

(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2015-162792
(P2015-162792A)

(43) 公開日 平成27年9月7日(2015.9.7)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO4W 74/04 (2009.01) HO4W 74/04 5K067
 HO4W 4/04 (2009.01) HO4W 4/04 190

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-36636 (P2014-36636)
 (22) 出願日 平成26年2月27日 (2014.2.27)

(71) 出願人 000002945
 オムロン株式会社
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
 動堂町801番地
 (74) 代理人 100085006
 弁理士 世良 和信
 (74) 代理人 100106622
 弁理士 和久田 純一
 (74) 代理人 100125357
 弁理士 中村 剛
 (72) 発明者 グエン マイintai
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不
 動堂町801番地 オムロン株式会社内

最終頁に続く

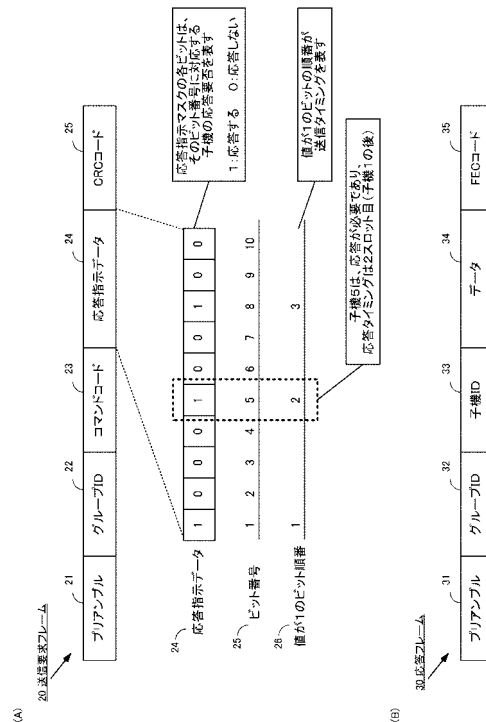
(54) 【発明の名称】 無線通信システム、無線通信装置、無線通信方法、およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】 少ない遅延で通信可能な無線通信技術を提供する。

【解決手段】 無線通信システムにおける親ノードは、応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成手段と、前記送信要求を送信する送信手段と、を有する。前記応答指示データには、各々の子ノードが応答すべきか否かを表すデータが各々の子ノードの個体識別情報に応じた順序で列挙されることが好ましい。また、本発明の無線通信システムにおける子ノードは、前記送信要求を受信する受信手段と、前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否かを判定する応答要否判定手段と、前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信手段と、を有する。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

親ノードと複数の子ノードが無線通信を行う無線通信システムであって、
前記親ノードは、
応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成手段と、
前記送信要求を送信する送信手段と、
を有し、
前記子ノードは、
前記送信要求を受信する受信手段と、
前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する応答要否判定手段と、
前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信手段と、
を有する、
ことを特徴とする無線通信システム。

10

【請求項 2】

前記応答すべきタイミングは、応答すべき子ノードの数を N (N は正の整数) とした場合に、前記送信要求の $1 \sim N$ スロット後のいずれかであり、全ての応答すべき子ノードの応答タイミングに重複がない、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の無線通信システム。

20

【請求項 3】

前記応答指示データには、各々の子ノードが応答すべきか否かを表すデータが各々の子ノードの個体識別情報に応じた順序で列挙されている、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の無線通信システム。

【請求項 4】

子ノードが応答すべきタイミングは、前記応答指示データにおいて、当該子ノードが応答すべきことを表す前記データが、応答すべきことを表す前記データのうちの何番目であるかに基づいて決定される、
ことを特徴とする請求項 3 に記載の無線通信システム。

30

【請求項 5】

前記親ノードは、送信要求の送信後 N スロット経過後までに、応答を受信できない子ノードが存在した場合は、当該子ノードを応答すべき子ノードとして指定した応答指示データを含む送信要求を再送信する、
ことを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の無線通信システム。

【請求項 6】

前記親ノードは、
送信要求の送信後に子ノードから応答を受信したら、当該子ノードが応答不要であること示すように前記応答指示データを更新し、
送信要求を再送信する際は、更新後の応答指示データを送信要求に含めて送信する、
ことを特徴とする請求項 5 に記載の無線通信システム。

40

【請求項 7】

前記親ノードは、送信要求の再送を所定回数繰り返しても応答を受信できない子ノードが存在した場合は、前記応答指示データを用いて、どの子ノードから応答を受信できなかったかを出力する、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の無線通信システム。

【請求項 8】

親ノードからの送信要求に基づいて応答を無線通信により送信する子ノードとして機能する無線通信装置であって、
応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答

50

指示データを含む送信要求を受信する受信手段と、

前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する応答要否判定手段と、

前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信手段と、

を有する、ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 9】

前記応答指示データには、各々の子ノードが応答すべきか否かを表すデータが各々の子ノードの個体識別情報に応じた順序で列挙されており、

前記応答要否判定手段は、前記応答指示データに含まれる、自ノードの個体識別情報に対応する前記データに基づいて、前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載の無線通信装置。

【請求項 10】

前記応答送信手段は、前記応答指示データにおいて、自ノードが応答すべきことを表す前記データが、応答すべきことを表す前記データのうちの何番目であるかに基づいて、応答タイミングを決定する、

ことを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の無線通信装置。

【請求項 11】

複数の子ノードに対して送信要求を送信し応答を無線通信により受信する親ノードとして機能する無線通信装置であって、

応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成手段と、

前記送信要求を送信する送信手段と、

を有する、ことを特徴とする無線通信装置。

【請求項 12】

前記応答すべきタイミングは、応答すべき子ノードの数を N (N は正の整数) とした場合に、前記送信要求の $1 \sim N$ スロット後のいずれかであり、全ての応答すべき子ノードの応答タイミングに重複がない、

ことを特徴とする請求項 11 に記載の無線通信装置。

【請求項 13】

前記応答指示データには、各々の子ノードが応答すべきか否かを表すデータが各々の子ノードの個体識別情報に応じた順序で列挙されており、

前記生成手段は、前記送信要求に対して応答すべき子ノードに対応する前記データを、応答すべきことを表す値に設定した応答指示データを含む送信要求を生成する、

ことを特徴とする請求項 12 に記載の無線通信装置。

【請求項 14】

送信要求の送信後 N スロット経過後までに、応答を受信できない子ノードが存在した場合は、当該子ノードを応答すべき子ノードとして指定した応答指示データを含む送信要求を再送信する、

