制御期間およびデータ収集期間をタイミング制御モジュール 25 から受け、複数の制御コマンドを含むパケットをデータ制御モジュール 24 から受ける。そして、アプリケーションモジュール 26 は、その受けたパケットからセンサー 2 に対する制御コマンドを抽出し、その抽出した制御コマンドに含まれる制御内容を検出する。

10

【0057】

そうすると、アプリケーションモジュール 26 は、タイミング制御モジュール 25 から受けた制御期間の間、その検出した制御内容に従ってインターフェース 27 を介して電気機器 20 を制御する。また、アプリケーションモジュール 26 は、制御期間が終了すると、データ収集期間の間、その検出した制御内容に従って、電気機器 20 の動作状態を示すデータを検出するように検出素子 28 を制御する。そして、アプリケーションモジュール 26 は、検出素子 28 からデータを受けると、その受けたデータをデータ制御モジュール 24 へ出力する。

20

【0058】

インターフェース 27 は、アプリケーションモジュール 26 が電気機器 20 を制御するときのインターフェースである。

【0059】

検出素子 28 は、アプリケーションモジュール 26 からの制御に従って、電気機器 20 の動作状態を示すデータを検出し、その検出したデータをアプリケーションモジュール 26 へ出力する。

30

【0060】

なお、図 1 に示すセンサー 3 ~ 5 の各々は、図 3 に示すセンサー 2 と同じ構成からなる。

【0061】

次に、制御端末 1 の帯域管理モジュール 16 におけるセンサー 2 ~ 5 の制御方式の決定方法について説明する。

【0062】

制御端末 1 の帯域管理モジュール 16 は、センサー 2 における複数の制御タイミング  $tc1\_2$ ,  $tc2\_2$ ,  $tc3\_2$ , ... と、センサー 2 のアドレス  $Add2$  と、センサー 2 からデータを受信したときの複数の受信タイミング  $tr1\_2$ ,  $tr2\_2$ ,  $tr3\_2$ , ... と、センサー 2 ~ 5 における許容制御遅延  $TCD\_2$  ~  $TCD\_5$  とをデータ管理モジュール 14 から受ける。この許容制御遅延  $TCD\_2$  ~  $TCD\_5$  は、それぞれ、センサー 2 ~ 5 が許容できる制御遅延、即ち、センサー 2 ~ 5 における最大制御周期であり、センサー 2 ~ 5 に固有のものである。そして、帯域管理モジュール 16 は、その受けた複数の制御タイミング  $tc1\_2$ ,  $tc2\_2$ ,  $tc3\_2$ , ... の隣接する 2 つの制御タイミング  $tc1\_2$ ,  $tc2\_2$ ;  $tc2\_2$ ,  $tc3\_2$ ; ... 間の時間間隔  $TI1\_2$ ,  $TI2\_2$ , ... を検出する。また、帯域管理モジュール 16 は、複数の受信タイミング  $tr1\_2$ ,  $tr2\_2$ ,  $tr3\_2$ , ... の隣接する 2 つの受信タイミング  $tr1\_2$ ,  $tr2\_2$ ;  $tr2\_2$ ,  $tr3\_2$ ; ... 間の受信間隔  $ITR1\_2$ ,  $ITR2\_2$ , ... を検出する。

40

50

## 【 0 0 6 3 】

制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、センサー 3 ~ 5 についても、同様にして、隣接する 2 つの制御タイミング間の時間間隔  $T I 1 \_ 3$  ,  $T I 2 \_ 3$  , . . . ;  $T I 1 \_ 4$  ,  $T I 2 \_ 4$  , . . . ;  $T I 1 \_ 5$  ,  $T I 2 \_ 5$  , . . . を検出するとともに、隣接する 2 つの受信タイミング間の受信間隔  $I T R 1 \_ 3$  ,  $I T R 2 \_ 3$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 4$  ,  $I T R 2 \_ 4$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 5$  ,  $I T R 2 \_ 5$  , . . . を検出する。

## 【 0 0 6 4 】

そして、制御端末 1 は、センサー 2 について検出した複数の時間間隔  $T I 1 \_ 2$  ,  $T I 2 \_ 2$  , . . . が相互に等しいとき、その時間間隔  $T I 1 \_ 2$  ,  $T I 2 \_ 2$  , . . . をセンサー 2 における制御周期  $T c 2$  として検出する。同様にして、制御端末 1 は、各センサー 3 ~ 5 について検出した複数の時間間隔  $T I 1 \_ 3$  ,  $T I 2 \_ 3$  , . . . ;  $T I 1 \_ 4$  ,  $T I 2 \_ 4$  , . . . ;  $T I 1 \_ 5$  ,  $T I 2 \_ 5$  , . . . が相互に等しいとき、その時間間隔  $T I 1 \_ 3$  ,  $T I 2 \_ 3$  , . . . ;  $T I 1 \_ 4$  ,  $T I 2 \_ 4$  , . . . ;  $T I 1 \_ 5$  ,  $T I 2 \_ 5$  , . . . をそれぞれセンサー 3 ~ 5 における制御周期  $T c 3 \sim T c 5$  として検出する。

10

## 【 0 0 6 5 】

そうすると、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、その検出した制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が相互に同じであるか否かを判定する。そして、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が相互に同じであるとき、センサー 2 ~ 5 における制御タイミング  $t c \_ 2$  ,  $t c \_ 3$  ,  $t c \_ 4$  ,  $t c \_ 5$  のうち、最も早い制御タイミングと最も遅い制御タイミングでセンサー 2 ~ 5 に対する複数の制御コマンドをまとめてセンサー 2 ~ 5 へ送信する制御方式  $M T H 1$  をセンサー 2 ~ 5 の制御方式として決定する。

20

## 【 0 0 6 6 】

一方、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が相互に異なるとき、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が受信間隔  $I T R 1 \_ 2$  ,  $I T R 2 \_ 2$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 3$  ,  $I T R 2 \_ 3$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 4$  ,  $I T R 2 \_ 4$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 5$  ,  $I T R 2 \_ 5$  , . . . よりも短いかなかをさらに判定する。

## 【 0 0 6 7 】

そして、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が受信間隔  $I T R 1 \_ 2$  ,  $I T R 2 \_ 2$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 3$  ,  $I T R 2 \_ 3$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 4$  ,  $I T R 2 \_ 4$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 5$  ,  $I T R 2 \_ 5$  , . . . よりも短くないとき、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  のうち、最も短い制御周期の開始タイミングと終了タイミングとにおいてセンサー 2 ~ 5 に対する複数の制御コマンドをまとめて送信する制御方式  $M T H 2$  をセンサー 2 ~ 5 の制御方式として決定する。

30

## 【 0 0 6 8 】

一方、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  が受信間隔  $I T R 1 \_ 2$  ,  $I T R 2 \_ 2$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 3$  ,  $I T R 2 \_ 3$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 4$  ,  $I T R 2 \_ 4$  , . . . ;  $I T R 1 \_ 5$  ,  $I T R 2 \_ 5$  , . . . よりも短いとき、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、センサー 2 ~ 5 からの制御要求が有るか否かをさらに判定する。

## 【 0 0 6 9 】

そして、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、制御要求が無いとき、制御周期  $T c 2 \sim T c 5$  のうちの最も短い制御周期の開始タイミングと終了タイミングのうち、最も早い制御タイミングに最も近い開始タイミングまたは終了タイミングと、最も短い許容制御遅延 (= 許容制御遅延  $T C D \_ 2 \sim T C D \_ 5$  のいずれか) の終了タイミングに最も近い開始タイミングまたは終了タイミングとを選択し、その選択した開始タイミングまたは終了タイミングにおいて、センサー 2 ~ 5 に対する複数の制御コマンドをまとめて送信する制御方式  $M T H 3$  をセンサー 2 ~ 5 の制御方式として決定する。

40

## 【 0 0 7 0 】

一方、制御要求が有るとき、制御端末 1 の帯域管理モジュール 1 6 は、各センサー 2 ~ 5 からデータを受信したことに応じて制御コマンドを各センサー 2 ~ 5 へ送信する制御方

50

式MTH4をセンサー2～5の制御方式として決定する。

【0071】

図4は、実施の形態1における制御コマンドの送信タイミングを示すタイミングチャートである。図4を参照して、制御方式MTH1がセンサー2～5の制御方式として決定されたとき、センサー2～5の制御周期 $Tc2 \sim Tc5$ は、相互に等しい( $Tc2 = Tc3 = Tc4 = Tc5 = Tc$ )。

【0072】

そして、センサー2～5における個別の制御タイミングは、それぞれ、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c1\_3}$ 、 $t_{c1\_4}$ 、 $t_{c1\_5}$ である。

【0073】

そうすると、制御端末1の制御管理モジュール15は、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c1\_3}$ 、 $t_{c1\_4}$ 、 $t_{c1\_5}$ のうち、最も早い制御タイミング $t_{c1\_2}$ で複数の制御コマンドを含むパケットをセンサー2～5へブロードキャストする。その後、制御端末1の制御管理モジュール15は、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c1\_3}$ 、 $t_{c1\_4}$ 、 $t_{c1\_5}$ のうち、最も遅い制御タイミング $t_{c1\_5}$ で複数の制御コマンドを含むパケットをセンサー2～5へブロードキャストする。それ以降、制御端末1の制御管理モジュール15は、制御タイミング $t_{c2\_2}$ 、 $t_{c2\_3}$ 、 $t_{c2\_4}$ 、 $t_{c2\_5}$ のうち、最も遅い制御タイミング $t_{c2\_5}$ で複数の制御コマンドを含むパケットをセンサー2～5へブロードキャストし、制御タイミング $t_{c3\_2}$ 、 $t_{c3\_3}$ 、 $t_{c3\_4}$ 、 $t_{c3\_5}$ のうち、最も遅い制御タイミング $t_{c3\_5}$ で複数の制御コマンドを含むパケット

10

20

【0074】

従来、制御コマンドは、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c2\_2}$ 、 $t_{c3\_2}$ 、・・・でセンサー2へ送信され、制御タイミング $t_{c1\_3}$ 、 $t_{c2\_3}$ 、 $t_{c3\_3}$ 、・・・でセンサー3へ送信され、制御タイミング $t_{c1\_4}$ 、 $t_{c2\_4}$ 、 $t_{c3\_4}$ 、・・・でセンサー4へ送信され、制御タイミング $t_{c1\_5}$ 、 $t_{c2\_5}$ 、 $t_{c3\_5}$ 、・・・でセンサー5へ送信されていた。

【0075】

しかし、この発明においては、制御端末1は、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c1\_5}$ 、 $t_{c2\_5}$ 、 $t_{c3\_5}$ 、・・・でセンサー2～5に対する複数の制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ送信する。その結果、制御コマンドのセンサー2～5への送信回数が減少する。

30

【0076】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

【0077】

なお、制御方式MTH1においては、制御周期 $Tc2 \sim Tc5$ のうち、開始タイミングが最も早い制御周期 $Tc2$ の開始タイミングおよび終了タイミングでセンサー2～5に対する複数の制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ送信するようにしてもよい。この場合、制御端末1は、制御タイミング $t_{c1\_2}$ 、 $t_{c2\_2}$ 、 $t_{c3\_2}$ 、・・・において、センサー2～5に対する複数の制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ周期的に送信する。

40

【0078】

図5は、実施の形態1における制御コマンドの他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。図5を参照して、制御方式MTH2がセンサー2～5の制御方式として決定されたとき、センサー2～5の制御周期 $Tc2 \sim Tc5$ は、相互に異なる( $Tc5 < Tc2 < Tc3 < Tc4$ )。

【0079】

50

そうすると、制御端末1の制御管理モジュール15は、制御周期 $T_{c2} \sim T_{c5}$ のうち、最も短い制御周期 $T_{c5}$ を選択し、その選択した制御周期 $T_{c5}$ の開始タイミングまたは終了タイミングである送信タイミング $t_{c1\_5}$ ,  $t_{c2\_5}$ ,  $t_{c3\_5}$  ( $= t_{c1\_1}$ ,  $t_{c2\_1}$ ,  $t_{c3\_1}$ )で複数の制御コマンドをまとめてセンサー2~5へ送信する。

【0080】

この制御方式MTH2においても、制御端末1は、複数の制御コマンドをまとめてセンサー2~5へ送信するので、制御コマンドのセンサー2~5への送信回数が減少する。

【0081】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

10

【0082】

図6は、実施の形態1における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。図6を参照して、制御方式MTH3がセンサー2~5の制御方式として決定されたとき、センサー2~5の制御周期 $T_{c2} \sim T_{c5}$ は、相互に異なり( $T_{c5} < T_{c2} < T_{c3} < T_{c4}$ )、制御端末1は、センサー2~5から制御要求を受信しない。

【0083】

20

そうすると、制御端末1の制御管理モジュール15は、制御方式MTH2が選択された場合と同様にして、制御周期 $T_{c2} \sim T_{c5}$ のうち、最も短い制御周期 $T_{c5}$ を選択し、その選択した制御周期 $T_{c5}$ の開始タイミングまたは終了タイミングであるタイミング $t_{c1\_1}$ ,  $t_{c2\_1}$ ,  $t_{c3\_1}$ ,  $t_{c4\_1}$ ,  $t_{c5\_1}$ を検出する。また、制御端末1の制御管理モジュール15は、センサー2~4における許容制御遅延 $T_{CD\_2} \sim T_{CD\_4}$ をそれぞれセンサー2~4から受信する。

