

(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2010-87667

(P2010-87667A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.
H04W 40/02 (2009.01)F I
H04Q 7/00 341テーマコード (参考)
5K067

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-252257 (P2008-252257)
(22) 出願日 平成20年9月30日 (2008. 9. 30)(71) 出願人 000000295
沖電気工業株式会社
東京都港区西新橋三丁目16番11号
(74) 代理人 100090620
弁理士 工藤 宣幸
(72) 発明者 久保 祐樹
東京都港区西新橋三丁目16番11号 沖
電気工業株式会社内
Fターム(参考) 5K067 AA21 DD17 EE25 HH23

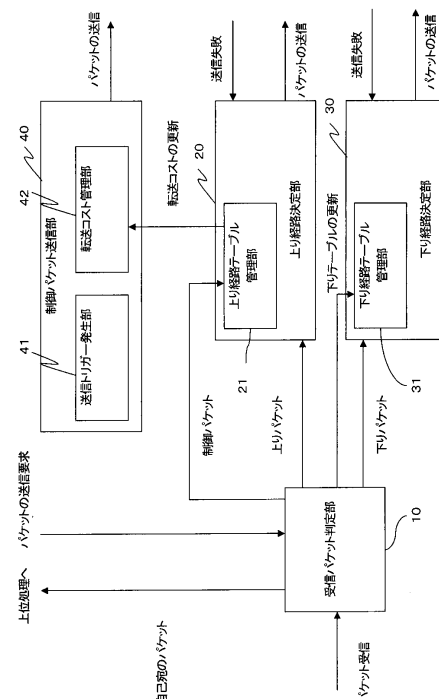
(54) 【発明の名称】 経路制御装置、経路制御方法、経路制御プログラム及びノード

(57) 【要約】

【課題】制御パケットを減らしたことによるノードの省電力化と無線帯域の圧迫を防ぐことが可能となる。

【解決手段】本発明の経路制御装置は、マルチホップ通信手段と、他ノードからの制御パケットに基づいて上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成手段と、上りパケットを送信する場合に、上り経路テーブルを参照し、パケット送信毎に転送先を変化させながら決定する上り経路決定手段と、他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づき、上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成手段と、下り経路テーブルを用いて下りパケットを送信させる手段とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

マルチホップ通信によりパケットを送受信するマルチホップ通信手段と、

1 又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる上記各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成手段と、

上りパケットを送信する場合に、上記上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定手段と、

他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上記上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成手段と、

10

下りパケットを送信する場合に、上記下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定手段と

を備えることを特徴とする経路制御装置。

【請求項 2】

上記上り経路決定手段が、上記上り経路テーブルに記録される複数のノードの転送コスト値に応じた決定方法により上記上りパケットの転送先を決定するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の経路制御装置。

【請求項 3】

上記上り経路決定手段が、上記上り経路テーブルに記録される複数のノードの中から、転送先候補を所定数に限定し、この限定した転送先候補の中から決定するものであることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の経路制御装置。

20

【請求項 4】

上記下り経路テーブル作成手段が、受信した上記上りパケットの転送経路の違いに応じて、宛先が同一の下りパケットについて複数の転送先が対応付けられた上記下り経路テーブルを作成するものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の経路制御装置。

【請求項 5】

上記下り経路決定手段が、上記下り経路テーブルに基づいて、各転送先の転送コスト値に応じた決定方法により上記下りパケットの転送先を決定するものであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の経路制御装置。

30

【請求項 6】

複数のノードによるマルチホップ通信によりパケットを送受信するための経路制御方法であって、

1 又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる上記各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成工程と、

上りパケットを送信する場合に、上記上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定工程と、

他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上記上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成工程と、

40

下りパケットを送信する場合に、上記下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定工程と

を有することを特徴とする経路制御方法。

【請求項 7】

経路制御装置を、

マルチホップ通信によりパケットを送受信するマルチホップ通信手段、

1 又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる上記各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成手段、

上りパケットを送信する場合に、上記上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定手段、

50

他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上記上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成手段、

下りパケットを送信する場合に、上記下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定手段

として機能させることを特徴とする経路制御プログラム。

【請求項 8】

マルチホップ通信を行う複数のノードのそれぞれが、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の経路制御装置を備えるものであることを特徴とするノード。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、経路制御装置、経路制御方法、経路制御プログラム及びノードに関し、例えば、空間に分散配置された多数の無線通信ノードが、無線を利用して相互にデータ通信を行う場合において、データを集約する基地局の役割を担うシンクノードとセンシングを行う端末のセンサノード間のマルチホップ通信を実現するために各ノードが行う経路制御装置、経路制御方法、経路制御プログラム及びノードに適用し得るものである。

【背景技術】

【0002】

マルチホップネットワーク等で行われるマルチホップ通信のルーティング方法（経路制御方法）については、非特許文献 1 に記載されるものがある。非特許文献 1 に記載のルーティング方法は、ノードがトポロジ情報を定期的にフラッディングして知らせ、経路制御を行うノードはネットワーク全体のトポロジ情報を知ることができる。そして、経路制御を行うノードは、このネットワーク全体のトポロジ情報から転送経路を計算して、マルチホップ通信を実現するというものである。非特許文献 1 のルーティング方法は、ノードがネットワーク全体のトポロジ情報を持っているため、任意のノードへの転送経路を計算することが可能であり、また障害時には、代替経路を計算することも可能である。しかしながら、例えばセンサネットワークに非特許文献 1 の記載技術を適用する場合、任意の 2 ノード間の通信は不要で、シンクノードとセンサノードとの間の通信だけを実現できればよいので、全体のトポロジ情報の収集を行う必要はないが、制御パケットのオーバーヘッドが問題となる。