ことを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の無線通信装置。

【請求項 15】

送信要求の送信後に子ノードから応答を受信したら、当該子ノードが応答不要であること示すように前記応答指示データを更新し、

送信要求を再送信する際は、更新後の応答指示データを送信要求に含めて送信する、

ことを特徴とする請求項 14 に記載の無線通信装置。

【請求項 16】

送信要求の再送を所定回数繰り返しても応答を受信できない子ノードが存在した場合は、前記応答指示データを用いて、どの子ノードから応答を受信できなかったかを出力する、

、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 15 に記載の無線通信装置。

【請求項 17】

親ノードと複数の子ノードが無線通信を行う無線通信システムにおける無線通信方法であって、

前記親ノードが、応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成ステップと、

前記親ノードが、前記送信要求を送信する送信ステップと、

前記子ノードが、前記送信要求を受信する受信ステップと、

前記子ノードが、前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する応答要否判定ステップと、

前記子ノードが、前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信ステップと、

を含む、ことを特徴とする無線通信方法。

10

【請求項 18】

親ノードからの送信要求に基づいて応答を無線通信により送信する子ノードとして機能する無線通信装置が行う無線通信方法であって、

応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を受信する受信ステップと、

前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する応答要否判定ステップと、

前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信ステップと、

を含む、ことを特徴とする無線通信方法。

20

【請求項 19】

複数の子ノードに対して送信要求を送信し応答を無線通信により受信する親ノードとして機能する無線通信装置が行う無線通信方法であって、

応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成ステップと、

前記送信要求を送信する送信ステップと、

を含む、ことを特徴とする無線通信方法。

30

【請求項 20】

請求項 17 に記載の無線通信方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 21】

請求項 18 に記載の無線通信方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 22】

請求項 19 に記載の無線通信方法の各ステップをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信に関連し、特に無線通信における送信タイミングの制御に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信技術の普及やセンサネット技術の標準化に伴い、FA (Factory Automation) 分野における無線技術の応用が進められている。制御のための通信には高い信頼性と高速な応答速度が求められ、通信を無線化する際にも十分な信頼性と応答速度を確保することが求められる。

【0003】

50

無線通信では、通信の衝突やノイズの影響により正しく通信が行えない場合がある。そこで、信頼性を確保するために再送が行われる。ある送信ノードから送信されたデータが宛先ノードで正しく受信できなかったことが判明した場合に、送信ノードはデータの再送を行う。

【0004】

特許文献1は、TDM A (Time Division Multiple Access) での再送制御方式を提案している。具体的には、送信するデータは小さなデータブロックに分割され、各データブロックに誤り検出符号が付加される。受信ノードは、データブロックごとに誤り検出を行い、誤りのあるデータブロックの位置を示す情報を含んだ再送要求を送信ノードに送る。送信ノードは、再送要求によって特定されるデータブロックを再送する。このように、小さく分割されたデータブロックだけを再送するため、再送効率が向上する。

10

【0005】

特許文献2は、親ノードからのブロードキャストパケットに対して子ノードが応答を行う場合の再送制御方式を提案している。具体的には、親ノードからのブロードキャストパケットを受信した子ノードは、まず自ノードに割り当てられているタイムスロットを利用して応答パケットを送信する。親ノードは、応答に成功した全ての子ノードの識別情報を特定する応答確認情報を含むブロードキャスト再送パケットを送信する。このブロードキャスト再送パケットを受信した子ノードは、自ノードから送信した応答パケットが正しく受信されなかったと判明した場合は、受信が成功している他の子ノードに割り当てられているタイムスロットの中からランダムに選択したタイムスロットを選択して応答パケットを再送する。このようにすることで、再送要求コマンドの送信時間を短縮でき、また、子ノード同士の送信の衝突確率を低減できる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平9-284261号公報

【特許文献2】特開2010-213162号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1の手法は、1対1通信を前提としているため、通信相手が複数ある場合に、1つの通信相手との間で再送が繰り返されると、次の通信相手に対する送信タイミングが遅れてしまうという問題がある。

30

【0008】

特許文献2の手法は、ブロードキャストを用いているので、上記のような問題は生じない。しかしながら、応答パケットの再送タイミングはランダムに決定されるので、送信タイミングが一定とならず、遅延時間がランダムになるという問題がある。例えば、再送を行う必要がある子ノードが1台のみである場合に、その子ノードが即座に再送を行えば遅延時間を短くできるにもかかわらず、タイムスロットの選択によっては再送までの遅延が大きくなってしまう。

40

【0009】

無線通信では低遅延が求められるが、従来手法では十分な効果を達成することが困難であり、より少ない遅延で通信が可能な方式が望まれる。なお、以上の説明では再送を例に説明しているが、再送に限らず、あるノードからの要求に対して少ない遅延で応答を送信することが望まれる。

【0010】

上記のような課題を考慮して、本発明は、少ない遅延で通信可能な無線通信技術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】

【0011】

50

上記課題を解決するために、本発明の第1の態様は、親ノードと複数の子ノードが無線通信を行う無線通信システムであって、親ノードから子ノードに対して送信要求を送信する際に、複数の子ノードのそれぞれについて応答が必要であるか否かと、応答が必要な場合の応答タイミング（送信タイミング）を合わせて通知する、という構成を採用する。

【0012】

より具体的には、本態様の無線通信システムにおける親ノードは、応答すべき子ノード、および応答すべき子ノードごとに応答タイミングを指定した応答指示データを含む送信要求を生成する生成手段と、前記送信要求を送信する送信手段と、を有する。また、本発明の無線通信システムにおける子ノードは、前記送信要求を受信する受信手段と、前記応答指示データにおいて自ノードが前記送信要求に対して応答する必要があるか否か判定する応答要否判定手段と、前記送信要求に対して応答する必要がある場合に、前記応答指示データに基づいた応答タイミングに、応答を送信する応答送信手段と、を有する。

10

【0013】

このような構成によれば、子ノードの応答タイミングが親ノードから指定されるため、子ノードの応答タイミングにばらつきが生じることがなく、応答の最大遅延時間を確定させることができる。

【0014】

また、本態様において、前記応答すべきタイミングは、応答すべき子ノードの数を N （ N は正の整数）とした場合に、前記送信要求の1～ N スロット後のいずれかであり、全ての応答すべき子ノードの応答タイミングに重複がない、ことが好ましい。このような構成によれば、応答が必要な全ての子ノードが、最短の遅延時間で応答を完了させることが可能となる。

20

【0015】

また、本態様において、前記応答指示データは、各々の子ノードが応答すべきか否かを表すデータが各々の子ノードの個体識別情報に応じた順序で列挙されてもよい。各子ノードが応答すべきか否かのデータは、1ビットまたは複数ビットで表現すればよい。ただし、1ビットで表現すれば、応答指示データのサイズを小さくできる。

【0016】

また、本態様において、子ノードが応答すべきタイミングは、前記応答指示データにおいて、当該子ノードが応答すべきことを表す前記データが、応答すべきことを表す前記データのうちの何番目であるかに基づいて決定されることも好ましい。このような構成によれば応答の要否を表すデータが応答タイミングの指定も兼ねるのでデータ量を抑制できる。さらに、応答要否を表すデータを1ビットで表現することが可能であり、応答タイミングを通知するために必要なデータ量を最小限にできる。

30

【0017】

また、本態様において、前記親ノードは、送信要求の送信後 N スロット経過後までに、応答を受信できない子ノードが存在した場合は、当該子ノードを応答すべき子ノードとして指定した応答指示データを含む送信要求を再送信する、ことも好ましい。このような構成によれば、親ノードが子ノードに対して再送信を要求した場合に、子ノードの再送処理が低遅延で行える。