【0084】

そして、制御端末1の制御管理モジュール15は、タイミング $t_{c1\_1}$ ,  $t_{c2\_1}$ ,  $t_{c3\_1}$ ,  $t_{c4\_1}$ ,  $t_{c5\_1}$ のうち、最も早い制御タイミング $t_{c1\_2}$ に最も近いタイミング $t_{c1\_1}$ と、最も短い許容制御遅延 $T_{CD\_4}$ の終了タイミング $t_{c2\_4}$ に最も近いタイミング $t_{c4\_1}$ とを制御コマンドの送信タイミングとして決定する。そして、制御端末1の制御管理モジュール15は、送信タイミング $t_{c1\_1}$ ,  $t_{c4\_1}$ で複数の制御コマンドをまとめてセンサー2~5へ送信する。

30

【0085】

この制御方式MTH3においても、制御端末1は、複数の制御コマンドをまとめてセンサー2~5へ送信するとともに、不要な制御コマンドの送信を停止するので、制御コマンドのセンサー2~5への送信回数が減少する。

【0086】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

40

【0087】

図7は、実施の形態1における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。図7を参照して、センサーjにおける制御周期が $T_c$ であり、制御タイミングが $t_{c1\_j}$ ,  $t_{c2\_j}$ ,  $t_{c3\_j}$ , ...であるとき、制御端末1は、センサーjからデータを受信タイミング $t_{D\_1}$ ,  $t_{D\_2}$ , ...で受信するものとする。

【0088】

この場合、制御端末1の制御管理モジュール15は、受信タイミング $t_{D\_1}$ でデータ

50

を受信する前においては、制御タイミング  $t_{c1\_j}$  に同期した制御タイミング  $t_{c1\_1}$  で制御コマンドをセンサー  $j$  へ送信する。また、制御端末 1 の制御管理モジュール 15 は、受信タイミング  $t_{D\_1}$  でデータを受信した後においては、制御タイミング  $t_{c2\_j}$  に同期した制御タイミング  $t_{c2\_1}$  で制御コマンドをセンサー  $j$  へ送信し、制御タイミング  $t_{c4\_j}$  に同期した制御タイミング  $t_{c3\_1}$  で制御コマンドをセンサー  $j$  へ送信する。その結果、制御コマンドは、制御タイミング  $t_{c3\_j}$  に同期した制御タイミングでは、センサー  $j$  へ送信されない。

【0089】

したがって、この制御方式 MTH4 においては、センサー  $j$  から制御端末 1 へのデータの送信が実際に発生しない場合には、制御端末 1 からセンサー  $j$  への制御コマンドの送信を停止する。その結果、制御端末 1 からセンサー  $j$  への制御コマンドの送信回数が減少する。

10

【0090】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。

【0091】

図 8 は、制御コマンドを送信するパケットのフォーマット図である。図 8 を参照して、パケット PKT は、ヘッダと、データ DATA とを含む。データ DATA は、アドレス Add2 / コマンドメッセージ 1 と、アドレス Add3 / コマンドメッセージ 2 と、アドレス Add4 / コマンドメッセージ 3 と、アドレス Add5 / コマンドメッセージ 4 とを含む。なお、実施の形態 1 においては、制御コマンドをデータとして含むパケットは、100

20

0 バイト以下のデータサイズを有するものとする。

【0092】

アドレス Add2 / コマンドメッセージ 1 は、センサー 2 に対する制御コマンドである。そして、コマンドメッセージ 1 は、センサー 2 の制御タイミング  $t_{c\_2}$  ( $= t_{c1\_2}, t_{c2\_2}, t_{c3\_2}, \dots$ ) および表 1 に示す制御内容 (個別制御内容および共通制御内容) を含む。

【0093】

同様に、アドレス Add3 / コマンドメッセージ 2、アドレス Add4 / コマンドメッセージ 3、およびアドレス Add5 / コマンドメッセージ 4 は、それぞれ、センサー 3 ~ 5 に対する制御コマンドであり、コマンドメッセージ 2 ~ 4 は、それぞれ、センサー 3 ~ 5 の制御タイミング  $t_{c\_3}$  ( $= t_{c1\_3}, t_{c2\_3}, t_{c3\_3}, \dots$ ) ~  $t_{c\_5}$  ( $= t_{c1\_5}, t_{c2\_5}, t_{c3\_5}, \dots$ ) および表 1 に示す制御内容 (個別制御内容および共通制御内容) を含む。

30

【0094】

したがって、制御端末 1 のデータ管理モジュール 14 は、制御方式 MTH1, 2 が用いられる場合、センサー 2 ~ 5 への制御コマンドの送信タイミングと各センサー 2 ~ 5 の制御タイミングとを制御管理モジュール 15 から受け、各センサー 2 ~ 5 に対する制御コマンド (= 制御内容) をアプリケーションモジュール 17 から受けると、センサー 2 の制御タイミングとセンサー 2 に対する制御コマンド (= 制御内容) とを Add2 / コマンドメッセージ 1 に格納し、センサー 3 の制御タイミングとセンサー 3 に対する制御コマンド (= 制御内容) とを Add3 / コマンドメッセージ 2 に格納し、センサー 4 の制御タイミングとセンサー 4 に対する制御コマンド (= 制御内容) とを Add4 / コマンドメッセージ 3 に格納し、センサー 5 の制御タイミングとセンサー 5 に対する制御コマンド (= 制御内容) とを Add5 / コマンドメッセージ 4 に格納してセンサー 2 ~ 5 に対する集約制御コマンドを生成する。そして、制御端末 1 のデータ管理モジュール 14 は、その生成した集約制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信タイミング  $t_{c1\_2}, t_{c1\_5}, t_{c2\_5}, t_{c3\_5}, \dots$  (または送信タイミング  $t_{c1\_5}, t_{c2\_5}, t_{c3\_5}, \dots$ ) で送信する。

40

【0095】

また、制御端末 1 のデータ管理モジュール 14 は、制御方式 MTH3 が用いられる場合

50

、データを制御端末1へ送信したセンサーjに対するコマンドメッセージjだけを含む制御コマンドを生成して送信タイミング $t_{c1\_1}$ 、 $t_{c2\_1}$ 、 $t_{c3\_1}$ 、・・・でセンサーjへ送信する。

【0096】

図9は、制御期間およびデータ収集期間の概念図である。なお、図9において、下向きの矢印は、各センサー2～5における制御コマンドの受信を表し、上向きの矢印は、データの制御端末1への送信を表す。

【0097】

図9を参照して、各センサー2～5がタイミング $t_1$ で制御端末1から制御コマンドを受信すると、タイミング $t_1$ からタイミング $t_2$ までの間が各センサー2～5における電気機器20の制御期間となる。その後、各センサー2～5におけるデータ収集期間に入り、センサー2～4は、それぞれ、タイミング $t_3$ ～ $t_5$ でデータを制御端末1へ送信する。

10

【0098】

その後、タイミング $t_6$ ～ $t_7$ までの期間が制御期間であり、タイミング $t_7$ からタイミング $t_8$ までの期間がデータ収集期間である。

【0099】

このように、各センサー2～5においては、制御期間およびデータ収集期間が周期的に設定され、各センサー2～5による電気機器20の制御および電気機器20の動作状態を示すデータの収集が行なわれる。

20

【0100】

図10は、各センサー2～5における制御方式を決定する動作を説明するためのフローチャートである。図10を参照して、一連の動作が開始されると、制御端末1の帯域管理モジュール16は、センサー2～5から制御要求を受信し、センサー2～5における制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ を検出する(ステップS1)。

【0101】

そして、制御端末1の帯域管理モジュール16は、各センサーjからデータを受信するときの複数の受信タイミングをデータ管理モジュール14から受け、その受けた複数の受信タイミングに基づいて、各センサーjからデータを受信するときの受信周期を検出する(ステップS2)。

30

【0102】

その後、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ が相互に同じであるか否かを判定する(ステップS3)。

【0103】

ステップS3において、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ が相互に同じであると判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御方式MTH1をセンサー2～5の制御方式として決定する(ステップS4)。

【0104】

一方、ステップS3において、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ が相互に異なると判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ がデータの受信周期よりも短いかなかをさらに判定する(ステップS5)。

40

【0105】

ステップS5において、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ がデータの受信周期よりも短くないと判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御方式MTH2をセンサー2～5の制御方式として決定する(ステップS6)。

【0106】

一方、ステップS5において、制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ がデータの受信周期よりも短いと判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、センサー2～5からの制御要求が有るかなかをさらに判定する(ステップS7)。

【0107】

50

ステップS7において、制御要求が無いと判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御方式MTH3をセンサー2～5の制御方式として決定する(ステップS8)。

【0108】

一方、ステップS7において、制御要求があると判定されたとき、制御端末1の帯域管理モジュール16は、制御方式MTH4をセンサー2～5の制御方式として決定する(ステップS9)。

【0109】

そして、ステップS4、ステップS6、ステップS8およびステップS9のいずれかの後、一連の動作は、終了する。

10

【0110】

図11は、制御方式MTH1を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。また、図12は、複数の制御コマンドを含むパケットの具体例を示す図である。

【0111】

図11を参照して、一連の動作が開始されると、制御端末1のデータ管理モジュール14は、センサー2～5に対する制御コマンドCCM2～CCM5を集約した集約制御コマンドCCM\_AG(図12参照)を生成する(ステップS11)。

【0112】

そして、制御端末1の制御管理モジュール15は、帯域管理モジュール16から受けた制御方式MTH1に基づいて、センサー2～5における制御タイミングのうち、最も早い制御タイミングと最も遅い制御タイミングとを集約制御コマンドの送信タイミングと決定し(ステップS12)、その決定した送信タイミングをデータ管理モジュール14へ出力する。

20

【0113】

そうすると、制御端末1のデータ管理モジュール14は、制御管理モジュール15によって決定された送信タイミングで集約制御コマンドCCM\_AGをセンサー2～5へブロードキャストする(ステップS13)。

【0114】

センサー2～5は、集約制御コマンドCCM\_AGを受信する(ステップS14)。そして、センサーjのタイミング制御モジュール25は、集約制御コマンドCCM\_AGから自己における制御タイミングtc\_j(=tc1\_2, tc1\_3, tc1\_4, tc1\_5のいずれか)を取得する(ステップS15)。

30

【0115】

その後、センサーjのタイミング制御モジュール25は、その取得した制御タイミングtc\_jに基づいて、制御期間とデータ収集期間とを設定する(ステップS16)。

【0116】

そして、センサーjのアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、対応する電気機器20を制御する(ステップS17)。

【0117】

また、センサーjのアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、対応する電気機器20の動作状態を示すデータを検出するように検出素子28を制御し、検出素子28は、電気機器20のデータを検出してアプリケーションモジュール26へ出力する。そして、センサーjのアプリケーションモジュール26は、その受けたデータを制御端末1へ送信する(ステップS18)。

40

【0118】

制御端末1のアプリケーションモジュール17は、各センサーjからデータを受信し、その受信したデータをデータベース18に格納する(ステップS19)。これによって、一連の動作が終了する。

【0119】

50



このように、制御方式MTH1が用いられる場合、センサー2～5における制御タイミングのうち、最も早い制御タイミングと最も遅い制御タイミングでセンサー2～5への制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ送信する。その結果、制御コマンドの送信回数が減少する。

【0120】

したがって、この発明によれば、通信帯域を減少できる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

【0121】

センサー2～5がそれぞれ電流センサー、ガスセンサー、温度センサーおよび水流センサーである場合を想定する。

【0122】

センサー2のアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、センサー2に対する制御内容(=電流の連続制御)に基づいて、対応する電気機器20の電流を連続的に制御する。そして、センサー2のアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、電流を連続的に制御された電気機器20のデータをサンプリングレートDR2で検出素子28によって検出する。そうすると、センサー2のアプリケーションモジュール26は、検出素子28によって検出されたデータを送信レートTR2で制御端末1へ周期的(=送信周期TT2)に送信する。

【0123】

また、センサー3のアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、センサー3に対する制御内容(=ガスのOFF制御)に基づいて、対応する電気機器20をオフする。そして、センサー3のアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、オフされた電気機器20のデータをサンプリングレートSR3で検出素子28によって検出する。そうすると、センサー3のアプリケーションモジュール26は、検出素子28によって検出されたデータを送信レートTR3で制御端末1へ周期的(=送信周期TT3)に送信する。

【0124】

さらに、センサー4のアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、センサー4に対する制御内容(=温度の連続制御)に基づいて、対応する電気機器20の温度を連続的に制御する。そして、センサー4のアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、温度を連続的に制御された電気機器20のデータをサンプリングレートSR4で検出素子28によって検出する。そうすると、センサー4のアプリケーションモジュール26は、検出素子28によって検出されたデータを送信レートTR4で制御端末1へ周期的(=送信周期TT4)に送信する。

【0125】

さらに、センサー5のアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、センサー5に対する制御内容(=水流のOFF制御)に基づいて、対応する電気機器20をオフする。そして、センサー5のアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、オフされた電気機器20のデータをサンプリングレートSR5で検出素子28によって検出する。そうすると、センサー5のアプリケーションモジュール26は、検出素子28によって検出されたデータを送信レートTR5で制御端末1へ周期的(=送信周期TT5)に送信する。