20

30

【0003】

特許文献 1 には、1 つの基地局と多数の端末のネットワーク構成の場合に、基地局と端末との間におけるパケット転送方法に関する技術が記載されている。特許文献 1 の記載技術は、基地局からのフラッディング通信時の TTL 値やホップカウントを各ノードが記憶しておき、基地局からの上りトラフィックの転送には TTL 値やホップカウントを用いて転送先を決定する方法が示されている。特許文献 1 の方法を用いると経路生成のオーバーヘッドを削減することができ、また上り方向の経路を作成することができるが、特定のノードへの下り方向の経路を作成することができず、下り通信を行うことができない。

【0004】

40

特許文献 2 には、マルチホップ経路の冗長化に関するものであり、基地局から各ノードに対して主経路と副経路の 2 つのツリ - を作成することで、無線端末の故障時や、障害時に経路を切り替えて通信を行う方法を示している。しかし、特許文献 2 の方法は制御パケットの衝突を起こさないように冗長経路を作成することを特徴としており、2 重化のために制御パケットの送信が増えてしまうことは回避できない。

【0005】

【特許文献 1】特開 2007 - 135130 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 354626 号公報

【非特許文献 1】T. Clausen et al, "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR)", RFC 3626,

50

Network Working Group, IETF: //www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように、特許文献2に記載されるような従来のマルチホップ経路を冗長させる場合には、その冗長経路の分だけ余計に経路生成用の制御パケットを送信し、別経路をあらかじめ準備することが必要となる。

【0007】

その制御パケットのオーバーヘッドはノード数の増加に伴って増加するため、大規模ネットワークで冗長経路を作成する場合には経路制御用のトラフィックが帯域を圧迫するという問題があった。これは、制御パケットの送受信に必要な電力を削減する観点からも好ましくない。

【0008】

また、逆にオーバーヘッドを小さくすることを特徴とする方法では、冗長な経路情報を作成することができないことや、下り経路が作成できないなど、転送経路の計算機能を犠牲にしていることが課題である。

【0009】

そこで、本発明は、少ない制御パケットのオーバーヘッドでありながら、経路を複数作成し得、作成する冗長経路数を増やした場合にも制御パケットの送信数を一定に保つことができ、障害時には各ノードが代替経路を決定しパケットの中継を行うことができる経路制御装置、経路制御方法、経路制御プログラム及びノードを提供する。これによって、制御パケットを減らすことができ、ノードの省電力化と無線帯域の圧迫を防ぐことが可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

かかる課題を解決するために、第1の本発明の経路制御装置は、(1)マルチホップ通信によりパケットを送受信するマルチホップ通信手段と、(2)1又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成手段と、(3)上りパケットを送信する場合に、上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定手段と、(4)他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成手段と、(5)下りパケットを送信する場合に、下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定手段とを備えることを特徴とする。

【0011】

第2の本発明の経路制御方法は、複数のノードによるマルチホップ通信によりパケットを送受信するための経路制御方法であって、(1)マルチホップ通信によりパケットを送受信するマルチホップ通信工程と、(2)1又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成工程と、(3)上りパケットを送信する場合に、上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定工程と、(4)他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成工程と、(5)下りパケットを送信する場合に、下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定工程とを有することを特徴とする。

【0012】

第3の本発明の経路制御プログラムは、経路制御装置を、(1)マルチホップ通信によ

10

20

30

40

50

りパケットを送受信するマルチホップ通信手段、(2) 1又は複数の他ノードから受信した制御パケットに含まれる各他ノードの転送コスト値を記録して上り経路テーブルを作成する上り経路テーブル作成手段、(3) 上りパケットを送信する場合に、上り経路テーブルを参照して、上りパケットの転送先をパケット送信毎に変化させながら決定する上り経路決定手段、(4) 他ノードから上りパケットを受信すると、当該上りパケットに含まれる生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、上りパケットの転送経路の違いに応じた下り経路テーブルを作成する下り経路テーブル作成手段、(5) 下りパケットを送信する場合に、下り経路テーブルを参照して当該下りパケットの転送先を決定する下り経路決定手段として機能させることを特徴とする。

【0013】

第4の本発明のノードは、マルチホップネットワークを構成する複数のノードのそれぞれが、第1の本発明の経路制御装置を備えるものであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、マルチホップ通信において、少ない制御パケットのオーバーヘッドでありながら、経路を複数作成し得、作成する冗長経路数を増やした場合にも制御パケットの送信数を一定に保つことができ、障害時には各ノードが代替経路を決定しパケットの中継を行うことができる。更に、制御パケットを減らしたことによるノードの省電力化と無線帯域の圧迫を防ぐことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

(A) 第1の実施形態

以下では、本発明の経路制御装置、経路制御方法、経路制御プログラム及びノードの第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0016】

第1の実施形態は、例えばセンサネットワーク等のように、空間に分散配置された多数の無線通信ノードが、無線を利用して相互にデータ通信を行うネットワークを構成する無線通信ノードに本発明を適用した実施形態を例示して説明する。