40

【0018】

また、本態様において、前記親ノードは、送信要求の送信後に子ノードから応答を受信したら、当該子ノードが応答不要であることを示すように前記応答指示データを更新し、送信要求を再送信する際は、更新後の応答指示データを送信要求に含めて送信する、ことも好ましい。このような構成によれば、応答指示データを更新することでどの子ノードから応答を受信したか管理できる。そして、子ノードに対して再送を要求する場合は、更新後の（最新の）応答指示データを含む送信要求を送信するだけで良くなる。

【0019】

また、本態様において、前記親ノードは、送信要求の再送を所定回数繰り返しても応答を受信できない子ノードが存在した場合は、前記応答指示データを用いて、どの子ノード

50

から応答を受信できなかったかを出力する、ことも好ましい。送信要求の再送を所定回数繰り返しても子ノードから応答を受信できない場合には、エラーとして処理することが好ましい。本発明によれば、最新の応答指示データに、どの子ノードからの応答が受信できていないかが示されているので、応答指示データを出力することで応答を返さない子ノードを通知することができる。

【0020】

なお、本発明は、上記手段の少なくとも一部を有する無線通信システムあるいは無線通信装置として捉えることができる。また、本発明は上記処理の少なくとも一部を含む無線通信方法、またはその方法をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラム、あるいは当該コンピュータプログラムを記憶したコンピュータ読み取り可能な記録媒体として捉えることもできる。上記構成および処理の各々は技術的な矛盾が生じない限り互いに組み合わせて本発明を構成することができる。

10

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、親ノードからの送信要求に応じて子ノードが応答を送信する場合に、低遅延での通信が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】実施形態にかかるセンサデータ送信システムの概要を示す図。

【図2】実施形態にかかるセンサデータ送信システムの通信処理を説明する図。

20

【図3】送信要求フレームと応答フレームのフレーム構成を示す図。

【図4】親機(PLC)の構成を示す機能ブロック図。

【図5】子機(センサ)の構成を示す機能ブロック図。

【図6】親機による送信要求コマンドの送信処理の流れを示すフローチャート。

【図7】親機による応答受信時の処理の流れを示すフローチャート。

【図8】子機による応答の送信処理の流れを示すフローチャート。

【図9】子機による応答タイミング計算処理の流れを示すフローチャート。

【図10】応答指示データの変形例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0023】

30

以下に図面を参照して、この発明を実施するための形態を、実施例に基づいて例示的に詳しく説明する。ただし、この実施例に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対配置などは、特に記載がない限りは、この発明の範囲をそれらだけに限定する趣旨のものではない。

【0024】

< 概要 >

図1は、本発明に係る無線通信システムを利用したセンサデータ送信システムの概要を示す図である。図1に示すように、本実施形態にかかるセンサデータ送信システムは、PLC(Programmable Logic Controller)100と、センサ200とから構成され、PLC100とセンサ200の間で無線通信によってセンサデータを送信する。より具体的には、PLC100を親機(親ノード)、センサ200を子機(子ノード)として使い、PLC100からのセンサデータの送信要求(リードコマンド)に基づいて、センサ200がセンサデータを親機に送信する。

40

【0025】

なお、図1には子機を3台しか示していないが、子機の数はい任意であって構わない。また、本実施形態では、子機の数はいあらかじめ決まっており、運用中には増減しないものとする。

【0026】

本実施形態におけるセンサデータの通信処理について、図2を参照して説明する。まず、親機100が、子機200に対してセンサデータの送信を要求する送信要求をブロード

50

キャスト送信する。この送信要求には、どの子機が応答すべきであるかという情報と、応答が必要なそれぞれの子機の応答送信タイミングを示す情報が格納される。以下では、これらの情報を応答指示データと称する。

【 0 0 2 7 】

図 2 では、親機 1 0 0 はまずタイムスロット 0 で子機 1 ~ 3 に対してセンサデータの送信を要求する。すなわち、親機 1 0 0 は、子機 1 ~ 3 がそれぞれ 1 ~ 3 番目の送信タイミングで応答を送信するように指定する応答指示データを生成し、この応答指示データを含む送信要求をブロードキャスト送信する。

【 0 0 2 8 】

それぞれの子機は、送信要求に含まれる応答指示データに基づいて、センサデータを含む応答を親機に送信する。ここでは、子機 2 からの応答が、通信の衝突などにより親機において正しく受信できなかったものとする（タイムスロット 2）。すると、親機は、子機 2 のみが応答を返すように指定した応答指示データを含む送信要求をブロードキャスト送信して、子機 2 に応答を再送するように指示する（タイムスロット 4）。この際、子機 2 は 1 番目の応答タイミングで応答を送信するように指定される。図 2 の例では、親機がタイムスロット 4 で送信要求を送信するので、子機 2 に対してタイムスロット 5 で応答を送信することになる。このように、応答タイミングが送信要求の直後となるように親機から指定することで、応答を送信する際の遅延を少なくすることができる。

【 0 0 2 9 】

< フレーム構成 >

本実施形態において、親機 1 0 0 が送信する送信要求フレームと、子機 2 0 0 が送信する応答フレームのフレーム構成について図 3 を参照して説明する。ここでは、子機の数 が 1 0 台であるものとして説明する。

【 0 0 3 0 】

図 3 (A) に示すように、送信要求フレーム 2 0 は、プリアンプル 2 1、グループ ID 2 2、コマンドコード 2 3、応答指示データ 2 4、CRC コード 2 5 を含む。プリアンプル 2 1 は、データの始まりに付加され、同期を確立するためのあらかじめ定められたパターンのビット列である。グループ ID 2 2 は、親機 1 0 0 と子機 2 0 0 からなるグループを識別する ID である。コマンド ID 2 3 は、親機 1 0 0 から子機 2 0 0 に対する要求（コマンド）の種類を識別する ID である。センサデータの送信を要求する場合は、そのコマンドに対応する ID が格納される。CRC コード 2 5 は、誤り検出用のチェックサムである。

【 0 0 3 1 】

応答指示データ 2 4 には、どの子機が応答する必要があるか、および、応答する場合の応答タイミングを示す情報が格納される。本実施形態では、応答指示データ 2 4 はグループ内の子機の数と同じビット数のデータであり、各子機について応答の要否を 1 ビットで指定する。図 3 (A) の例では、子機数が 1 0 台であるので応答指示データ 2 4 は 1 0 ビットである。応答指示データのどのビットがどの子機についての応答要否を表すかは、あらかじめ決めておけばよい。例えば、応答指示データ 2 4 の先頭のビットは、個体識別情報（子機 ID）が「 1 」の子機の応答要否を表し、2 ビット目は子機 ID 「 2 」の子機の応答要否を表すものとする。本実施形態では、ビットが「 1 」の場合に応答が必要であり、ビットが「 0 」の場合に応答が不要であることを表すものとする。応答が必要な子機の応答タイミングは、応答指示データ 2 4 に含まれるビット値「 1 」のみについて先頭から数えた場合の順番として決定することができる。