【0126】

図13は、制御方式MTH2を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

【0127】

図13に示すフローチャートは、図11に示すフローチャートのステップS12をステップS12Aに代えたものであり、その他は、図11に示すフローチャートと同じである

10

20

30

40

50

。

## 【0128】

図13を参照して、上述したステップS11が実行された後、制御端末1の制御管理モジュール15は、センサー2～5における制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ のうち、最も短い周期を有する制御周期の開始タイミングと終了タイミングとを集約制御コマンドの送信タイミングと決定する(ステップS12A)。

## 【0129】

その後、上述したステップS13～ステップS19が順次実行され、一連の動作が終了する。

## 【0130】

このように、制御方式MTH2が用いられた場合、最も短い周期を有する制御周期の開始タイミングと終了タイミングでセンサー2～5への制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ送信する。その結果、制御コマンドの送信回数が減少する。

## 【0131】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

## 【0132】

そして、センサー2～5は、集約制御コマンドCCM\_\_AGから自己に対する制御コマンド(Add2/tc1\_\_2, 電流の連続制御, SR2, TR2, TT2等)を抽出し、その抽出した制御コマンドに従って、対応する電気機器20を制御するとともに、対応する電気機器20のデータを検出して制御端末1へ送信する。

## 【0133】

図14は、制御方式MTH3を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

## 【0134】

図14に示すフローチャートは、図13に示すフローチャートのステップS12AをステップS12Bに代えたものであり、その他は、図13に示すフローチャートと同じである。

## 【0135】

図14を参照して、上述したステップS11が実行された後、制御端末1の制御管理モジュール15は、センサー2～5における制御周期 $T_{c2}$ ～ $T_{c5}$ のうち、最も短い周期を有する制御周期の開始タイミングと終了タイミングとを検出する。そして、制御端末1の制御管理モジュール15は、その開始タイミングおよび終了タイミングのうち、センサー2～5の最も早い制御タイミングに最も近い開始タイミング(または終了タイミング)と、センサー2～5の最も短い許容制御遅延の終了タイミングに最も近い開始タイミング(または終了タイミング)とを集約制御コマンドの送信タイミングと決定する(ステップS12B)。

## 【0136】

その後、上述したステップS13～ステップS19が順次実行され、一連の動作が終了する。

## 【0137】

このように、制御方式MTH3が用いられた場合、最も短い周期を有する制御周期の開始タイミングまたは終了タイミングに同期し、かつ、複数のセンサー2～5における複数の許容制御遅延の中で最も短い許容制御遅延の終了タイミングに最も近いタイミングでセンサー2～5への制御コマンドをまとめてセンサー2～5へ送信する。その結果、制御コマンドの送信回数が減少する。

## 【0138】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で

10

20

30

40

50

、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

【0139】

そして、センサー2～5は、集約制御コマンドCCM\_AGから自己に対する制御コマンド(Add2/tc1\_2, 電流の連続制御, SR2, TR2, TT2等)を抽出し、その抽出した制御コマンドに従って、対応する電気機器20を制御するとともに、対応する電気機器20のデータを検出して制御端末1へ送信する。

【0140】

図15は、制御方式MTH4を用いた場合の動作を説明するための実施の形態1におけるフローチャートである。

10

【0141】

図15を参照して、一連の動作が開始されると、制御端末1の制御管理モジュール15は、センサーjにおける制御タイミングtc1\_j, tc2\_j, …を取得する(ステップS21)。

【0142】

その後、制御端末1のアプリケーションモジュール17は、センサーjからデータを受信したか否かを判定し(ステップS22)、センサーjからデータを受信すると、センサーjに対する制御コマンドを生成する(ステップS23)。そして、制御端末1のアプリケーションモジュール17は、その生成した制御コマンドをデータ管理モジュール14へ出力する。

20

【0143】

その後、制御端末1の制御管理モジュール15は、データの受信タイミング後の制御タイミングtcn\_j(tc1\_j, tc2\_j, …のいずれか)を制御コマンドの送信タイミングと決定する(ステップS24)。

【0144】

そして、制御端末1のデータ管理モジュール14は、アプリケーションモジュール17が生成した制御コマンドを制御管理モジュール15によって決定された送信タイミングでセンサーjへ送信する(ステップS25)。

【0145】

センサーjは、制御コマンドを受信する(ステップS26)。そして、センサーjのタイミング制御モジュール25は、制御コマンドに含まれる制御タイミングtcn\_jに基づいて制御期間とデータ収集期間を設定する(ステップS27)。

30

【0146】

そして、センサーjのアプリケーションモジュール26は、制御期間の間、対応する電気機器20を制御する(ステップS28)。

【0147】

また、センサーjのアプリケーションモジュール26は、データ収集期間の間、対応する電気機器20の動作状態を示すデータを検出するように検出素子28を制御し、検出素子28は、電気機器20のデータを検出してアプリケーションモジュール26へ出力する。そして、センサーjのアプリケーションモジュール26は、その受けたデータを制御端末1へ送信する(ステップS29)。

40

【0148】

制御端末1のアプリケーションモジュール17は、各センサーjからデータを受信し、その受信したデータをデータベース18に格納する(ステップS30)。これによって、一連の動作が終了する。

【0149】

このように、制御方式MTH4においては、制御端末1は、センサーjからデータを受信したときのみ、制御コマンドをセンサーjへ送信する。したがって、制御コマンドをセンサーjへ送信した後、制御コマンドの次の送信タイミングまでにセンサーjからデータ

50

を受信しないとき、その次の送信タイミングにおける制御コマンドの送信が停止される。その結果、制御コマンドの送信回数が減少する。

【0150】

したがって、この発明によれば、通信帯域を狭くできる。また、一定の通信帯域の下で、制御コマンドを送信するための時間の割当が行なわれるため、制御コマンドは、パケット損失等の影響を受け難くなり、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できる。

【0151】

制御コマンドを受信したセンサー j は、その制御コマンドに基づいて、上述した方法によって、対応する電気機器 20 を制御するとともに、対応する電気機器 20 のデータを検出して制御端末 1 へ送信する。

10

【0152】

なお、この発明においては、制御方式 M T H 1 が選択された場合に、さらに、制御方式 M T H 4 を適用して制御コマンドをセンサー j へ送信するようにしてもよい。

【0153】

この場合、制御端末 1 は、センサー 2 ~ 5 からデータを受信した後において、センサー 2 ~ 5 における複数の制御タイミングのうち、最も早い制御タイミングまたは最も遅い制御タイミングでセンサー 2 ~ 5 に対する複数の制御コマンドをまとめてセンサー 2 ~ 5 へ送信する。

【0154】

20

図 16 は、図 1 に示すセンサーネットワークシステム 10 におけるシミュレーション結果を示す図である。

【0155】

図 16 の ( a ) は、従来の通信方式を用いた場合の制御周期の期間におけるパケットの損失回数とセンサーの個数との関係を示す図である。また、図 16 の ( b ) は、この発明による通信方式を用いた場合の制御周期の期間におけるパケットの損失回数とセンサーの個数との関係を示す図である。さらに、図 16 の ( c ) は、従来の通信方式を用いた場合のタイムユニットにおける平均遅延とセンサーの個数との関係を示す図である。さらに、図 16 の ( d ) は、この発明による通信方式を用いた場合のタイムユニットにおける平均遅延とセンサーの個数との関係を示す図である。

30

【0156】

ここで、従来の通信方式は、C S M A ( C a r r i e r S e n s e M u l t i p l e A c c e s s ) 方式からなる。

【0157】

図 16 の ( a ) , ( b ) において、縦軸は、制御周期の期間におけるパケットの損失回数を表し、横軸は、センサーの個数を表す。そして、曲線 k 1 , k 3 は、センサー 2 ~ 5 が検出した検出データを含むパケットの損失回数とセンサーの個数との関係を示し、曲線 k 2 , k 4 は、制御コマンドを含むパケットの損失回数とセンサーの個数との関係を示す。

【0158】

40

また、図 16 の ( c ) , ( d ) において、縦軸は、タイムユニットにおける平均遅延を表し、横軸は、センサーの個数を表す。そして、曲線 k 5 , k 7 は、センサー 2 ~ 5 が検出した検出データを含むパケットの平均遅延とセンサーの個数との関係を示し、曲線 k 6 , k 8 は、制御コマンドを含むパケットの平均遅延とセンサーの個数との関係を示す。

【0159】

ここで、平均遅延は、1 タイムユニットが 5 m s からなるので、図 16 の ( c ) , ( d ) における縦軸の数値に 5 m s を乗算した値からなる。

【0160】

図 16 の ( a ) を参照して、従来の通信方式が用いられた場合、検出データを含むパケットの損失回数および制御コマンドを含むパケットの損失回数は、センサーの個数が増え

50

るに従って大きくなる（曲線 k 1 , k 2 参照）。

【 0 1 6 1 】

図 1 6 の ( b ) を参照して、この発明による通信方式が用いられた場合、検出データを含むパケットの損失回数は、センサーの個数が増えるに従って大きくなるのに対し（曲線 k 3 参照）、制御コマンドを含むパケットの損失回数は、センサーの個数が増えても、ほとんど零回に維持される（曲線 k 4 参照）。これは、この発明による通信方式が用いられる場合、制御コマンドの送信回数が減少するので、制御コマンドを含むパケットの損失が生じ難いからである。

【 0 1 6 2 】

図 1 6 の ( c ) を参照して、従来の通信方式が用いられる場合、検出データを含むパケットの平均遅延および制御コマンドを含むパケットの平均遅延は、センサーの個数が増えるに従って大きくなる（曲線 k 5 , k 6 参照）。

【 0 1 6 3 】

図 1 6 の ( d ) を参照して、検出データを含むパケットの平均遅延は、センサーの個数が増えるに従って大きくなるのに対し（曲線 k 7 参照）、制御コマンドを含むパケットの平均遅延は、センサーの個数が増えるに従って小さくなる（曲線 k 8 参照）。制御方式 M T H 1 ~ M T H 3 が用いられた場合、複数の制御コマンドは、まとめて複数のセンサーへ送信されるので、複数の制御コマンドの送信間隔は、センサーの個数が増えるに従って長くなる。その結果、単位時間当たりの制御コマンドの送信回数は、センサーの個数が増えるに従って減少し、複数の制御コマンドを含むパケットの再送が生じ難い。また、制御方式 M T H 4 が用いられる場合、制御端末 1 は、センサー 2 ~ 5 から検出データを受信した場合に制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信する。その結果、上記と同様に、単位時間当たりの制御コマンドの送信回数は、センサーの個数が増えるに従って減少し、制御コマンドを含むパケットの再送が生じ難い。したがって、平均遅延は、センサーの個数が増えるに従って減少するものと考えられる。

【 0 1 6 4 】

図 1 7 は、図 1 に示すセンサーネットワークシステム 1 0 における他のシミュレーション結果を示す図である。

【 0 1 6 5 】

図 1 7 の ( a ) は、従来の通信方式を用いた場合の制御周期の期間におけるパケットの損失回数とデータ収集期間との関係を示す図である。また、図 1 7 の ( b ) は、この発明による通信方式を用いた場合の制御周期の期間におけるパケットの損失回数とデータ収集期間との関係を示す図である。さらに、図 1 7 の ( c ) は、従来の通信方式を用いた場合のタイムユニットにおける平均遅延とデータ収集期間との関係を示す図である。さらに、図 1 7 の ( d ) は、この発明による通信方式を用いた場合のタイムユニットにおける平均遅延とデータ収集期間との関係を示す図である。

【 0 1 6 6 】

図 1 7 の ( a ) , ( b ) において、縦軸は、制御周期の期間におけるパケットの損失回数を表し、横軸は、データ収集期間を表す。そして、曲線 k 9 , k 1 1 は、センサー 2 ~ 5 が検出した検出データを含むパケットの損失回数とデータ収集期間との関係を示し、曲線 k 1 0 , k 1 2 は、制御コマンドを含むパケットの損失回数とデータ収集期間との関係を示す。

【 0 1 6 7 】

また、図 1 7 の ( c ) , ( d ) において、縦軸は、タイムユニットにおける平均遅延を表し、横軸は、データ収集期間を表す。そして、曲線 k 1 3 , k 1 5 は、センサー 2 ~ 5 が検出した検出データを含むパケットの平均遅延とデータ収集期間との関係を示し、曲線 k 1 4 , k 1 6 は、制御コマンドを含むパケットの平均遅延とデータ収集期間との関係を示す。

【 0 1 6 8 】

図 1 7 の ( a ) を参照して、従来の通信方式が用いられる場合、検出データを含むパケ

10

20

30

40

50

ットの損失回数および制御コマンドを含むパケットの損失回数は、データ収集期間が長くなるに従って減少する（曲線 k 9 , k 10 参照）。検出データを含むパケットは、データ収集期間が長くなるに従ってセンサー 2 ~ 5 から制御端末 1 への送信タイミングが分散し、制御コマンドを含むパケットは、データ収集期間が長くなるに従って送信間隔が長くなる。その結果、検出データを含むパケットの損失回数および制御コマンドを含むパケットの損失回数は、データ収集期間が長くなるに従って減少するものと考えられる。

【 0 1 6 9 】

図 17 の ( b ) を参照して、この発明による通信方式が用いられる場合、検出データを含むパケットの損失回数は、データ収集期間が長くなるに従って減少するのに対し（曲線 k 11 参照）、制御コマンドを含むパケットの損失回数は、データ収集期間が長くなるに従って殆ど零回である（曲線 k 12 参照）。