【0017】

(A-1) 第1の実施形態の構成

図2は、第1の実施形態のネットワークの構成を示す構成図である。図2に示す丸は、ネットワーク9を構成する無線通信ノードを示す。図2において、第1の実施形態のネットワーク9は、8つの無線通信ノード0～無線通信ノード7(以下では、単にノード0～ノード7と呼ぶ)からなる場合を例示する。

【0018】

図2において、ノード0はシンクノードである。ノード1～ノード7はセンサノードである。ノード1～ノード7は、自ノードで得たセンサデータ又は他ノードから転送されてきたセンサデータを、シンクノードであるノード0を送信先としてデータを送信又は転送する。これにより、ノード1～ノード7において得られたセンサデータを、シンクノードであるノード0において収集することができる。

【0019】

図3は、ノード0～7の内部構成を示す内部構成図である。図3に示すように、ノード0～7は、通信制御部51、送信部52、受信部53、センサ54を少なくとも有するものである。通信制御部51は、送信部52又は受信部53によるマルチホップ無線通信の制御を行うものであり、転送経路を決定する転送制御機能を有するものである。送信部52及び受信部53は、通信制御部51の制御を受けて、マルチホップ無線通信を行うものである。また、センサ54は、所定のセンシングデータを取得するものである。

【0020】

図1は、ノード0～ノード7における通信制御部51の経路制御機能を説明する機能説明図である。なお、ノード0～7の通信制御部51のハードウェア構成は図示しないが、

10

20

30

40

50

既存の通信装置と同様に、例えば、CPUと記憶手段（ROM、RAM等）を備える。そして、通信制御部51の機能は、CPUが必要なデータを用いて処理プログラムを実行することに実現される。

【0021】

図1において、通信制御部51の経路制御機能としては、受信パケット判定部10、上り経路決定部20、下り経路決定部30、制御パケット送信部40を少なくとも有する。なお、以下では、センサノード1～7からシンクノード0宛のパケット経路を上り経路といい、シンクノード0からセンサノード宛のパケット経路を下り経路という。

【0022】

受信パケット判定部10は、他のノードから送信されてきたパケットを受信した場合や、又は自己の上位処理からのパケットの送信要求を受けた場合に、そのパケットが自ノード宛のパケットであるか、中継すべきパケットであるか、又は制御パケットであるかを判定し、受信パケットの振り分けを行うものである。

10

【0023】

受信パケット判定部10による判定は、パケットヘッダに含まれる最終宛先情報及びパケット種類情報を解析することで行う。つまり、受信パケット判定部10は、パケットの最終宛先が自ノードであれば当該パケットを上記処理に与え、パケットの最終宛先がシンクノード0であれば当該パケットを上り経路決定部20に与え、他のセンサノードであれば下り経路決定部30に与える。

【0024】

20

また、受信パケット判定部10は、上り経路テーブルを作成するための制御パケットを受信した場合には、その制御パケットを上り経路テーブル管理部21に与える。

【0025】

ここで、制御パケットのヘッダには、少なくとも制御パケットの送信元ノードのアドレスと、送信元ノードからシンクノード0までのデータパケットを転送するときに必要なコストを示す転送コスト値とが記載されている。

【0026】

この転送コスト値について、最も単純なものとしては、シンクノード0から自ノードまでのホップ数を適用できる。例えば、シンクノード0の転送コスト値は「0」、シンクノード0から1ホップのノードの転送コスト値は「1」、シンクノード0から2ホップのノードの転送コスト値は「2」というようにする。また、別のものとしては、各ホップのリンクの品質を転送コスト値に反映させたものを適用できる。例えば、品質が良いほど転送コスト値が小さくなるように設定し、自ノードからシンクノード0までの転送コスト値を求める方法を適用できる。

30

【0027】

さらに、受信パケット判定部10は、上りの中継パケットを受信した場合及び自ノード宛のパケットを受信した場合、下り経路テーブル管理部31の下り経路テーブルの更新をさせる。

【0028】

ここで、受信パケット判定部10による下り経路テーブルの更新について説明する。データパケットのヘッダには、少なくとも、当該パケットを生成した生成元ノードのアドレス情報と、自ノードの転送してきた転送元ノードのアドレス情報が含まれている。受信パケット判定部10は、この生成元ノード及び転送元ノードのアドレス情報を利用して下り経路テーブルの更新を行う。

40

【0029】

具体的には、例えば、図2のネットワーク9において、ノード4がデータパケットを生成し、ノード1がデータパケットの転送を行い、シンクノード0がデータパケットを受信した場合を例示する。このとき、シンクノード0は、受信したデータパケットから、生成元ノードがノード4であり、転送元ノードがノード1であることが分かる。この場合において、シンクノード0から見た下り経路としては、ノード1に転送すれば、ノード4への

50

経路があると考えられる。そこで、シンクノード 0 においては、生成元ノード（ノード 4）を宛先とし、転送元ノード（ノード 1）を転送先となるように、下り経路テーブルを更新する（図 5 参照）。

【 0 0 3 0 】

ここで、生成元ノードが同じノードであっても、最終ホップを転送する転送元ノードのアドレスが異なる場合がある。例えば、ノード 4 がシンクノード 0 にデータパケットを送信する場合、4 1 0 と 4 2 0 など複数の経路のいずれかで転送される。この場合、最終ホップを転送するノードは複数の可能性があり、この複数のノードに対応して、下り経路テーブルの転送先の値は図 5 のように X 個持つものとする。こうすることで、シンクノード 0 は、ノード 4 宛の下りパケットを送信するための転送先として複数の候補をもつことができる。