【 0 0 3 2 】

図 3 (A) に示すように、応答指示データ 2 4 が「 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 」というビット列であった場合、1, 5, 8 番目のビットが「 1 」となっているので、子機 ID 1, 5, 8 を有する子機が応答する必要がある。また、1 ビット目が最初の値「 1 」のビットであり、5 ビット目が 2 番目の値「 1 」のビットであり、8 ビット目が 3 番目の「 1 」のビットなので、子機 ID 1 の応答タイミングが 1 番目、子機 ID 5 の応答タイミングが 2 番

10

20

30

40

50

目、子機 I D 8 の応答タイミングが 3 番目である。

【 0 0 3 3 】

このようにすれば、子機の数と等しいビット数で、各子機の応答要否および応答タイミングを指定することができる。

【 0 0 3 4 】

図 3 (B) に示すように、子機から送信される応答フレーム 3 0 は、プリアンプル 3 1、グループ I D 3 2、子機 I D 3 3、データ 3 4、F E C コード 3 5 を含む。プリアンプル 3 1 およびグループ I D 3 2 は、送信要求フレーム 2 0 に含まれるプリアンプル 2 1 およびグループ I D 2 2 と同様である。子機 I D 3 3 は、応答フレーム 3 0 を送信する子機の子機 I D (個体識別情報) が格納される。データ 3 4 には、子機 (センサ) 2 0 0 が計測したセンサデータが格納される。F E C コード 3 5 は、前方誤り訂正用のコードである。

10

【 0 0 3 5 】

< 構成 >

以下、親機 1 0 0 および子機 2 0 0 の構成について、より詳細に説明する。まず、親機 1 0 0 の構成について、図 4 を参照して説明する。

【 0 0 3 6 】

[親機]

親機 1 0 0 は、受信処理部 1 1 0 と送信処理部 1 2 0 とを有する。受信処理部 1 1 0 は、応答受信部 1 1 1、受信タイミング特定部 1 1 2、誤り検出・訂正部 1 1 3、送信元特定部 1 1 4、受信情報更新部 1 1 5 を有する。また、送信処理部 1 2 0 は、送信要求相手特定部 1 2 1、コマンド生成部 1 2 2、コマンド送信部 1 2 3、未応答ノード出力部 1 2 4 を有する。本実施形態においては、親機 1 0 0 は、C P U (中央演算処理装置) やメモリなどを含むコンピュータであり、メモリに格納されたプログラムを C P U が実行することによって、上記の各機能部を実現する。ただし、上記の各機能部の一部または全部について、ハードウェア回路によって実装しても構わない。

20

【 0 0 3 7 】

応答受信部 1 1 1 は、アンテナを介して受信した無線信号に対して、フィルタ処理、復調処理、復号処理などを施して、無線により送信されたデータを受信する機能部である。これらの受信処理は、任意の既知の手法が適用可能である。

30

【 0 0 3 8 】

受信タイミング特定部 1 1 2 は、現在何番目のタイムスロットで受信しているのかを特定する機能部である。スロットは、送信要求を送信してからの経過時間などに基づいて特定することができる。

【 0 0 3 9 】

誤り検出・訂正部 1 1 3 は、受信データに誤りがあるか否か検出し、可能であれば誤り訂正を行う機能部である。なお、誤り訂正機能を設けず、誤り検出機能のみを設けても構わない。本実施形態では、C R C (巡回冗長検査) や F E C (一方向誤り訂正) を用いるが、その他任意のアルゴリズムを採用可能である。

【 0 0 4 0 】

送信元特定部 1 1 4 は、受信データの送信元ノードを特定する機能部である。本実施形態においては、子機からの送信データにグループ I D と子機 I D を含めて送信する (図 3 (B) の子機 I D 5 3) ので、送信元特定部 1 1 4 はこのグループ I D と子機 I D に基づいて送信元を特定する。

40

【 0 0 4 1 】

受信情報更新部 1 1 5 は、どの子機から応答を受信済みであるか管理する機能部である。受信情報更新部 1 1 5 は、子機から応答を受信する度に、受信済みの子機についての情報を更新する。上述のように、親機 1 0 0 は送信要求にどの子機が応答する必要があるかを表す応答指示データ 2 4 を含めて送信する。子機から応答を受信する度に、応答指示データにおいて応答が必要であると指定されている子機を、応答が不要であるように更新す

50

ること、どの子機から応答を受信済みであるか管理することができる。具体的には、子機から応答を受信する度に、応答指示データ24中の当該子機に対応するビットを「1」から「0」に変更することで、どの子機から応答を受信済みであるか管理することができる。

【0042】

送信要求相手特定部121は、送信要求に対して応答する必要がある子機を特定（決定）する機能部である。例えば、初めて送信要求を送信する場合には、同じグループに属する全ての子機から応答が必要であると決定してもよいし、一部の子機からのみ応答が必要であると決定してもよい。一部の子機から応答を受信できず再送を要求する場合には、応答を受信できなかった子機のみが応答を必要であると決定する。

10

【0043】

コマンド生成部122は、送信要求フレーム20を生成する機能部である。送信要求フレーム20のうち、応答指示データ24は、送信要求相手特定部121によって特定された子機に基づいて生成される。具体的には、応答すべき子機に対応するビットを「1」（応答が必要を表す）とし、それ以外のビットを「0」（応答が不要を表す）として生成すればよい。再送を要求する場合には、受信情報更新部115によって更新された情報を用いて、応答指示データ24を生成すればよい。

【0044】

コマンド送信部123は、送信要求に符号化、変調などを施して、無線送信する機能部である。

20

【0045】

未応答ノード出力部124は、再送要求を所定回数繰り返しても応答を返さない子機を特定した情報を出力する機能部である。再送要求を所定回数繰り返しても応答を正しく受信できない場合には、その子機に異常が発生していると考えられる。未応答ノード出力部124からの出力は、このような障害の発生を通知するものとして利用可能である。

【0046】

[子機]

次に、子機200の構成について、図5を参照して説明する。子機200は、受信処理部210と送信処理部220とを有する。受信処理部210は、コマンド受信部211、受信タイミング特定部212、誤り検出・訂正部213、送信元特定部214を有する。また、送信処理部220は、応答要否判定部221、応答生成部222、応答タイミング計算部223、応答送信部224を有する。本実施形態においては、子機200は、CPU（中央演算処理装置）やメモリなどを含むコンピュータであり、メモリに格納されたプログラムをCPUが実行することによって、上記の各機能部を実現する。ただし、上記の各機能部の一部または全部について、ハードウェア回路によって実装しても構わない。

30

【0047】

コマンド受信部211は、アンテナを介して受信した無線信号に対して、フィルタ処理、復調処理、復号処理などを施して、無線により送信されたデータを受信する機能部である。コマンド受信部211は、親機100からの送信要求を受信した際に、受信フレームに含まれるコマンドコード23に基づいて、親機100からの要求を識別する。親機100からセンサデータの送信を要求するコマンド（送信要求コマンド）が送信されたことが判明したら、センサデータを取得して以下に親機100に対して応答を送信する。