10

【 0 1 7 0 】

この発明による通信方式が用いられる場合、制御コマンドの送信回数が減少するので、制御コマンドを含むパケットの損失が生じ難いものと考えられる。

【 0 1 7 1 】

図 17 の ( c ) を参照して、従来の通信方式が用いられる場合、検出データを含むパケットの平均遅延および制御コマンドを含むパケットの平均遅延は、データ収集期間に対してばらつく（曲線 k 13 , k 14 参照）。

【 0 1 7 2 】

図 17 の ( d ) を参照して、この発明による通信方式が用いられる場合、検出データを含むパケットの平均遅延は、データ収集期間に対して、制御コマンドの遅延の目標値である 25 ms を超える場合もあるのに対し（曲線 k 15 参照）、制御コマンドを含むパケットの平均遅延は、データ収集期間に対して、目標値である 25 ms よりも短い（曲線 k 16 参照）。制御方式 M T H 1 ~ M T H 3 が用いられた場合、複数の制御コマンドは、まとめて複数のセンサーへ送信されるので、複数の制御コマンドの送信間隔は、データ収集期間が長くなるに従って長くなる。その結果、単位時間当たりの制御コマンドの送信回数は、データ収集期間が長くなるに従って減少し、複数の制御コマンドを含むパケットの再送が生じ難い。また、制御方式 M T H 4 が用いられる場合、制御端末 1 は、センサー 2 ~ 5 から検出データを受信した場合に制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信する。その結果、上記と同様に、単位時間当たりの制御コマンドの送信回数は、データ収集期間が長くなるに従って減少し、制御コマンドを含むパケットの再送が生じ難い。したがって、制御コマンドを含むパケットの平均遅延は、センサーの個数が増えるに従って減少するものと考えられる。

20

30

【 0 1 7 3 】

このように、この発明による通信方式を用いることにより、データよりも信頼性を高くして制御コマンドを送信できることが実証された。

【 0 1 7 4 】

[ 実施の形態 2 ]

図 18 は、実施の形態 2 によるセンサーネットワークシステムの概略図である。図 18 を参照して、実施の形態 2 によるセンサーネットワークシステム 10 A は、図 1 に示すセンサーネットワークシステム 10 の制御端末 1 を制御端末 1 A に代えたものであり、その他は、センサーネットワークシステム 10 と同じである。

40

【 0 1 7 5 】

なお、実施の形態 2 においては、制御コマンドをデータとして含むパケットは、100 バイト以下のデータサイズを有する場合もあれば、100 バイトよりも大きいデータサイズを有する場合もあるものとする。

【 0 1 7 6 】

制御端末 1 A は、制御コマンドを含むパケットのデータサイズ  $D_s$  が基準値  $D_{s\_std}$  よりも大きいとき、各々が基準値  $D_{s\_std}$  以下のデータサイズを有する複数のパケットに制御コマンドを含めて制御コマンドをセンサー 2 ~ 5 へ送信する。

50

## 【0177】

この場合、制御コマンドを含むパケットは、上述した制御方式MTH1～MTH4のいずれかの制御方式を用いてセンサー2～5へ送信される。また、基準値 $Ds\_std$ は、たとえば、100バイトに設定される。

## 【0178】

制御端末1Aは、その他、制御端末1と同じ機能を果たす。

## 【0179】

図19は、図18に示す制御端末1Aの構成を示す概略ブロック図である。図19を参照して、制御端末1Aは、図2に示す制御端末1のデータ管理モジュール14をデータ管理モジュール14Aに代え、制御管理モジュール15を制御管理モジュール15Aに代えたものであり、その他は、制御端末1と同じである。

10

## 【0180】

データ管理モジュール14Aは、アプリケーションモジュール17から複数の制御コマンドを受け、制御方式MTH1～MTH3のいずれかを帯域管理モジュール16から受けると、その複数の制御コマンドの全体のデータサイズ $Ds\_all$ を演算するとともに、 $k1 = \text{int}(Ds\_all / Ds\_std) + 1$ を演算する。そして、データ管理モジュール14Aは、その演算した $k1$ を制御管理モジュール15Aへ出力する。

## 【0181】

また、データ管理モジュール14Aは、データサイズ $Ds\_all$ を基準値 $Ds\_std$ と比較し、データサイズ $Ds\_all$ が基準値 $Ds\_std$ よりも大きいとき（すなわち、 $k1$ が2以上であるとき）、後述する方法によって、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール15Aから受けた送信タイミングでセンサー2～5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングを受ける毎に、複数のパケットをセンサー2～5へ送信する。

20

## 【0182】

一方、データ管理モジュール14Aは、データサイズ $Ds\_all$ が基準値 $Ds\_std$ 以下であるとき（すなわち、 $k1$ が1であるとき）、複数の制御コマンドを含む1個のパケットを生成し、その生成した1個のパケットを制御管理モジュール15Aから受けた送信タイミングでセンサー2～5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングを受ける毎に、1個のパケットをセンサー2～5へ送信する。

30

## 【0183】

また、データ管理モジュール14Aは、制御方式MTH4を帯域管理モジュール16から受け、制御コマンドをアプリケーションモジュール17から受けると、制御コマンドのデータサイズ $Ds$ を検出し、 $k2 = \text{int}(Ds / Ds\_std) + 1$ を演算する。そして、データ管理モジュール14Aは、その演算した $k2$ を制御管理モジュール15Aへ出力する。

## 【0184】

また、データ管理モジュール14Aは、データサイズ $Ds$ を基準値 $Ds\_std$ と比較し、データサイズ $Ds$ が基準値 $Ds\_std$ よりも大きいとき（すなわち、 $k2$ が2以上であるとき）、後述する方法によって、制御コマンドを含む複数のパケットを生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール15Aから受けた送信タイミングでセンサー $j$ へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングを受ける毎に、複数のパケットをセンサー $j$ へ送信する。

40

## 【0185】

一方、データ管理モジュール14Aは、データサイズ $Ds$ が基準値 $Ds\_std$ 以下であるとき（すなわち、 $k1$ が1であるとき）、制御コマンドを含む1個のパケットを生成し、その生成した1個のパケットを制御管理モジュール15Aから受けた送信タイミングでセンサー $j$ へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール

50

15Aから送信タイミングを受ける毎に、1個の packets をセンサーjへ送信する。

【0186】

データ管理モジュール14Aは、その他、データ管理モジュール14と同じ機能を果たす。

【0187】

制御管理モジュール15Aは、データ管理モジュール14Aから $k_1$ ,  $k_2$ を受ける。そして、制御管理モジュール15Aは、 $k_1$ または $k_2$ が2以上であるとき、後述する方法によって、複数の制御コマンドまたは1個の制御コマンドを含む複数の packets を送信するための送信タイミングを決定し、その決定した送信タイミングをデータ管理モジュール14Aへ出力する。

10

【0188】

また、制御管理モジュール15Aは、 $k_1$ または $k_2$ が1であるとき、複数の制御コマンドまたは1個の制御コマンドを含む1個の packets を送信するための送信タイミングを実施の形態1における方法と同じ方法によって決定し、その決定した送信タイミングをデータ管理モジュール14Aへ出力する。

【0189】

制御管理モジュール15Aは、その他、制御管理モジュール15と同じ機能を果たす。

【0190】

複数の制御コマンドを含む複数の packets の生成方法について説明する。図20は、複数の制御コマンドを含む複数の packets を生成する方法を説明するための図である。

20

【0191】

図20を参照して、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、センサー2~5へ送信するためのコマンドメッセージ1~4をアプリケーションモジュール17から受けると、 $Add_2$ /コマンドメッセージ1、 $Add_3$ /コマンドメッセージ2、 $Add_4$ /コマンドメッセージ3、および $Add_5$ /コマンドメッセージ4の全体のデータサイズ $Ds\_all$ を演算する。

【0192】

そして、データ管理モジュール14Aは、 $k_1 = \text{int}(Ds\_all / Ds\_std) + 1 = 2$ を演算し、その演算した $k_1$ が2であることを検知する。その後、データ管理モジュール14Aは、 $Add_2$ /コマンドメッセージ1の先頭から100ビット(=基準値 $Ds\_std$ )をカウントし、 $Add_2$ /コマンドメッセージ1の先頭から100ビット(=基準値 $Ds\_std$ )目が $Add_4$ /コマンドメッセージ3の途中であることを検知する。

30

【0193】

そうすると、データ管理モジュール14Aは、 $Add_2$ /コマンドメッセージ1の先頭から100ビット(=基準値 $Ds\_std$ )目になる $Add_4$ /コマンドメッセージ3のビットで $Add_4$ /コマンドメッセージ3を $Add_4$ /コマンドメッセージ31と $Add_4$ /コマンドメッセージ32とに分割する。

【0194】

そして、データ管理モジュール14Aは、 $Add_2$ /コマンドメッセージ1 |  $Add_3$ /コマンドメッセージ2 |  $Add_4$ /コマンドメッセージ31をデータ部に格納し、 $k_1 = 2$ を含むヘッダを付加して packets PKT1を生成し、 $Add_4$ /コマンドメッセージ32 |  $Add_5$ /コマンドメッセージ4をデータ部に格納し、ヘッダを付加して packets PKT2を生成する。

40

【0195】

なお、 $k_1 = 2$ を packets PKT1, PKT2のうち、 packets PKT1にのみ含めるのは、最初にセンサー2~5へ送信される packets PKT1に $k_1 = 2$ を含めることによって複数の制御コマンドが複数の packets によって送信されることをセンサー2~5に知らせるためである。

【0196】

50



データ管理モジュール14Aは、次の方法によって複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成してもよい。

【0197】

データ管理モジュール14Aは、Add2/コマンドメッセージ1の先頭から100ビット(=基準値Ds\_std)目がAdd4/コマンドメッセージ3の途中であることを検知すると、Add2/コマンドメッセージ1|Add3/コマンドメッセージ2|Add4/コマンドメッセージ3|Add5/コマンドメッセージ4をAdd2/コマンドメッセージ1|Add3/コマンドメッセージ2とAdd4/コマンドメッセージ3|Add5/コマンドメッセージ4とに分割する。

【0198】

そして、データ管理モジュール14Aは、Add2/コマンドメッセージ1|Add3/コマンドメッセージ2をデータ部に格納し、k1=2を含むヘッダを付加してパケットPKT3を生成し、Add4/コマンドメッセージ3|Add5/コマンドメッセージ4をデータ部に格納し、ヘッダを付加してパケットPKT4を生成する。

【0199】

なお、パケットPKT3, PKT4のうち、k1=2をパケットPKT3にのみ含める理由は、パケットPKT1, PKT2のうち、k1=2をパケットPKT1にのみ含める理由と同じである。

【0200】

このように、データ管理モジュール14Aは、データサイズDs\_allが基準値Ds\_stdよりも大きいとき、上述した2つの方法のいずれかの方法を用いて複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成する。

【0201】

なお、センサー2~5が制御端末1AからパケットPKT1, PKT2を受信した場合、センサー2のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT1からコマンドメッセージ1をセンサー2用の制御コマンドとして抽出し、センサー3のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT1からコマンドメッセージ2をセンサー3用の制御コマンドとして抽出する。

【0202】

また、センサー4のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT1からコマンドメッセージ31を抽出し、パケットPKT2からコマンドメッセージ32を抽出し、その抽出したコマンドメッセージ32をコマンドメッセージ31の最後部に連結してコマンドメッセージ3を取得する。

【0203】

さらに、センサー5のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT2からコマンドメッセージ4をセンサー5用の制御コマンドとして抽出する。

【0204】

一方、センサー2~5が制御端末1AからパケットPKT3, PKT4を受信した場合、センサー2のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT3からコマンドメッセージ1をセンサー2用の制御コマンドとして抽出し、センサー3のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT3からコマンドメッセージ2をセンサー3用の制御コマンドとして抽出する。また、センサー4のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT4からコマンドメッセージ3をセンサー4用の制御コマンドとして抽出し、センサー5のアプリケーションモジュール26は、パケットPKT4からコマンドメッセージ4をセンサー5用の制御コマンドとして抽出する。

【0205】

さらに、データサイズDs\_allが200バイトよりも長い場合、データ管理モジュール14Aは、Add2/コマンドメッセージ1|Add3/コマンドメッセージ2|Add4/コマンドメッセージ3|Add5/コマンドメッセージ4を先頭から基準値Ds\_std(=100バイト)毎に区切り、Add2/コマンドメッセージ1|Add3/

10

20

30

40

50

コマンドメッセージ 2 | A d d 4 / コマンドメッセージ 3 | A d d 5 / コマンドメッセージ 4 を 3 個以上の部分に分割する。そして、データ管理モジュール 1 4 A は、3 個以上の部分をそれぞれデータ部に含む 3 個以上のパケットを生成する。

【 0 2 0 6 】

図 2 1 は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成する他の方法を説明するための図である。

【 0 2 0 7 】

図 2 1 を参照して、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、たとえば、センサー 2 へ送信するためのコマンドメッセージ 1 をアプリケーションモジュール 1 7 から受けると、コマンドメッセージ 1 のデータサイズ  $D_s$  を検出し、 $k_2 = \text{int}(D_s / D_{s\_std}) + 1 = 2$  を演算する。そして、データ管理モジュール 1 4 A は、その演算した  $k_2$  が 2 であることを検知するとともに、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 の先頭から 1 0 0 ビット (= 基準値  $D_{s\_std}$ ) をカウントし、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 の先頭から 1 0 0 ビット (= 基準値  $D_{s\_std}$ ) 目が A d d 2 / コマンドメッセージ 1 の途中であることを検知する。