10

【 0 0 3 1 】

上り経路決定部 2 0 は、最終宛先であるシンクノード 0 にパケットを転送するために、自ノードは次にどのノードに転送すればよいかを決定するものである。上り経路決定部 2 0 は、上り経路テーブル管理部 2 1 の上り経路テーブルを参照して、上り経路の転送先を決定する。

【 0 0 3 2 】

図 4（A）は、上り経路テーブルの構成を示す構成図であり、図 4（B）は、ネットワークポロジーを示す図である。図 4（A）では、ノード 4 における上り経路テーブルを例示する。図 4（A）に示すように、上り経路テーブルは、転送先ノードを示す「転送先」と、当該転送先ノードからシンクノード 0 までの転送コスト値を示す「コスト」を項目として有する。

20

【 0 0 3 3 】

上り経路決定部 2 0 により上り経路の転送先の決定方法としては、例えば、ノード 4 が上りパケットの転送先を決定する際、図 4（A）に示す上り経路テーブルを参照して、上り経路決定部 2 0 が、転送コスト値が「1」であるノード 1 又はノード 2 を転送先として決定する方法を適用する。このように転送コスト値が小さいノードを転送先として決定し、転送するのが最も効率的となるからである。

【 0 0 3 4 】

また、上り経路決定部 2 0 は、上り経路テーブルを参照して、パケットの送信毎に異なるノードを転送先として決定する方法も適用する。すなわち、上り経路テーブルに複数の転送先ノードが記録されている場合、上り経路決定部 2 0 は前回決定したノードとは異なるノードを今回決定するようにする。こうすることで、複数のノードで受信したノードの受信パケット判定部 1 0 の下り経路テーブルの更新を促進させることができる。すなわち、下り経路テーブルに下り経路をより多く記録させることができる。

30

【 0 0 3 5 】

ここで、例えばノード 4 自身の転送コスト値が「2」であるときに、転送コスト値が同じであるか又は転送コスト値が大きいノードを転送先として決定し、そのノードに転送してしまうと、回りこむような経路を使用することになり、パケットがシンクノード 0 に到達するまでの遅延が大きくなることが予想される。このため、転送先の選び方としては転送コスト値に応じて選択しやすさを変化させて、転送コスト値の小さいものを選びやすくするようにランダムに選ぶ方法をとると、そのバランスを調整でき、遅延の発生が抑制される。

40

【 0 0 3 6 】

また、上り経路の候補が非常に多い場合には、各ノードに送信するたびに、送信先ノードがそれぞれ受信パケット判定部 1 0 の下り経路テーブルの更新処理を行うことになり、多くのノードにテーブル情報が作られてしまう可能性がある。したがって、下り経路テーブルの記録のために必要なメモリのサイズを減らすために、転送コスト値の上位 N 個の内からどれか 1 つを選び転送先として決定する方法をとることが効果的である。

【 0 0 3 7 】

50

さらに、転送先を決定してパケットを送信しても、転送先の故障、移動、障害物の影響のために送信先に電波が届かず、送信失敗となる場合がある。この場合には上り経路テーブルから送信に失敗した転送先を削除するか、当該転送先となるノードの転送コスト値を高くするなどして、次回から転送先として選びにくくするようにする。また、パケットの送信に失敗した場合には、他に転送先候補がある場合には、その転送先にパケットを転送する。

【 0 0 3 8 】

上り経路テーブル管理部 2 1 は、受信パケット判定部 1 0 から上り経路を作成するための制御パケットを受け取ると、その制御パケットに含まれる情報に基づいて、上り経路テーブルを作成、更新するものである。

10

【 0 0 3 9 】

この制御パケットは、制御パケットの送信元ノードのアドレス情報と、シンクノード 0 までの転送コスト値とを含むものである。上り経路テーブル管理部 2 1 は、これら送信元ノードのアドレス情報及び転送コスト値の組を制御パケットから抽出して、図 4 に示す上り経路テーブルに送信元ノードのアドレス情報及び転送コスト値の組を記録する。

【 0 0 4 0 】

また、上り経路テーブル管理部 2 1 は、後述する制御パケット送信部 4 0 の転送コスト管理部 4 2 の転送コスト値の更新を行うものである。この転送コスト値の更新方法としては、例えば、上り経路テーブル管理部 2 1 が、上り経路テーブルに記録される転送コスト値のうち最小のものを選択し（例えば、最小転送コスト値を A とする）、自ノードから最小転送コスト値のノードまでの転送コスト値を求め（例えば、最小転送コスト値のノードまでの転送コスト値を B とする。このとき、上り経路テーブル管理部 2 1 は、A + B の値を、自ノードからシンクノード 0 までの転送コスト値として採用する。）更新する。

20

【 0 0 4 1 】

下り経路決定部 3 0 は、シンクノード 0 からセンサノード宛のパケットを転送するために、自ノードは次にどのノードに転送すればよいかを決定するものである。下り経路決定部 3 0 は、下り経路テーブルを参照して、下り経路の転送先を決定する。

【 0 0 4 2 】

図 5 (A) は、下り経路テーブルの構成を示す構成図であり、図 5 (B) は、ネットワークポロジーを示す図である。図 5 (A) では、シンクノード 0 における下り経路テーブルを例示する。図 5 (A) に示すように、下り経路テーブルは、パケットの最終的な送信先ノードを示す「宛先」、宛先ノードにパケットを届けるために、次にパケットを転送する転送先ノードを示す複数の「転送先 1」、「転送先 2」、…、「転送先 X」とを項目として有する。