40

【0048】

受信タイミング特定部212、誤り検出・訂正部213、送信元特定部214は、親機100における機能と同様であるため説明を省略する。

【0049】

応答要否判定部221は、送信要求フレームに含まれる応答指示データ24に基づいて、自ノードが応答すべきか否かを判定する。具体的には、応答指示データ24のうち、自ノードの子機IDに対応するビットの値が「1」であれば応答が必要であると判定し、「0」であれば応答が不要であると判定する。

50

【 0 0 5 0 】

応答生成部 2 2 2 は、応答フレーム 3 0 を生成するための機能部である。グループ ID 3 2 には自ノードが属するグループの ID を格納し、子機 ID 3 3 には自ノードの子機 ID (個体識別情報) を格納し、データ 3 4 には要求されているセンサデータを格納する。

【 0 0 5 1 】

応答タイミング計算部 2 2 3 は、生成した応答フレーム 3 0 を送信するタイミングを計算する機能部である。上述したように、応答指示データ 2 4 によって自ノードが応答すべき順番 (タイムスロット) が指定される。応答タイミング計算部 2 2 3 は、この順番に基づいて、応答を送信すべき時間を計算する。具体的には、N 番目 (N は整数) に応答を返すことが指定されている場合には、 T_s を子ノードの送信時間、 G_T をガードタイムとして、送信要求を受信してから $(N - 1) \times T_s + N \times G_T$ だけ経過したタイミングを応答タイミングとして計算する。

10

【 0 0 5 2 】

応答送信部 2 2 4 は、応答生成部 2 2 2 によって応答フレーム 3 0 を、応答タイミング計算部 2 2 3 によって計算されたタイミングで送信する機能部である。応答送信部 2 2 4 は、応答フレーム 3 0 に符号化、変調などの処理を施してから、無線送信する。

【 0 0 5 3 】

< 処理 >

図 6 ~ 図 9 のフローチャートを参照して、親機 1 0 0 が送信要求コマンドを送信し、子機 2 0 0 がこの送信要求に対して応答を送信する際の処理について説明する。

20

【 0 0 5 4 】

[親機による送信要求コマンドの送信]

まず、図 6、図 7 を参照して、親機 1 0 0 による送信要求コマンドの送信処理について説明する。親機 1 0 0 の通信ラウンドが開始したら、送信要求に回答すべき子機を送信要求相手特定部 1 2 1 が特定し、その内容にしたがって、応答指示データ 2 4 を初期化する。ここでは、親機 1 0 0 が全ての子機 2 0 0 に対して応答を送信するように要求する場合を例に説明する。したがって、応答指示データ 2 4 の全てのビットは、応答が必要であることを表す「1」に設定される。

【 0 0 5 5 】

次に、コマンド生成部 1 2 2 が、応答指示データ 2 4 を含む送信要求フレーム 2 0 を生成し (S 1 1)、コマンド送信部 1 2 3 から送信要求フレーム 2 0 をブロードキャスト送信する (S 1 2)。送信要求フレーム 2 0 を送信したら、親機 1 0 0 は受信処理部 1 1 0 によって、子機からの応答を受信する (S 1 3)。

30

【 0 0 5 6 】

ステップ S 1 3 の親機による子機からの応答受信処理の詳細を、図 7 のフローチャートに示す。まず、応答受信部 1 1 1 が無線信号を受信する (S 1 3 1)。受信タイミング特定部 1 1 2 は、この受信処理が何番目のタイムスロットによって行われているかを特定する (S 1 3 2)。そして、誤り検出・訂正部 1 1 3 は、受信信号に誤りが含まれるか検出し、誤りが含まれる場合には可能であれば誤り訂正を行う (S 1 3 3)。

【 0 0 5 7 】

40

受信データに誤りがあり誤り訂正ができない場合 (S 1 3 4 : エラー有り) は、この受信データについてはそれ以上の処理を行わず、ステップ S 1 3 8 へ進む。一方、受信データに誤りがないか、もしくは誤り訂正が行えた場合 (S 1 3 4 : エラー無し) には、ステップ S 1 3 5 へ進む。ステップ S 1 3 5 では、送信元特定部 1 1 4 は、受信データに含まれるグループ ID 3 2 および子機 ID 3 3 を参照して送信元を特定し (S 1 3 5)、親機 1 0 0 と同じグループに属する子機 2 0 0 が送信元であるか否か判定する (S 1 3 6)。グループ ID 3 2 が異なる場合 (S 1 3 6 : NO) には、それ以上の処理は行わない。グループ ID 3 2 が一致する場合 (S 1 3 6 : YES) には、受信情報更新部 1 1 5 が、この子機からの応答受信が成功したことを記録する (S 1 3 7)。受信情報更新部 1 1 5 は、送信要求フレーム 2 0 に含めた応答指示データ 2 4 と同じ情報を保持しており、応答受

50

信に成功した子機に対応するビットを「0」に更新する。すなわち、応答受信に成功した子機からは再送する必要がないので、その子機についての応答指示データのビット値を応答不要であることを表す値に更新する。

【0058】

応答が必要な全ての子機について応答処理が完了したか判断し(S138)、完了していない場合(S138:NO)にはステップS131に戻り、完了している場合(S138:YES)には応答受信処理を終了してステップS14に進む。全ての子機からの応答処理が完了したか否かは、応答が必要な子機の数に応じた時間(タイムスロット)が経過したかどうかによって判断することができる。

【0059】

子機からの応答受信処理が完了したら、ステップS14に進んで、送信要求相手特定部121は、応答を要求した全ての子機から応答を正しく受信できたかどうかを判定する。この判定は、受信情報更新部115によって更新された応答指示データを確認することによって行える。更新後の応答指示データの全てのビットの値が「0」であれば、全ての子機から応答を正しく受信できたことが分かる。この場合(S14:YES)、親機100は送信要求の処理を終了する。

【0060】

一方、更新後の応答指示データのいずれかのビットの値が「1」であれば、そのビットに対応する子機から応答を正しく受信できていないことが分かる。この場合(S14:NO)は、応答を正しく受信できなかった子機に対して送信要求を再送信し、応答の再送を要求する。具体的には、再送回数が上限回数に達していないことを確認してから(S15)、ステップS11~ステップS14の処理を再度実行する。送信要求フレームを生成する際には、受信情報更新部115によって更新された応答指示データを、そのまま送信要求フレームに格納することによって、再送する必要がある子機を特定した送信要求フレームを生成することができる。

【0061】

再送を複数回繰り返すことで、全ての子機から応答が正しく受信できることが期待されるが、子機が故障している場合などはいつまでも子機からの応答を受信できない。再送を所定の上限回数だけ繰り返しても応答が得られない子機が存在する場合には、未応答ノード出力部124は、その子機を特定する情報を出力する(S16)。応答しない子機を特定する情報は、その時点における応答指示データにおいて値が「1」のビットに対応する子機である。したがって、未応答ノード出力部124は、その時点における応答指示データをそのまま、応答しない子機を特定する情報として出力すればよい。