【 0 2 0 8 】

そうすると、データ管理モジュール 1 4 A は、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 の先頭から 1 0 0 ビット (= 基準値  $D_{s\_std}$ ) 目になる A d d 2 / コマンドメッセージ 1 のビットで A d d 2 / コマンドメッセージ 1 を A d d 2 / コマンドメッセージ 1 1 と A d d 2 / コマンドメッセージ 1 2 とに分割する。

【 0 2 0 9 】

そして、データ管理モジュール 1 4 A は、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 1 をデータ部に格納し、 $k_1 = 2$  を含むヘッダを付加してパケット P K T 5 を生成し、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 2 をデータ部に格納し、ヘッダを付加してパケット P K T 6 を生成する。

【 0 2 1 0 】

なお、 $k_1 = 2$  をパケット P K T 5 , P K T 6 のうち、パケット P K T 5 にのみ含める理由は、 $k_1 = 2$  をパケット P K T 1 , P K T 2 のうち、パケット P K T 1 にのみ含める理由と同じである。

【 0 2 1 1 】

また、センサー 2 が制御端末 1 A からパケット P K T 5 , P K T 6 を受信した場合、センサー 2 のアプリケーションモジュール 2 6 は、パケット P K T 5 からコマンドメッセージ 1 1 を抽出し、パケット P K T 6 からコマンドメッセージ 1 2 を抽出し、その抽出したコマンドメッセージ 1 2 をコマンドメッセージ 1 1 の最後部に連結してコマンドメッセージ 1 を取得する。

【 0 2 1 2 】

さらに、コマンドメッセージ 1 以外のコマンドメッセージ 2 ~ コマンドメッセージ 4 が送信される場合も、上述した方法によってパケット P K T 5 , P K T 6 が生成される。

【 0 2 1 3 】

さらに、データサイズ  $D_s$  が 2 0 0 バイトよりも長い場合、データ管理モジュール 1 4 A は、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 を先頭から基準値  $D_{s\_std}$  (= 1 0 0 バイト) 毎に区切り、A d d 2 / コマンドメッセージ 1 を 3 個以上の部分に分割する。そして、データ管理モジュール 1 4 A は、3 個以上の部分をそれぞれデータ部に含む 3 個以上のパケットを生成する。

【 0 2 1 4 】

図 2 2 は、実施の形態 2 における制御コマンドの送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【 0 2 1 5 】

図 2 2 を参照して、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、データ管理モジュール 1 4 A から  $k_1$  または  $k_2$  を受け、帯域管理モジュール 1 6 から制御方式 M T H 1 を受

10

20

30

40

50

ける。そして、制御管理モジュール15Aは、k1またはk2が1である場合、実施の形態1において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミングtc1\_21, tc1\_51, tc2\_51, tc3\_51を決定し、その決定した送信タイミングtc1\_21, tc1\_51, tc2\_51, tc3\_51をデータ管理モジュール14Aへ順次出力する。なお、送信タイミングtc1\_21, tc1\_51, tc2\_51, tc3\_51は、それぞれ、図4に示す送信タイミングtc1\_2, tc1\_5, tc2\_5, tc3\_5と同じである。

【0216】

一方、制御管理モジュール15Aは、k1またはk2が2以上である場合、実施の形態1において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミングtc1\_21, tc1\_51, tc2\_51, tc3\_51を決定する。そして、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc1\_21に連続して送信タイミングtc1\_22~tc1\_2n(n=k1またはk2)を決定する。また、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc1\_51に連続して送信タイミングtc1\_52~tc1\_5nを決定する。以下、同様にして、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc2\_51に連続して送信タイミングtc2\_52~tc2\_5nを決定し、送信タイミングtc3\_51に連続して送信タイミングtc3\_52~tc3\_5nを決定する。

10

【0217】

そうすると、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc1\_21~tc1\_2nをデータ管理モジュール14Aへ出力し、その後、送信タイミングtc1\_51~tc1\_5nをデータ管理モジュール14Aへ出力し、その後、送信タイミングtc2\_51~tc2\_5nをデータ管理モジュール14Aへ出力し、その後、送信タイミングtc3\_51~tc3\_5nをデータ管理モジュール14Aへ出力する。

20

【0218】

図23は、実施の形態2における制御コマンドの他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【0219】

図23を参照して、制御端末1Aの制御管理モジュール15Aは、データ管理モジュール14Aからk1またはk2を受け、帯域管理モジュール16から制御方式MTH2を受ける。そして、制御管理モジュール15Aは、k1またはk2が1である場合、実施の形態1において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミングtc1\_11, tc2\_11, tc3\_11を決定し、その決定した送信タイミングtc1\_11, tc2\_11, tc3\_11をデータ管理モジュール14Aへ順次出力する。なお、送信タイミングtc1\_11, tc2\_11, tc3\_11は、それぞれ、図5に示す送信タイミングtc1\_1, tc2\_1, tc3\_1と同じである。

30

【0220】

一方、制御管理モジュール15Aは、k1またはk2が2以上である場合、実施の形態1において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミングtc1\_11, tc2\_11, tc3\_11を決定する。そして、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc1\_11に連続して送信タイミングtc1\_12~tc1\_1nを決定する。また、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc2\_11に連続して送信タイミングtc2\_12~tc2\_1nを決定する。以下、同様にして、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc3\_11に連続して送信タイミングtc3\_12~tc3\_1nを決定する。

40

【0221】

そうすると、制御管理モジュール15Aは、送信タイミングtc1\_11~tc1\_1nをデータ管理モジュール14Aへ出力し、その後、送信タイミングtc2\_11~tc2\_1nをデータ管理モジュール14Aへ出力し、その後、送信タイミングtc3\_11~tc3\_1nをデータ管理モジュール14Aへ出力する。

【0222】

50

図 2 4 は、実施の形態 2 における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【 0 2 2 3 】

図 2 4 を参照して、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、データ管理モジュール 1 4 A から  $k_1$  または  $k_2$  を受け、帯域管理モジュール 1 6 から制御方式 M T H 3 を受ける。そして、制御管理モジュール 1 5 A は、 $k_1$  または  $k_2$  が 1 である場合、実施の形態 1 において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c4\_11}$  を決定し、その決定した送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c4\_11}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ順次出力する。なお、送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c4\_11}$  は、それぞれ、図 6 に示す送信タイミング  $t_{c1\_1}$  ,  $t_{c4\_1}$  と同じである。

10

【 0 2 2 4 】

一方、制御管理モジュール 1 5 A は、 $k_1$  または  $k_2$  が 2 以上である場合、実施の形態 1 において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c4\_11}$  を決定する。そして、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c1\_11}$  に連続して送信タイミング  $t_{c1\_12} \sim t_{c1\_1n}$  を決定する。また、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c4\_11}$  に連続して送信タイミング  $t_{c4\_12} \sim t_{c4\_1n}$  を決定する。

【 0 2 2 5 】

そうすると、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c1\_11} \sim t_{c1\_1n}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ出力し、その後、送信タイミング  $t_{c4\_11} \sim t_{c4\_1n}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ出力する。

20

【 0 2 2 6 】

図 2 5 は、実施の形態 2 における制御コマンドのさらに他の送信タイミングを示すタイミングチャートである。

【 0 2 2 7 】

図 2 5 を参照して、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、データ管理モジュール 1 4 A から  $k_1$  または  $k_2$  を受け、帯域管理モジュール 1 6 から制御方式 M T H 4 を受ける。そして、制御管理モジュール 1 5 A は、 $k_1$  または  $k_2$  が 1 である場合、実施の形態 1 において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c2\_11}$  ,  $t_{c3\_11}$  を決定し、その決定した送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c2\_11}$  ,  $t_{c3\_11}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ順次出力する。なお、送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c2\_11}$  ,  $t_{c3\_11}$  は、それぞれ、図 7 に示す送信タイミング  $t_{c1\_1}$  ,  $t_{c2\_1}$  ,  $t_{c3\_1}$  と同じである。

30

【 0 2 2 8 】

一方、制御管理モジュール 1 5 A は、 $k_1$  または  $k_2$  が 2 以上である場合、実施の形態 1 において説明した方法によって制御コマンドの送信タイミング  $t_{c1\_11}$  ,  $t_{c2\_11}$  ,  $t_{c3\_11}$  を決定する。そして、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c1\_11}$  に連続して送信タイミング  $t_{c1\_12} \sim t_{c1\_1n}$  を決定する。また、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c2\_11}$  に連続して送信タイミング  $t_{c2\_12} \sim t_{c2\_1n}$  を決定する。さらに、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c3\_11}$  に連続して送信タイミング  $t_{c3\_12} \sim t_{c3\_1n}$  を決定する。

40

【 0 2 2 9 】

そうすると、制御管理モジュール 1 5 A は、送信タイミング  $t_{c1\_11} \sim t_{c1\_1n}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ出力し、その後、送信タイミング  $t_{c2\_11} \sim t_{c2\_1n}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ出力し、その後、送信タイミング  $t_{c3\_11} \sim t_{c3\_1n}$  をデータ管理モジュール 1 4 A へ出力する。

【 0 2 3 0 】

制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、 $k_1$  または  $k_2$  が 1 である場合、帯域管理モジュール 1 6 から制御方式 M T H 1 を受け、制御管理モジュール 1 5 A から送信タイミング  $t_{c1\_21}$  を受けると、複数の制御コマンドを含む 1 個の packets を送信タイ

50

ミングtc1\_\_21でセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_51を受けると、1個の packets を送信タイミングtc1\_\_51でセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_51を受けると、1個の packets を送信タイミングtc2\_\_51でセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_51を受けると、1個の packets を送信タイミングtc3\_\_51でセンサー2~5へ送信する(図22参照)。

【0231】

また、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が2以上である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH1を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_21~tc1\_\_2nを受けると、上述した方法によって生成した複数の制御コマンドを含む複数の packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc1\_\_21~tc1\_\_2nでセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_51~tc1\_\_5nを受けると、 packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc1\_\_51~tc1\_\_5nでセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_51~tc2\_\_5nを受けると、 packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc2\_\_51~tc2\_\_5nでセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_51~tc3\_\_5nを受けると、 packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc3\_\_51~tc3\_\_5nでセンサー2~5へ送信する(図22参照)。

【0232】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が1である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH2を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11を受けると、複数の制御コマンドを含む1個の packets を送信タイミングtc1\_\_11でセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_11を受けると、1個の packets を送信タイミングtc2\_\_11でセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_11を受けると、1個の packets を送信タイミングtc3\_\_11でセンサー2~5へ送信する(図23参照)。

【0233】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が2以上である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH2を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nを受けると、上述した方法によって生成した複数の制御コマンドを含む複数の packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nでセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_11~tc2\_\_1nを受けると、 packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc2\_\_11~tc2\_\_1nでセンサー2~5へ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_11~tc3\_\_1nを受けると、 packets PKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc3\_\_11~tc3\_\_1nでセンサー2~5へ送信する(図23参照)。

【0234】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が1である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH3を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11を受けると、複数の制御コマンドを含む1個の packets を送信タイミングtc1\_\_11でセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc4\_\_11を受けると、1個の packets を送信タイミングtc4\_\_11でセンサー2~5へ送信する(図24参照)。

【0235】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が2以上である

10

20

30

40

50

場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH3を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nを受けると、上述した方法によって生成した複数の制御コマンドを含む複数のパケットPKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nでセンサー2~5へ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc4\_\_11~tc4\_\_1nを受けると、パケットPKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc4\_\_11~tc4\_\_1nでセンサー2~5へ送信する(図24参照)。

【0236】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が1である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH4を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11を受けると、1個の制御コマンドを含む1個のパケットを送信タイミングtc1\_\_11でセンサーjへ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_11を受けると、1個のパケットを送信タイミングtc2\_\_11でセンサーjへ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_11を受けると、1個のパケットを送信タイミングtc3\_\_11でセンサーjへ送信する(図25参照)。

【0237】

更に、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、k1またはk2が2以上である場合、帯域管理モジュール16から制御方式MTH4を受け、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nを受けると、上述した方法によって生成した1個の制御コマンドを含む複数のパケットPKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc1\_\_11~tc1\_\_1nでセンサーjへ送信する。その後、データ管理モジュール14Aは、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc2\_\_11~tc2\_\_1nを受けると、パケットPKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc2\_\_11~tc2\_\_1nでセンサーjへ送信し、制御管理モジュール15Aから送信タイミングtc3\_\_11~tc3\_\_1nを受けると、パケットPKT1~PKTnをそれぞれ送信タイミングtc3\_\_11~tc3\_\_1nでセンサーjへ送信する。

【0238】

図26は、制御方式MTH1を用いた場合の動作を説明するための実施の形態2におけるフローチャートである。

【0239】

図26に示すフローチャートは、図11に示すフローチャートのステップS11とステップS12との間にステップS41, S42を挿入し、ステップS44~ステップS46を追加したものであり、その他は、図11に示すフローチャートと同じである。

【0240】

図26を参照して、ステップS11の後、制御端末1Aのデータ管理モジュール14Aは、集約制御コマンドの全体のデータサイズDs\_\_allを演算し(ステップS41)、その演算したデータサイズDs\_\_allが基準値Ds\_\_stdよりも大きいかなかを判定する(ステップS42)。

【0241】

ステップS42において、データサイズDs\_\_allが基準値Ds\_\_std以下であると判定されたとき、一連の動作は、ステップS12へ移行し、上述したステップS12~ステップS19が順次実行される。