30

【 0 0 4 3 】

例えば、パケットの最終的な送信先ノードをノード 0 とすると、下り経路決定部 3 0 は、ノード 0 を宛先とする登録データを下り経路テーブルから検索し、ノード 0 を宛先とする場合の転送先ノードを決定する。

【 0 0 4 4 】

このとき、登録データに複数の転送先がある場合には、下り経路決定部 3 0 は転送先ノードを任意に選択するようにしてもよい。また、図 5 (A) に示す上り経路テーブルの変形例として、それぞれの「転送先」に「転送コスト値」を対応付けるようにしてもよい。これにより、下り経路決定部 3 0 は、登録データに複数の転送先がある場合に、それぞれの転送先ノードの転送コスト値に応じて効率的に選択することもできる。この転送先ノードの選択方法としては、転送コスト値が小さいものを優先的に選択するようにしてもよい。

40

【 0 0 4 5 】

また、下り経路決定部 3 0 は、決定した転送先ノードにパケット送信した結果、パケット送信が失敗した場合、下り経路テーブルにおいて、当該ノードを転送先から削除したり、転送コスト値を高くしたりして、次の選択の際に選ばない又は選びにくいように、下

50

り経路テーブルを更新するものである。これにより、パケット送信に失敗した場合であって、他の転送先候補があるときには、その他の転送先候補を選択し転送することができる。

【 0 0 4 6 】

さらに、下り経路テーブル 3 0 は、登録データに転送先がない場合、受信パケットが中継パケットのときには、自ノードに転送してきたノードを転送先としてパケットを戻す。

【 0 0 4 7 】

下り経路テーブル管理部 3 1 は、下り経路テーブルを管理するものである。下り経路テーブルの更新は、受信パケット判定部 1 0 から、上りパケットを受信する毎に行う。

【 0 0 4 8 】

制御パケット送信部 4 0 は、送信トリガー発生部 4 1 と転送コスト管理部 4 2 とを有し、送信トリガー発生部 4 1 により指示されたタイミングで制御パケットを送信するものである。制御パケットには、自ノードのアドレス情報と、転送コスト管理部 4 2 の管理する自ノードからシンクノード 0 までの転送コスト値とが含まれる。制御パケット送信部 4 0 が制御パケットを送信することによって、近傍に存在する他ノードに、自ノードからシンクノード 0 までの転送コスト値を知らせることができる。

【 0 0 4 9 】

送信トリガー発生部 4 1 は、制御パケット送信部 4 0 が制御パケットを送信するタイミングを決定するものである。送信トリガー発生部 4 1 のタイミング制御方法としては、種々の方法を適用することができ、例えば最も単純な方法として、1つのタイマーで備え、所定周期毎に指示する方法を適用することができる。他の方法としては、シンクノード 0 からのフラッディングでトリガーを動作させる方法も適用できる。つまり、受信パケット判定部 1 0 におけるシンクノード 0 から制御パケットの受信に連動させて、制御パケット送信部 4 0 が制御パケットを送信することになる。なお、フラッディングを行う場合は同じ制御パケットに対して何度も応答してしまうことを防ぐために、シーケンスナンバーなどの情報を制御パケットに含む必要がある。

【 0 0 5 0 】

転送コスト管理部 4 2 は、自ノードからシンクノード 0 まで、パケットを送信するために必要な転送コストを示す転送コスト値を管理するものである。この転送コスト値は、上述したように、シンクノード 0 から自ノードまでのホップ数や、自ノードからシンクノード 0 までの各中継リンクのリンク品質を足し合わせた値を用いることができる。

【 0 0 5 1 】

(A - 2) 第 1 の実施形態の動作

次に、第 1 の実施形態のネットワーク 9 を構成する各ノードにおける経路制御処理の動作について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 5 2 】

以下では、図 2 に示すネットワークにおいて、ノード 4 とシンクノードであるノード 0 との間で通信を行うための経路制御を説明する。

【 0 0 5 3 】

また、各ノードは、送信トリガーが周期的に制御パケットの送信タイミングの指示を行い、制御パケット送信部 4 0 が周期的に制御パケットを送信させるものとする。

【 0 0 5 4 】

(A - 2 - 1) 上り経路テーブルの作成について

図 6 は、第 1 の実施形態の各ノードにおいて、上り経路テーブルを作成する処理を示す説明図である。

【 0 0 5 5 】

まず、各ノードでは、自ノードのアドレス情報と自ノードからシンクノード 0 までの転送コスト値とを少なくとも有する制御信号を制御パケット送信部 4 0 が周期的に送信する。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

各ノードにおいて、他ノードが送信したパケットを受信し、受信パケット判定部10が受信パケットを解析し、当該受信パケットが制御パケットであるか否かを判断する（ステップS101）。

【0057】

受信パケット判定部10が制御パケットであると判断すると、受信パケット判定部10は、当該受信パケットのヘッダから送信元ノードのアドレス情報及び転送コスト値を抽出し（ステップS102）、上り経路テーブルを作成又は更新する（ステップS103）。

【0058】

例えば、シンクノードであるノード0が制御パケットを送信する場合、ノード1、2、3において制御パケットが与えられると、受信パケット判定部10は、送信元ノードが「ノード0」であり、転送コスト値が「0」であることを抽出する。そして、受信パケット判定部10は、「転送先：ノード0」、「転送コスト値：0」となるように、上り経路テーブルを作成又は更新する。