【0062】

[子機による応答の送信]

次に、図8、図9を参照して、子機200による応答の送信処理について説明する。子機200のコマンド受信部211は、親機100から送信要求フレーム20を受信し、フィルタ処理、復調処理、復号処理などを施す(S20)。誤り検出・訂正部213は、受信信号に誤りが含まれるか検出し、誤りが含まれる場合には可能であれば誤り訂正を行う(S21)。

【0063】

受信データに誤りがあり誤り訂正ができない場合(S22:エラー有り)は、この受信データについてはそれ以上の処理を行わない。一方、受信データに誤りがないか、もしくは誤り訂正が行えた場合(S22:エラー無し)には、ステップS23に進む。ステップS23では、受信した送信要求が自ノード宛であるか判断する。具体的には、送信要求フレーム20のグループID22が、自ノードの属するグループのIDと同一であるか調べ、同一である場合に受信した送信要求が自ノード宛であると判断する。送信要求が自ノード宛ではない場合(S23:NO)はそれ以上の処理を行わず、自ノード宛である場合(S23:YES)にはステップS24に進む。

【0064】

10

20

30

40

50

ステップ S 2 4 では、応答要否判定部 2 2 1 が、送信要求フレーム 2 0 に含まれる応答指示データ 2 4 を参照して、この送信要求に対して自ノードが応答する必要があるか否かを判断する。具体的には、応答指示データ 2 4 のうち、自ノードに対応するビットを調べ、当該ビットが「1」であれば応答が必要であると判断し、「0」であれば応答が不要であると判断する。応答が不要の場合 (S 2 5 : N O) は、それ以上の処理を行わず、応答が必要の場合 (S 2 5 : Y E S) にはステップ S 2 6 に進む。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 2 6 では、応答タイミング計算部 2 2 3 が、応答指示データ 2 4 に基づいて、自ノードが応答を送信するタイミングを計算する。本実施形態においては、応答タイミングは、応答指示データにおいて、自ノードが応答すべきことを表すビットが、応答すべきことを表すビットのうち何番目であるかに基づいて決定される。応答タイミングの計算処理の詳細について、図 9 のフローチャートを参照して説明する。まず、応答の順番を表す変数 N を 1 に初期化する (S 2 6 1)。そして、応答指示データ 2 4 を先頭ビットから順番に処理をし、自ノードに対応しないビットが「1」であれば (S 2 6 2 : N O かつ S 2 6 3 : Y E S)、変数 N を 1 だけインクリメントする (S 2 4)。自ノードに対応するビットに到達したら (S 2 6 2 : Y E S)、ループ処理を終了して、その時点における変数 N を自ノードが応答する順番であると決定する。例えば、図 3 (A) に示すように、応答指示データ 2 4 が「1 0 0 0 1 0 0 1 0 0」であり、自ノードの子機 I D が「5」である場合は、1 ビット目に基づいて変数 N が 2 にインクリメントされ、2 ~ 4 ビット目では変数 N が変更されないため、自ノードの応答順序は 2 番目であると決定される。

10

20

【 0 0 6 6 】

その後、ステップ S 2 6 5 において、応答順序から応答タイミングを計算する。具体的には、子機の送信時間を T_s 、ガードタイム (衝突防止時間) を G_T として、送信タイミングは、送信要求を受信してから $(N - 1) \times T_s + N \times G_T$ 後として計算される。なお、送信時間 T_s やガードタイム G_T は実装系によって異なるが、あらかじめ定められた値である。

【 0 0 6 7 】

応答送信部 2 2 4 は、応答タイミングが到来するまで待ち (S 2 7)、計算した応答タイミングが到来したら応答フレーム 3 0 を送信する (S 2 8)。なお、送信する応答フレーム 3 0 は、自ノードが応答を送信する必要があると判断できてから応答タイミングが到来するまでの間に、応答生成部 2 2 2 が生成すればよい。

30

【 0 0 6 8 】

< 本実施形態の作用・効果 >

本実施形態では、親機から子機に対して送信要求する際に、それぞれの子機について応答の要否と応答のタイミングを指定している。ここで、応答タイミングに重複なく、かつ、応答しないスロットが存在しないように、各子機の応答タイミングを決定しているため、最小の遅延で子機からの応答を得ることができる。また、各子機の応答タイミングが親機から指定されており、ランダムに決定されるわけではないため、通信の定時性も確保できる。また、応答指示データは子機 1 台あたり 1 ビットで済むため、本手法を採用する際のデータ量オーバーヘッドを最小限とすることができる。

40

【 0 0 6 9 】

< 変形例 >

上記の実施形態の説明は、本発明を例示的に説明するものに過ぎず、本発明は上記の具体的な形態には限定されない。本発明は、その技術的思想の範囲内で種々の変形が可能である。

【 0 0 7 0 】

上記の説明では、応答指示データの n ビット目が子機 I D 「 n 」の応答要否を表すものとして説明したが、これは必ずしも必須ではない。それぞれのビットについて子機との対応が取れていれば、その対応関係は任意で構わない。例えば、1 ビット目が子機 I D 「 1 0 」の応答要否を表し、2 ビット目が子機 I D 「 9 」の応答要否を表すなど、任意の態様

50

が考えられる。また、ビット「1」が応答が必要で、ビット「0」が応答不要を表すものとして説明したが、これは逆にしても構わない。

【0071】

上記の説明では、子機の数があらかじめ定まっておらず変動がないものとして説明したが、運用中に子機の数が増減しても構わない。この場合、例えば、応答指示データを最大子機数と同じビット数の固定長としておけばよい。あるいは、応答指示データを可変長としてもよい。応答指示データを可変長とする場合は、応答指示データのビット数を表す情報を付加することが好ましい。

【0072】

また、上記の説明では応答指示データにおいて子機1台あたり1ビットで応答可否を指定しているが、子機1台につき複数ビットで応答可否を指定してもよい。例えば、図10(A)に示すように、子機1台につき複数ビットのフィールドを割り当て、各フィールド内に当該フィールドに対応する子機の応答順序を指定するようにしてもよい。図10(A)に示す応答指示データ1001は、複数(ここでは10個)のフィールドから構成され、各フィールドは複数ビットを有する。n番目のフィールドは、子機ID「n」の応答順序を表し、フィールドの値が「0」であればそれは応答が不要であることを表す。図10(A)の応答指示データ1001の例では、子機ID1, 3, 7, 5, 8を有する子機がそれぞれ1~5番目に応答し、これら以外の子機は応答不要であることが示されている。このようにしても、親機から子機の応答タイミングを指定することができる。この場合に、応答が必要な子機数をNとしたときに、それぞれの子機の応答タイミングを1~N番目(送信要求の1~Nスロット後)のいずれかとし、全ての子機において応答タイミングに重複が無いようにすることが好ましい。このようにすれば、上記実施形態と同様に、応答の遅延を最小限とすることができる。本変形例は、上記の実施形態と比較して応答指示データのデータ量が多くなってしまいが、子機の応答タイミングをより柔軟に決定できるという利点がある。