【0242】

一方、ステップS42において、データサイズDs\_\_allが基準値Ds\_\_stdよりも大きいと判定されたとき、制御端末1Aの制御管理モジュール15Aは、センサー2~5における制御タイミングのうち、最も早い制御タイミングTcf1と最も遅い制御タイミングTcd1とを検出する(ステップS44)。

【0243】

そして、制御端末1Aの制御管理モジュール15Aは、制御タイミングTcf1とそれ

10

20

30

40

50

に連続するタイミング  $T_{c f 2} \sim T_{c f n}$  とからなる制御タイミング  $T_{c f 1} \sim T_{c f n}$  と、制御タイミング  $T_{c d 1}$  とそれに連続するタイミング  $T_{c d 2} \sim T_{c d n}$  とからなる制御タイミング  $T_{c d 1} \sim T_{c d n}$  とを集約制御コマンドの送信タイミングとして決定する (ステップ S 4 5)。

【 0 2 4 4 】

そうすると、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを上記の方法によって生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール 1 5 A から受けた制御タイミング  $T_{c f 1} \sim T_{c f n}$  または制御タイミング  $T_{c d 1} \sim T_{c d n}$  でセンサー 2 ~ 5 へブロードキャストする (ステップ S 4 6)。

【 0 2 4 5 】

その後、一連の動作は、ステップ S 1 4 へ移行し、上記したステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 9 が順次実行される。

【 0 2 4 6 】

図 2 7 は、制御方式 M T H 2 を用いた場合の動作を説明するための実施の形態 2 におけるフローチャートである。

【 0 2 4 7 】

図 2 7 に示すフローチャートは、図 1 3 に示すフローチャートにステップ S 4 1 , S 4 2 , S 4 5 A , S 4 6 A を追加したものであり、その他は、図 1 3 に示すフローチャートと同じである。

【 0 2 4 8 】

図 2 7 を参照して、上記したステップ S 1 2 A の後、図 2 6 において説明したステップ S 4 1 , S 4 2 が順次実行される。

【 0 2 4 9 】

そして、ステップ S 4 2 において、データサイズ  $D s \_ \_ a l l$  が基準値  $D s \_ \_ s t d$  以下であると判定されたとき、上記したステップ S 1 3 ~ ステップ S 1 9 が順次実行される。

【 0 2 5 0 】

一方、ステップ S 4 2 において、データサイズ  $D s \_ \_ a l l$  が基準値  $D s \_ \_ s t d$  よりも大きいと判定されたとき、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、開始タイミング  $t s 1$  に連続するタイミング  $t s 2 \sim t s n$  を開始タイミング  $t s 1$  に追加したタイミング  $t s 1 \sim t s n$  と、終了タイミング  $t f 1$  に連続するタイミング  $t f 2 \sim t f n$  を終了タイミング  $t f 1$  に追加したタイミング  $t f 1 \sim t f n$  とを送信タイミングと決定する (ステップ S 4 5 A)。

【 0 2 5 1 】

そして、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール 1 5 A から受けた送信タイミング  $t s 1 \sim t s n$  または送信タイミング  $t f 1 \sim t f n$  でセンサー 2 ~ 5 へブロードキャストする (ステップ S 4 6 A)。

【 0 2 5 2 】

その後、一連の動作は、ステップ S 1 4 へ移行し、上記したステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 9 が順次実行される。

【 0 2 5 3 】

図 2 8 は、制御方式 M T H 3 を用いた場合の動作を説明するための実施の形態 2 におけるフローチャートである。

【 0 2 5 4 】

図 2 8 に示すフローチャートは、図 1 4 に示すフローチャートにステップ S 4 1 , S 4 2 , S 4 5 B , S 4 6 B を追加したものであり、その他は、図 1 4 に示すフローチャートと同じである。

【 0 2 5 5 】

図 2 8 を参照して、上記したステップ S 1 2 B の後、図 2 6 において説明したステップ

10

20

30

40

50

S 4 1 , S 4 2 が順次実行される。

【 0 2 5 6 】

そして、ステップ S 4 2 において、データサイズ  $D_s\_all$  が基準値  $D_s\_std$  以下であると判定されたとき、上述したステップ S 1 3 ~ ステップ S 1 9 が順次実行される。

【 0 2 5 7 】

一方、ステップ S 4 2 において、データサイズ  $D_s\_all$  が基準値  $D_s\_std$  よりも大きいと判定されたとき、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、開始タイミング  $t_{s11}$  に連続するタイミング  $t_{s12} \sim t_{s1n}$  と開始タイミング  $t_{s11}$  とからなるタイミング  $t_{s11} \sim t_{s1n}$  と、開始タイミング  $t_{s21}$  に連続するタイミング  $t_{s22} \sim t_{s2n}$  と開始タイミング  $t_{s21}$  とからなるタイミング  $t_{s21} \sim t_{s2n}$  とを送信タイミングと決定する (ステップ S 4 5 B)。

10

【 0 2 5 8 】

そして、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール 1 5 A から受けた送信タイミング  $t_{s11} \sim t_{s1n}$  または送信タイミング  $t_{s21} \sim t_{s2n}$  でセンサー 2 ~ 5 へブロードキャストする (ステップ S 4 6 B)。

【 0 2 5 9 】

その後、一連の動作は、ステップ S 1 4 へ移行し、上述したステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 9 が順次実行される。

20

【 0 2 6 0 】

図 2 9 は、制御方式 M T H 4 を用いた場合の動作を説明するための実施の形態 2 におけるフローチャートである。

【 0 2 6 1 】

図 2 9 に示すフローチャートは、図 1 5 に示すフローチャートにステップ S 4 1 A , S 4 2 A , S 4 5 C , S 4 6 C を追加したものであり、その他は、図 1 5 に示すフローチャートと同じである。

【 0 2 6 2 】

図 2 9 を参照して、上述したステップ S 2 4 の後、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、制御コマンドのデータサイズ  $D_s$  を検出する (ステップ S 4 1 A )。そして、データ管理モジュール 1 4 A は、データサイズ  $D_s$  が基準値  $D_s\_std$  よりも大きい  
か否かを判定する (ステップ S 4 2 A )。

30

【 0 2 6 3 】

ステップ S 4 2 A において、データサイズ  $D_s$  が基準値  $D_s\_std$  以下であると判定されたとき、上述したステップ S 2 5 ~ ステップ S 3 0 が順次実行される。

【 0 2 6 4 】

一方、ステップ S 4 2 A において、データサイズ  $D_s$  が基準値  $D_s\_std$  よりも大きいと判定されたとき、制御端末 1 A の制御管理モジュール 1 5 A は、制御タイミング  $t_{cn\_j}$  に連続するタイミング  $t_{cn\_2} \sim t_{cn\_n}$  を制御タイミング  $t_{cn\_j}$  に追加したタイミング  $t_{cn\_j} , t_{cn\_2} \sim t_{cn\_n}$  を送信タイミングと決定する (ステップ S 4 5 C)。

40

【 0 2 6 5 】

そして、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 1 4 A は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成し、その生成した複数のパケットを制御管理モジュール 1 5 A から受けた送信タイミング  $t_{cn\_j} , t_{cn\_2} \sim t_{cn\_n}$  でセンサー j へ送信する (ステップ S 4 6 C)。

【 0 2 6 6 】

その後、一連の動作は、ステップ S 2 6 へ移行し、上述したステップ S 2 6 ~ ステップ S 3 0 が順次実行される。

【 0 2 6 7 】

50



上述したように、実施の形態 2 においては、制御コマンドのデータサイズに応じて制御コマンドを 1 個のパケットまたは複数のパケットに含めてセンサー 2 ~ 5 へ送信する。

【0268】

したがって、制御コマンドのデータサイズが大きくなっても、制御コマンドを信頼性を高くしてセンサー 2 ~ 5 へ送信できる。

【0269】

上記においては、センサー 2 ~ 5 の全てに制御コマンドを送信すると説明したが、実施の形態 2 においては、これに限らず、センサー 2 ~ 5 の一部のセンサーへ制御コマンドを送信する場合もある。

【0270】

図 30 は、複数の制御コマンドを含む複数のパケットを生成するさらに他の方法を説明するための図である。

【0271】

たとえば、センサー 2 ~ 5 のうち、センサー 3, 4 へ制御コマンドを送信する場合を想定する。図 30 を参照して、センサー 2, 5 へ送信する制御コマンドが存在しない場合、制御端末 1 A のデータ管理モジュール 14 A は、データ DATA 1 = [ Add 2 / コマンドメッセージ 1 | Add 3 / コマンドメッセージ 2 | Add 4 / コマンドメッセージ 3 | Add 5 / コマンドメッセージ 4 ] を格納するフィールドから Add 2 / コマンドメッセージ 1 および Add 5 / コマンドメッセージ 4 を格納するフィールドを削除してデータ DATA 2 = [ Add 3 / コマンドメッセージ 2 | Add 4 / コマンドメッセージ 3 ] を格納するためのフィールドを生成する。そして、データ管理モジュール 14 A は、その生成したフィールドにデータ DATA 2 = [ Add 3 / コマンドメッセージ 2 | Add 4 / コマンドメッセージ 3 ] を格納する。これによって、データサイズは、データサイズ Ds<sub>all1</sub> からデータサイズ Ds<sub>all2</sub> に小さくなる。

【0272】

そして、データ管理モジュール 14 A は、データ DATA 2 のデータサイズ Ds<sub>all2</sub> を基準値 Ds<sub>std</sub> と比較し、上述した方法によって、コマンドメッセージ 2, 3 を 1 個のパケットまたは複数のパケットに含めてセンサー 3, 4 へ送信する。

【0273】

データ管理モジュール 14 A は、センサー 2 ~ 5 のうち、センサー 3, 4 以外の一部のセンサーへ制御コマンドを送信する場合も、同様にして制御コマンドを一部のセンサーへ送信する。

【0274】

上記においては、基準値 Ds<sub>std</sub> は、100 バイトであると説明したが、実施の形態 2 においては、これに限らず、基準値 Ds<sub>std</sub> は、100 バイト以外の値であってもよい。

【0275】

今回開示された実施の形態はすべ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る。本発明の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0276】

この発明は、通信帯域の狭帯域化が可能であり、かつ、制御コマンドをデータよりも高信頼に送信するセンサーネットワークシステムに適用される。

【符号の説明】

【0277】

1, 1 A 制御端末、2 ~ 5 センサー、10, 10 A センサーネットワークシステム、11, 21 アンテナ、12, 22 無線インターフェース、13, 23 パケット処理モジュール、14, 14 A データ管理モジュール、15 制御管理モジュール、1

10

20

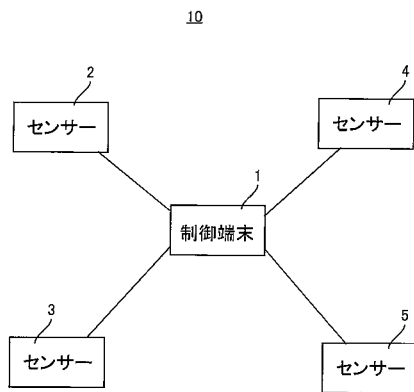
30

40

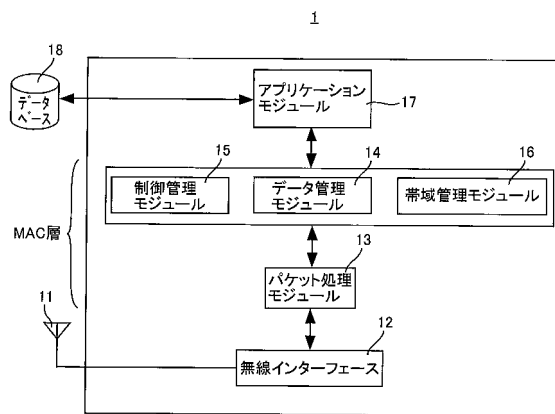
50

6 帯域管理モジュール、17 アプリケーションモジュール、18 データベース、20 電気機器、24 データ制御モジュール、25 タイミング制御モジュール、27 インターフェース、28 検出素子。