【0059】

なお、上り経路テーブル管理部21は、上り経路テーブルの内容に基づいて、自ノードからシンクノード0までの転送コスト値を更新し、転送コスト管理部42に与える。そして、送信トリガー発生部41の送信タイミングに従って、制御パケット送信部40が制御パケットを周期的に送信する。

【0060】

例えば、ノード1、2、3では、上り経路テーブル管理部21が自ノードの転送コスト値を「1」とし、自ノードのアドレス情報及び転送コスト値「1」を有する制御パケットが送信される。

【0061】

また、ノード1、2、3から制御パケットが送信されると、ノード4、5においても、図6に示す処理が行われて、上り経路テーブルが作成される。

【0062】

例えば、ノード4、5において、ノード1が送信した制御パケットを与えられると、ノード4、5の受信パケット判定部が、送信元ノードが「ノード1」であり、転送コスト値が「1」であることを抽出し、「転送先：ノード1」、「転送コスト値：1」となるように、上り経路テーブルを作成又は更新する。

【0063】

ノード2、3からの制御パケットについても、ノード4、5は同様の処理を行い、上り経路テーブルを作成する。また、ノード4、5は、上述したように自ノードの転送コスト値の更新処理及び制御パケットの送信処理を行う。

【0064】

このように、すべてのノードが、制御パケットの受信に基づく上り経路テーブルの作成処理、転送コスト値の更新処理及び制御パケットの送信処理を繰り返し行うことで、すべてのノードが自ノードからシンクノードまでの転送コスト値を認識することができる。

【0065】

（A-2-2）上りパケットの送信処理及び下り経路テーブルの作成について

次に、各ノードにおける上りパケットの送信処理について図面を参照しながら説明する。

【0066】

図7は、第1の実施形態の各ノードにおける上りパケットの送信処理を示す説明図である。図8は、第1の実施形態の各ノードにおける下り経路テーブルの作成を示す説明図である。

【0067】

ノード4がシンクノード（ノード0）に向けてデータパケットを送信する場合において、ノード4での上りパケットの送信処理を例示する。

【0068】

図 7 において、ノード 4 において、受信パケット判定部 10 が上位処理から送信要求を受け、シンクノード（ノード 0）宛の送信データがある場合（ステップ S 201）、上り経路決定部 20 は上りパケットの転送先を検索する（ステップ S 202）。

【0069】

まず、上り経路決定部 20 は、図 4（A）に示す上り経路テーブルを参照して（ステップ S 203）、転送先が複数あるか否かを判断する（ステップ S 204）。

【0070】

上り経路テーブルの転送先が 1 個の場合、上り経路決定部 20 は、その転送先を上りパケットの転送先と決定し（ステップ S 210）、当該上りパケットを送信させる（ステップ S 211）。

10

【0071】

一方、上り経路テーブルの転送先が複数の場合（図 4（A）参照）、上り経路決定部 20 は、過去にパケットを送信しており、転送先として選択している転送先ノードがあるときには、その過去の転送先ノード以外のノードを選択するようにする（ステップ S 206）。なお、上り経路テーブルに多数の転送先が記録されている場合には、選択対象を所定数に限定するようにしてもよい（ステップ S 205）。

【0072】

例えば、ノード 4 がノード 0 宛に初めてパケット送信する場合、過去に選択した転送先以外のノードがないので、ノード 4 の上り経路決定部 20 は、上り経路テーブルに記録されている複数の転送先から任意の転送先を選択（例えば、ノード 1 を選択）する（ステップ S 209）。そして、上り経路決定部 20 は、その転送先を上りパケットの転送先と決定し（ステップ S 210）、ノード 1 に当該上りパケットを送信させる（ステップ S 211）。すなわち、この場合、ノード 4 ノード 1 ノード 0 の経路でパケットが転送される。

20

【0073】

また例えば、次に、ノード 4 が別の送信データパケットを続けて送信する場合には、前回転送先として選択した転送先があるので、ステップ S 207 に移行する。

【0074】

ステップ S 207 以降では、上り経路決定部 20 が、上り経路テーブルを参照して、過去のパケット送信の転送先とは異なる転送先を選択する方法を用いる。図 7 では、上り経路決定部 20 が転送コスト値が小さいものを優先的に選択する場合を例示する。

30

【0075】

ステップ S 207 において、上り経路決定部 20 は、上り経路テーブルの転送先のうち転送コスト値が小さいノードを検索する（ステップ S 207）。

【0076】

そして、転送コスト値が同じノードが 1 個の場合（ステップ S 208）、上り経路決定部 20 はそのノードを転送先と決定し（ステップ S 210）、上りパケットを送信させる（ステップ S 211）。

【0077】

一方、転送コスト値が同じノードが複数ある場合には（ステップ S 208）、上り経路決定部 20 は任意の転送先を選択し（ステップ S 209）、その転送先を上りパケットの転送先と決定し（ステップ S 210）、上りパケットを送信させる（ステップ S 211）。

40

【0078】

例えば、上記のように、ノード 4 が続けてノード 0 に別のデータパケットを送信する場合、前回のパケット送信でノード 1 を選択しているから、ノード 1 以外の転送先のうち、転送コスト値が最小であるノード 2 を転送先と決定して、パケットを送信する。すなわち、この場合、ノード 4 ノード 2 ノード 0 の経路でパケットが転送される。