【0073】

また、図10(B)に示すように、応答指示データにおいて、n番目に応答すべき子機はどの子機であるかを指定するようにしてもよい。図10(B)に示す応答指示データ1002には、応答する必要がある子機の子機IDが格納される。この際、応答順序が先のものから子機IDが順に格納される。応答不要の子機については、子機IDが応答指示データに格納されない。図10(B)の応答指示データ1002は、図10(A)と同様の内容を表現している。このような手法によっても、上記図10(A)と同様の効果が得られる。

【0074】

上記の実施形態はPLCとセンサからなるセンサデータ送信システムに本発明の手法を適用した例であるが、その他任意のシステムに本発明の手法を適用することができる。例えば、パッシブUHF RFID技術を用いたRFIDリーダ/ライタを親機とし、RFIDタグを子機とするRFIDシステムに本発明を好適に適用することができる。本発明の手法は、任意の無線通信システムに適用可能であり、特に限定はされない。

【符号の説明】

【0075】

20 : 送信要求フレーム 23 : コマンドコード 24 : 応答指示データ
 100 : 親機 (PLC)
 110 : 受信処理部 111 : 応答受信部 112 : 受信タイミング特定部
 113 : 誤り検出・訂正部 114 : 送信元特定部 115 : 受信情報更新部
 120 : 送信処理部 121 : 送信要求相手特定部 122 : コマンド生成部
 123 : コマンド送信部 124 : 未応答ノード出力部
 200 : 子機 (センサ)
 210 : 受信処理部 211 : コマンド受信部 212 : 受信タイミング特定部
 213 : 誤り検出・訂正部 214 : 送信元特定部