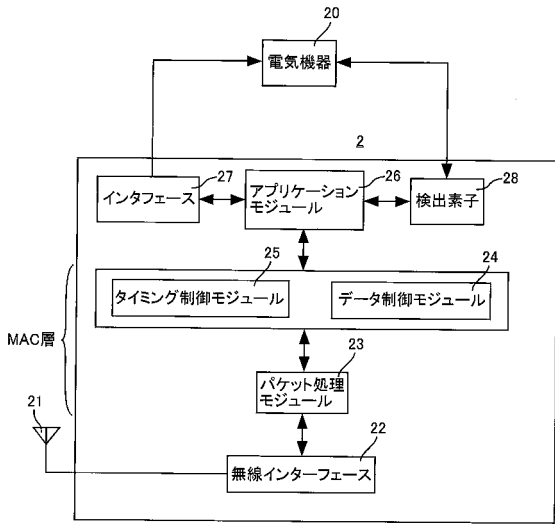
【図1】



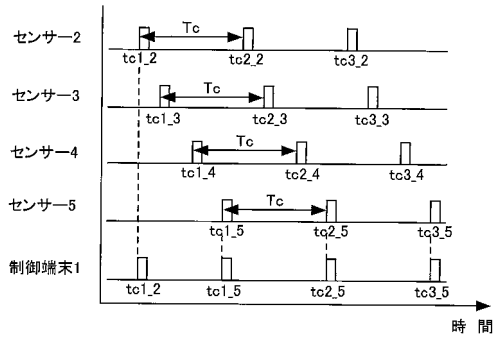
【図2】



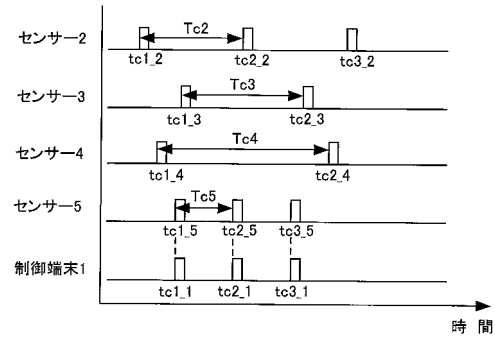
【図3】



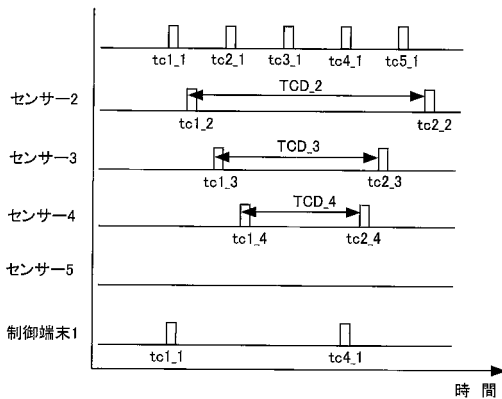
【図4】



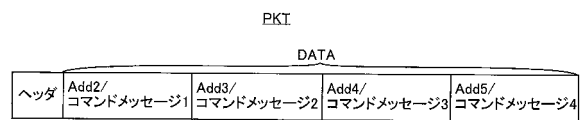
【図5】



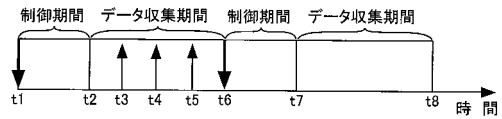
【図6】



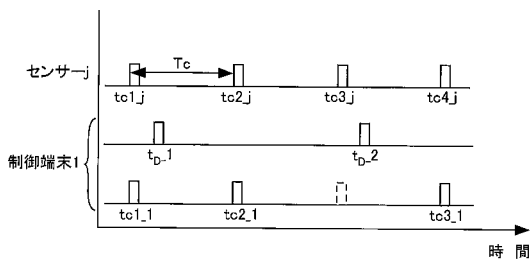
【図8】



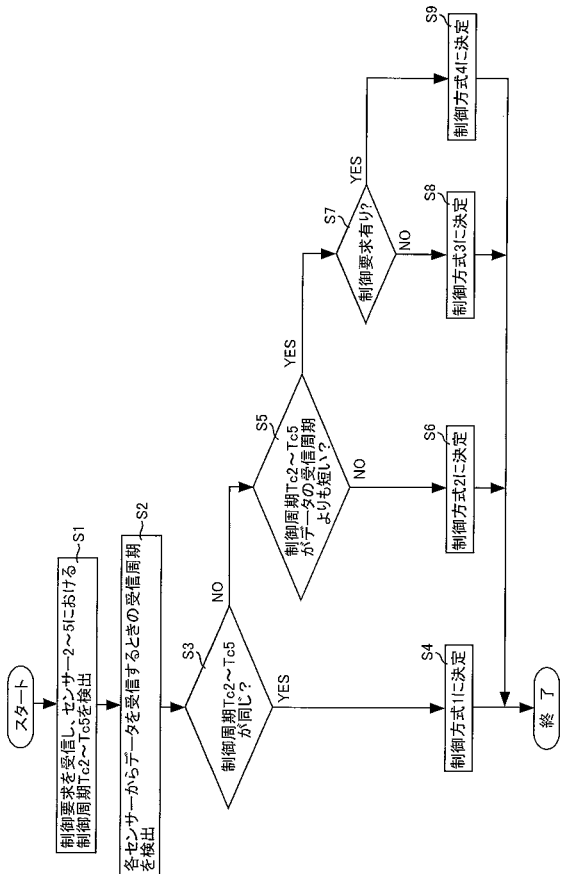
【図9】



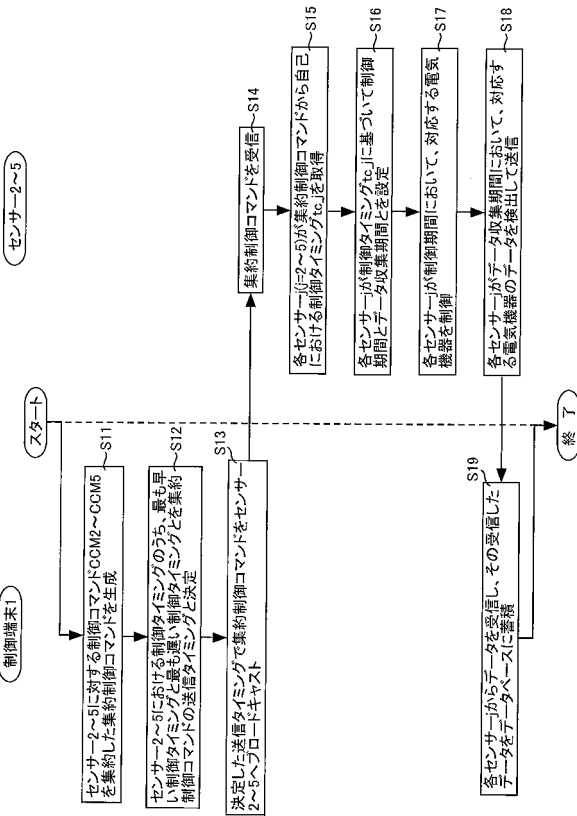
【図7】



【図 10】



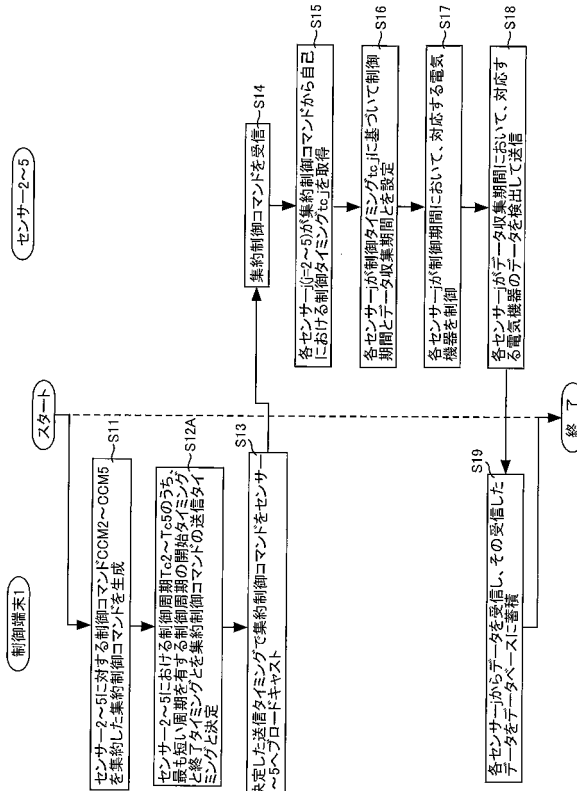
【図 11】



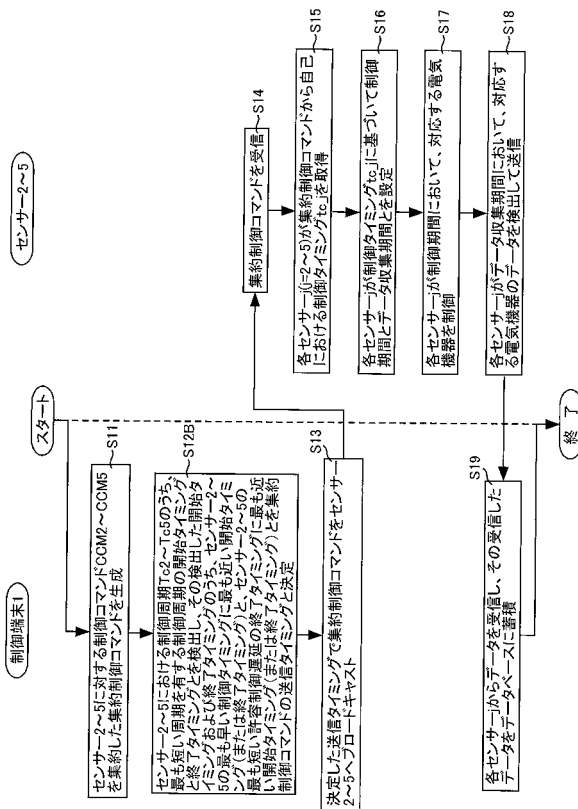
【図 12】

CCM, AG	
ヘッダ	Addr2/ tc1.2, 電流の連続制御, SR3, TR3, TT3
Addr3/ tc1.3, ガスのOFF制御, SR3, TR3, TT3	Addr4/ tc1.4, 温度の連続制御, SR4, TR4, TT4
Addr5/ tc1.5, 水流のOFF制御, SR5, TR5, TT5	