【0079】

次に、各ノードにおける下り経路テーブルの作成処理の動作を図 8 を参照しながら説明

50

する。

【0080】

図8において、各ノードの受信パケット判定部10が上りパケットの受信を判定すると（ステップS301）、受信パケット判定部10は受信パケット（上りパケット）から、当該パケットを生成した生成元ノードのアドレス情報と、当該パケットを転送した転送元ノードのアドレス情報とを抽出し、下り経路テーブル管理部30は、これら生成元ノードのアドレス情報及び転送元ノードのアドレス情報に基づいて、下り経路テーブルを作成又は更新する（ステップS303）

例えば、ノード0では、ノード4からノード4 ノード1 ノード0の経路と、ノード4 ノード2 ノード0の経路でパケット受信している。

10

【0081】

この場合、ノード0の下り経路決定部30は、「生成元ノード：ノード4」であるから、下り経路テーブルの「宛先：ノード4」とする。また、ノード4 ノード1 ノード0の経路のパケットから「転送先ノード：ノード1」、ノード4 ノード2 ノード0の経路のパケットから「転送先ノード：ノード2」となるように、下り経路決定部30は下り経路テーブルを作成する。

【0082】

また、ノード1、2はノード4からのパケットをノード0に中継するノードであるが、ノード1、2においても、同様の処理により下り経路テーブルを作成する。

【0083】

20

なお、下りパケットの送信処理については、各ノードにおいて、受信パケット判定部10が下りパケットを判定すると、下り経路決定部30が、下り経路テーブルを参照して、当該パケットの宛先に対応する転送先を選択し、その転送先に向けて下りパケットを送信することで実現できる。このとき、下り経路決定部30は、転送コスト値が小さいものを優先的に下りパケットの転送先として決定する。

【0084】

上記のように、上り経路決定部20が、上りパケットの送信の際に、複数の転送先を選択し、複数の転送経路でパケット送信することにより、受信側のノードの下り経路決定部30が、受信した上りパケットに含まれる上り経路の中継情報に基づいて、下り経路テーブルを作成することで、下り経路情報が複数のノードに記録される。

30

【0085】

また、上りパケットの中継時に、中継するノードが下り経路テーブルを更新しているため、下りの冗長経路情報を作成するためだけの特別な制御パケットの送信のオーバーヘッドは発生しない。

【0086】

例えば、通常時は、センサネットワーク等として、シンクノードが各ノードから一定間隔でデータを収集しており、異常時には、シンクノード0が対象ノードに問い合わせるといったトラフィックを発生させるアプリケーションの場合、通常時に収集するデータパケットの中継過程で下りテーブルを更新することができ、十分時間が経過すると、上りトラフィックは複数の経路でシンクノードに送信されるため、その逆をたどる下りテーブルも複数記録されている。

40

【0087】

そうすると、シンクノード0がノード4にパケットを送信する場合には、図4のように下り経路テーブルの宛先ノード4に対する転送先がノード1、2、3と複数記録されており、シンクノード0からノード1へのリンクが切れたとしても、再送信の時にノード2に送信することでノード4に転送パケットを送信することが可能となる。

【0088】

（A-3）第1の実施形態の効果

以上のように、第1の実施形態によれば、上りパケットの送信の際、転送先ノードを切り替えながらデータパケットを送信し、上りパケットの中継時に下りパケットの転送経路

50

テーブルを記録する方法をとると、制御パケットの送信を上り経路を実現するためのホップカウントの計算だけに抑えながらも、シンクノードとセンサノード間の通信を実現するための上り、下りの経路を複数形成することが可能となる。

【0089】

こうすることで、制御パケットの送受信を抑えたことによる省電力効果や、アプリケーションで使える帯域の確保を実現しながらも、複数の転送経路を作成したことによる異常時の耐性を上げることができ、経路の切断時などには別経路を容易に決定できるため、パケットの到達率を向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