10

20

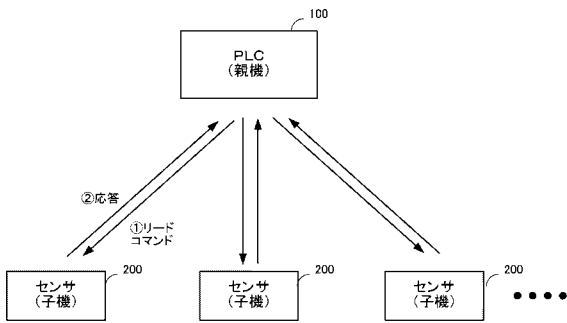
30

40

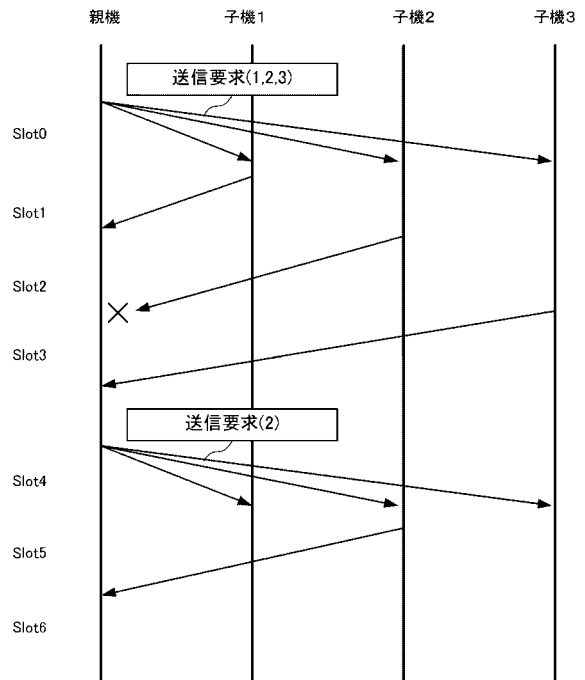
50

2 2 0 : 送信処理部 2 2 1 : 応答要否判定部 2 2 2 : 応答生成部
2 2 3 : 応答タイミング計算部 2 2 4 : 応答送信部

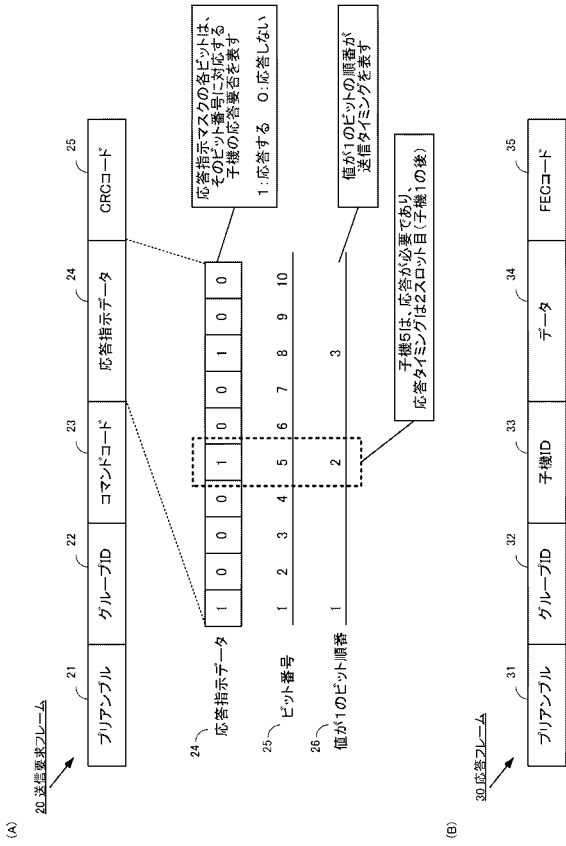
【 図 1 】



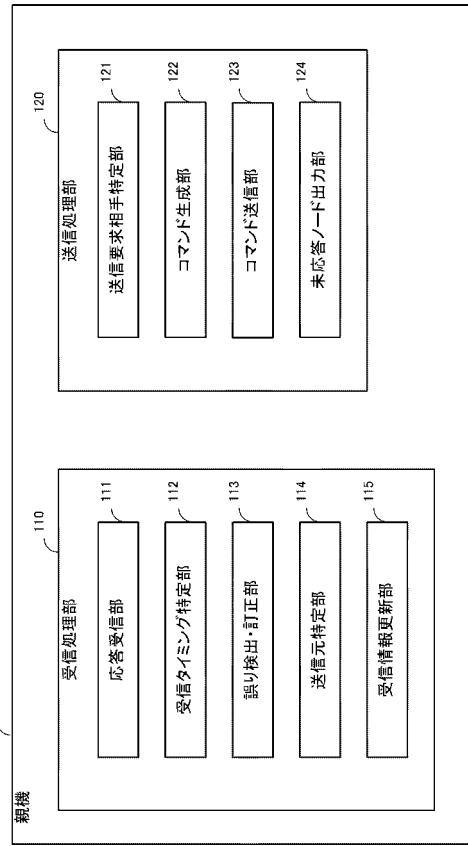
【 図 2 】



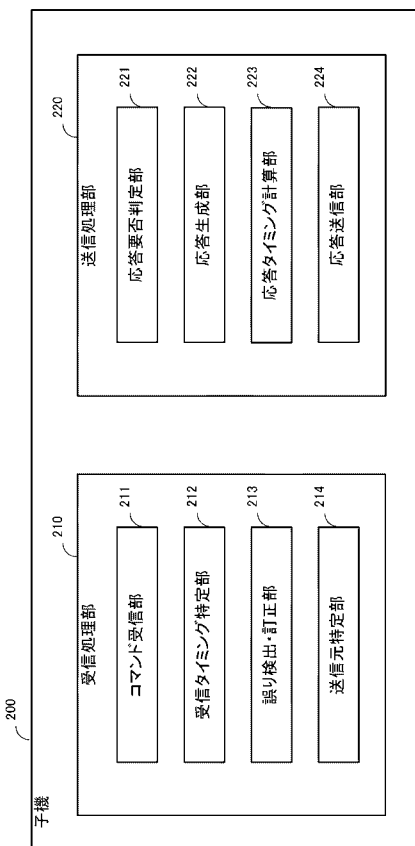
【図3】



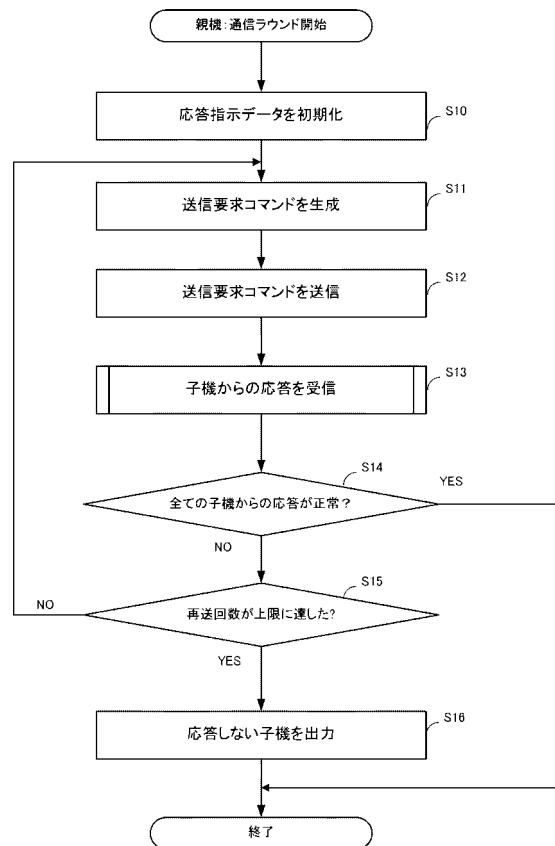
【図4】



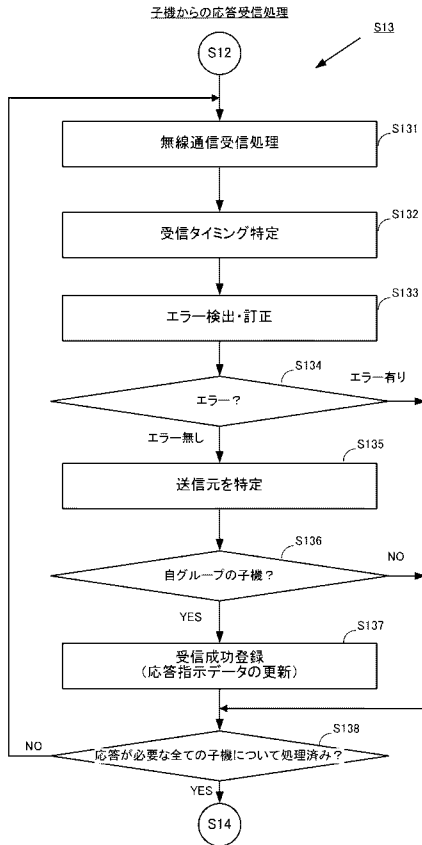
【図5】



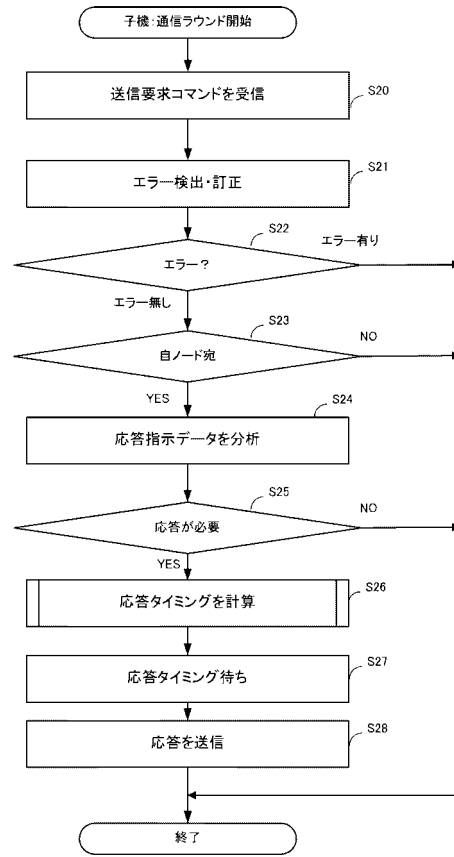
【図6】



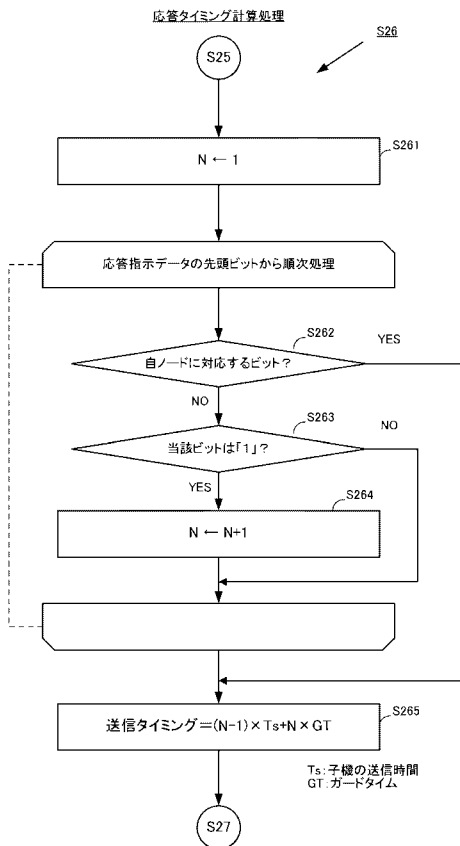
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

(A) 応答指示データの変形例1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1001	1	0	2	0	4	0	3	5	0	0

N番目フィールドが、子機Nの応答タイミングを表す(0は応答不要)

(B) 応答指示データの変形例2

	1	2	3	4	5
1002	1	3	7	5	8

N番目フィールドが、N番目に応答する子機IDを表す

フロントページの続き

(72)発明者 齋藤 啓介

京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

Fターム(参考) 5K067 AA21 BB27 BB44 CC04 CC08 EE02 EE10 EE72 GG03 HH28

JJ21 JJ43