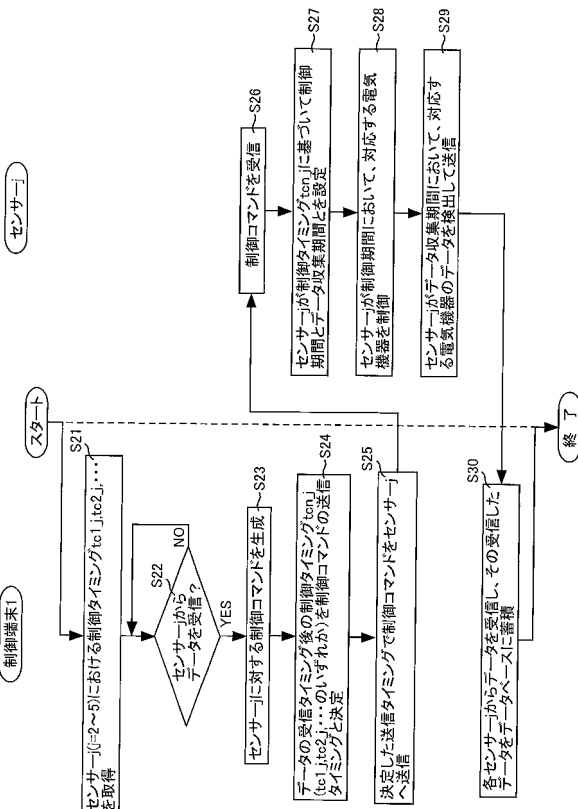
【図 13】



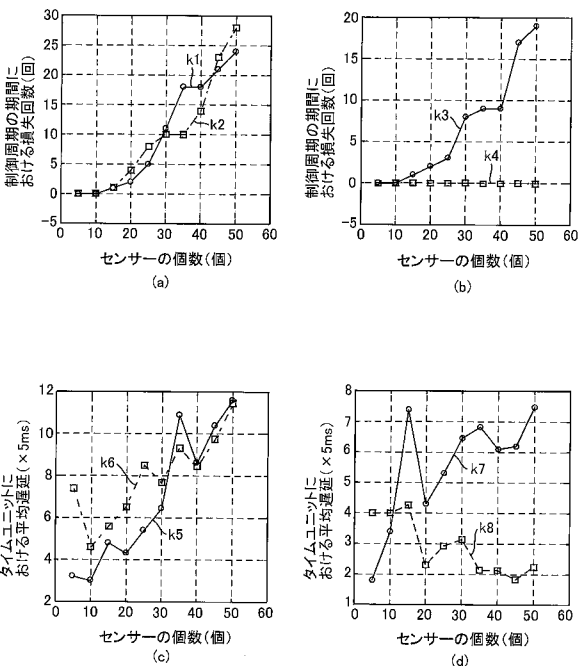
【図14】



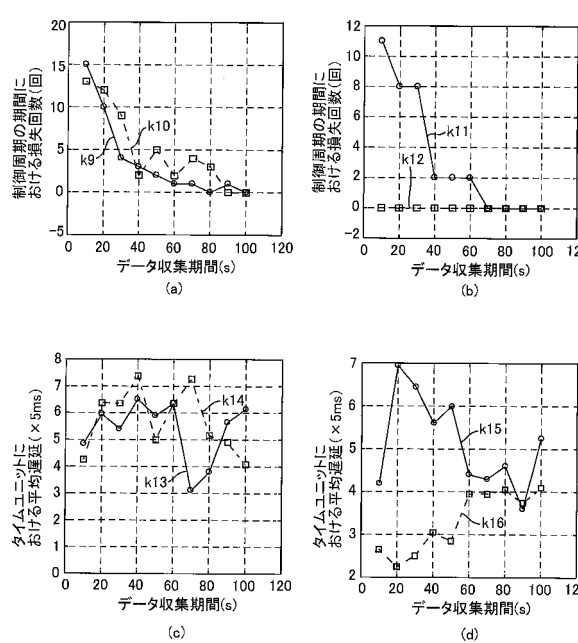
【図15】



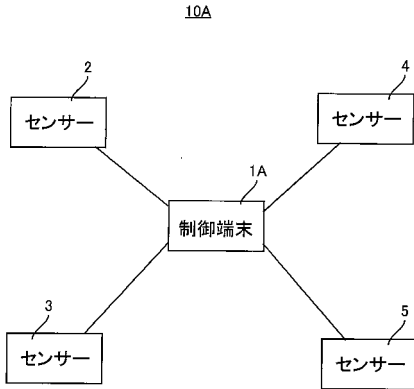
【図16】



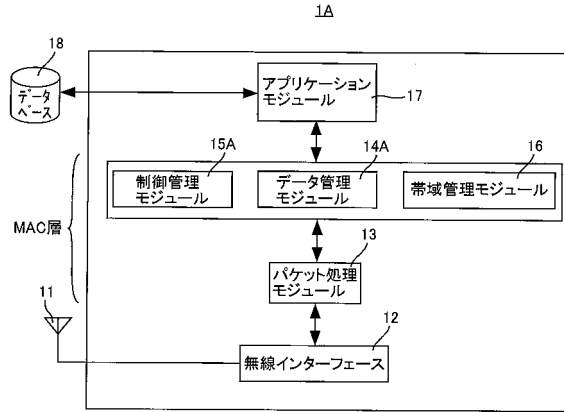
【図17】



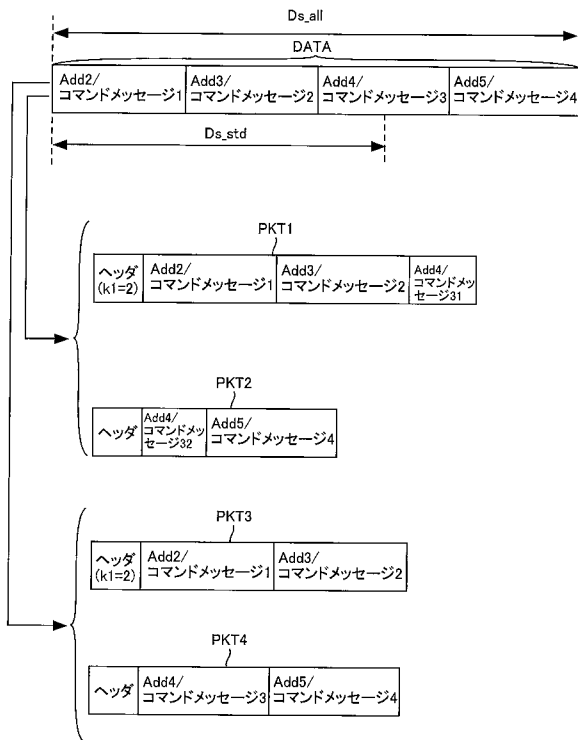
【図18】



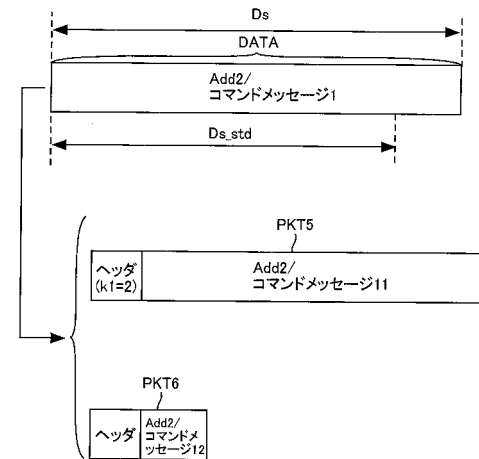
【図19】



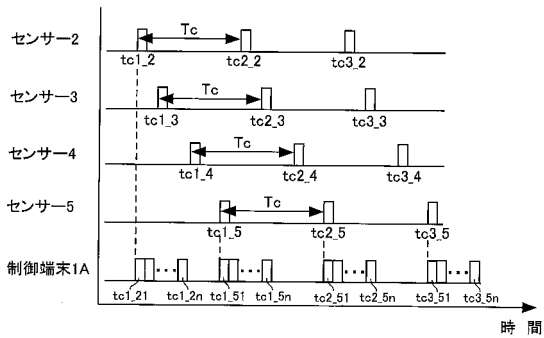
【図20】



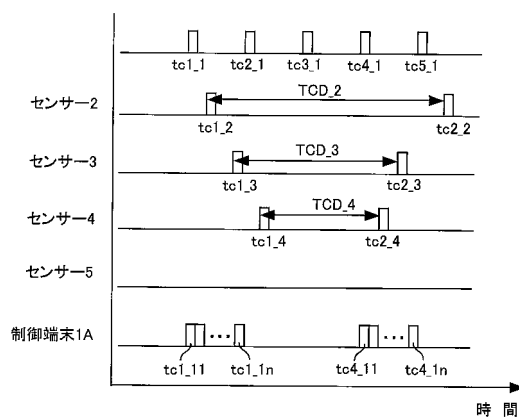
【図21】



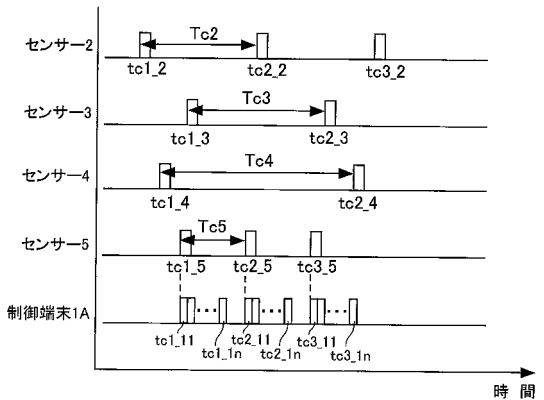
【図22】



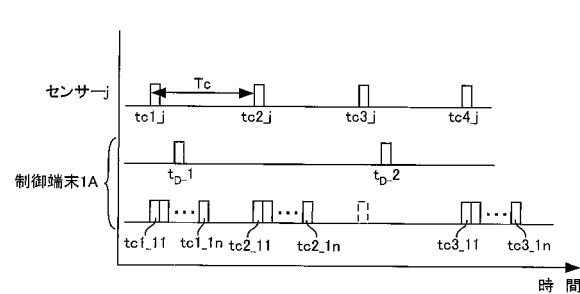
【図24】



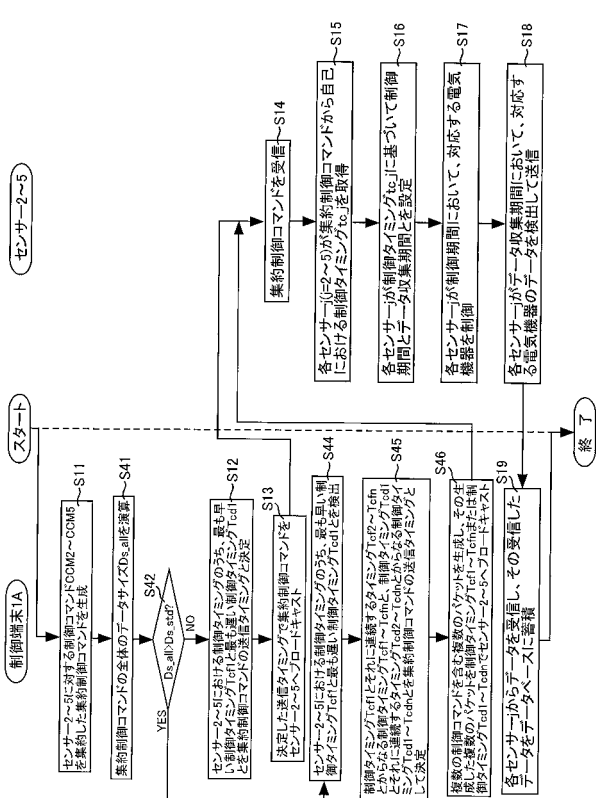
【図23】



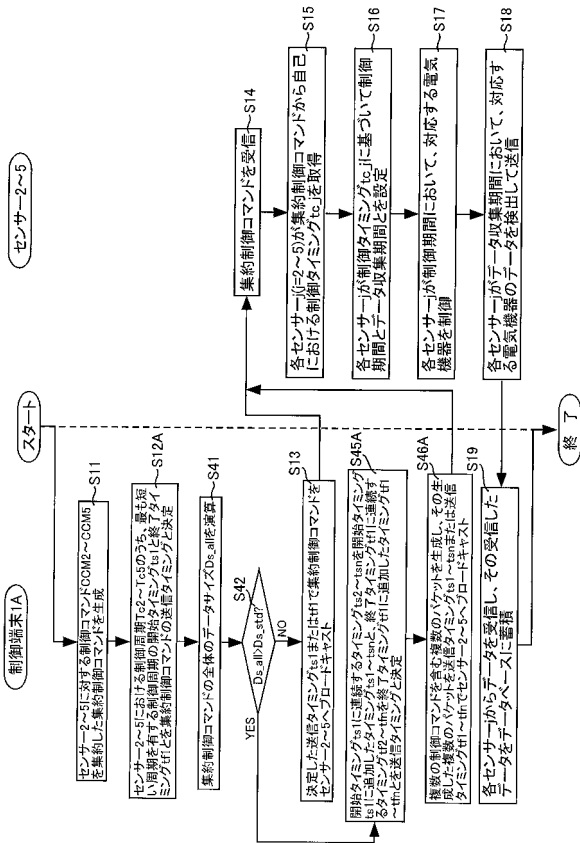
【図25】



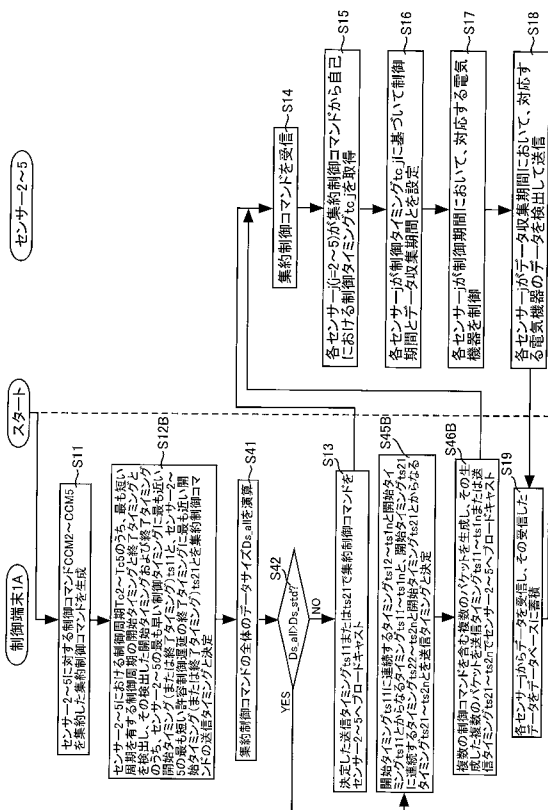
【図26】



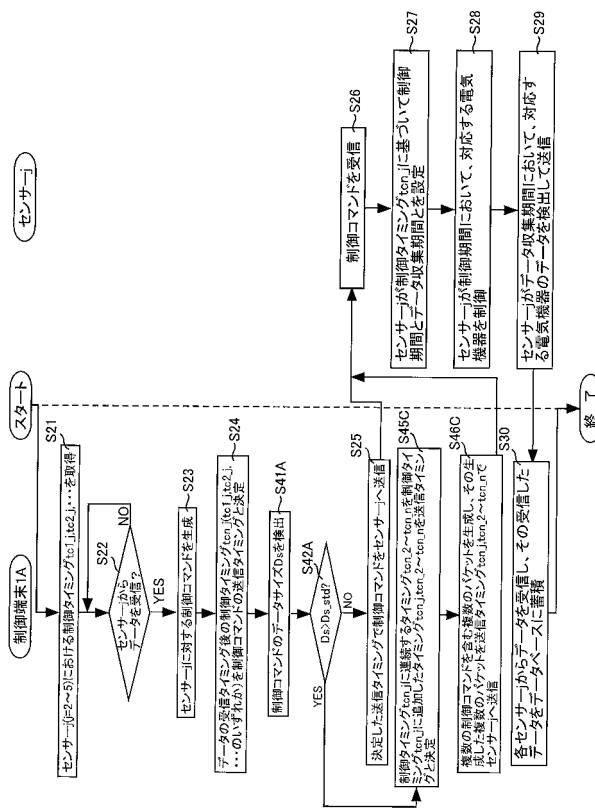
【図27】



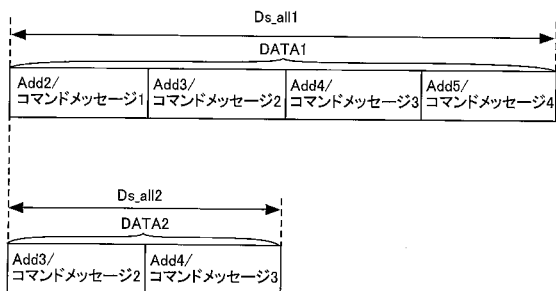
【図28】



【図29】



【図30】





---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 8 C 15/06 H

(72)発明者 松山 隆司  
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

(72)発明者 若菜 弘充  
東京都小金井市貫井北町4 - 2 - 1 独立行政法人情報通信研究機構内

審査官 桑原 聡一

(56)参考文献 特開2007 - 235597 (JP, A)  
特開2005 - 236340 (JP, A)  
特開2001 - 326600 (JP, A)  
特開2007 - 089124 (JP, A)  
特開2005 - 184839 (JP, A)  
特開2008 - 301333 (JP, A)  
特開2005 - 140367 (JP, A)  
特開2004 - 266435 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 4 B 7 / 2 4 - 7 / 2 6  
H 0 4 W 4 / 0 0 - 9 9 / 0 0  
G 0 8 C 1 5 / 0 6  
G 0 8 C 1 7 / 0 0  
H 0 4 Q 9 / 0 0