10

【図1】第1の実施形態のノードの転送制御機能を説明する機能構成図である。

【図2】第1の実施形態のネットワークの構成を示す構成図である。

【図3】第1の実施形態のノードの内部構成を示す内部構成図である。

【図4】第1の実施形態の上り経路テーブル及びネットワークポロジーを示す説明図である。

【図5】第1の実施形態の下り経路テーブル及びネットワークポロジーを示す説明図である。

【図6】第1の実施形態の上り経路テーブルの作成処理を示す説明図である。

【図7】第1の実施形態の上りパケットの送信処理を示す説明図である。

【図8】第1の実施形態の下り経路テーブルの作成処理を示す説明図である。

20

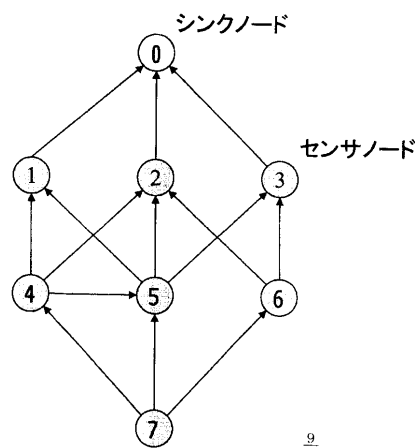
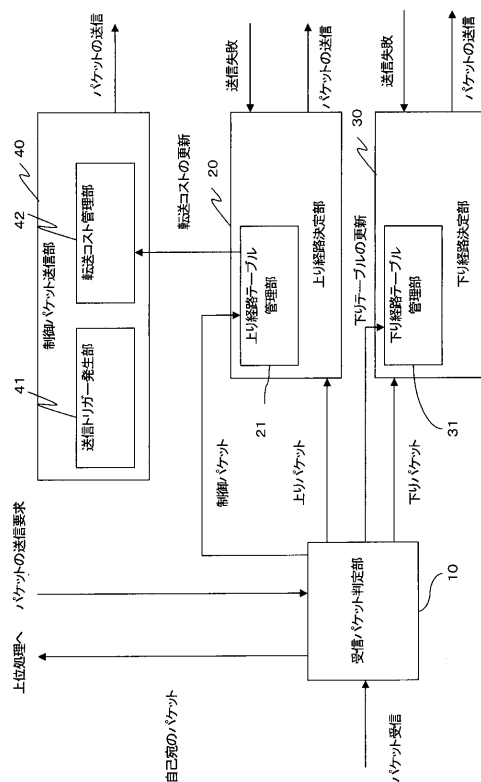
【符号の説明】

【0091】

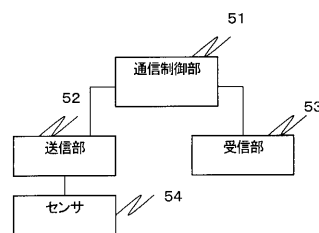
10...受信パケット判定部、20...上り経路決定部、21...上り経路テーブル管理部、30...下り経路決定部、31...下り経路テーブル管理部、40...制御パケット送信部、41...送信トリガー、42...転送コスト管理部。

【図1】

【図2】

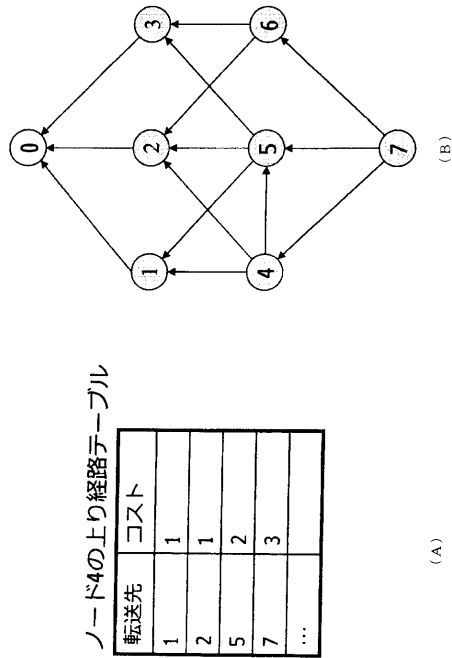


【図3】

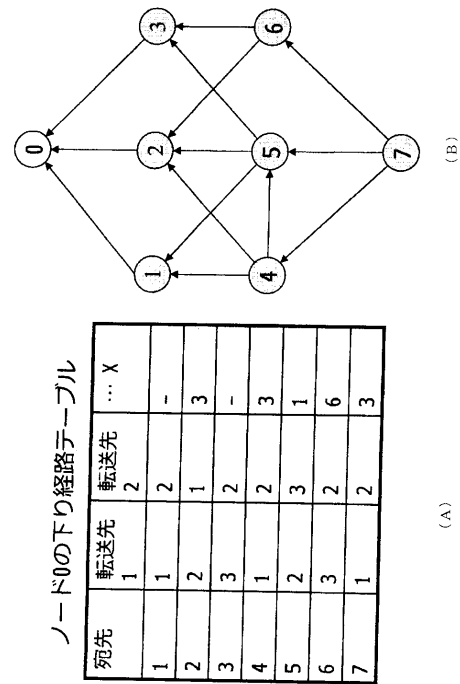


ノード

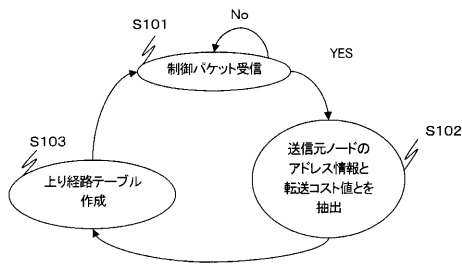
【図 4】



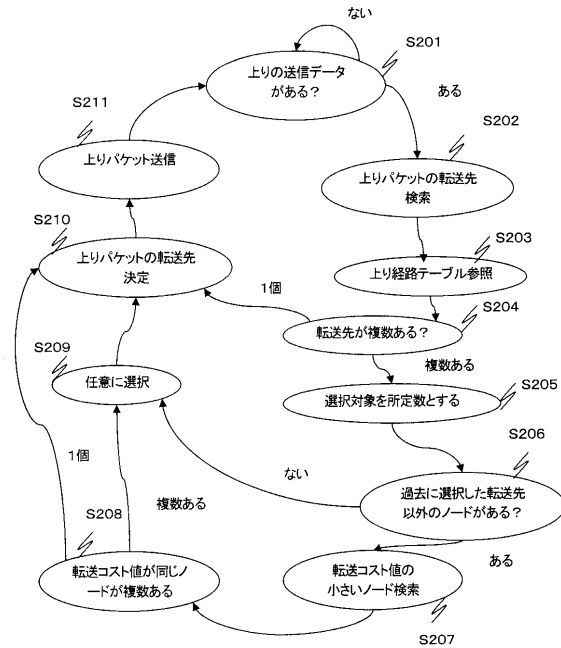
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【 図 8 】

