

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5516577号

(P5516577)

(45) 発行日 平成26年6月11日 (2014. 6. 11)

(24) 登録日 平成26年4月11日 (2014. 4. 11)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 W 76/02 (2009. 01)

H O 4 W 76/02 1 1 0

H O 4 W 84/18 (2009. 01)

H O 4 W 84/18

請求項の数 12 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-514313 (P2011-514313)
 (86) (22) 出願日 平成22年5月10日 (2010. 5. 10)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2010/003174
 (87) 国際公開番号 W02010/134281
 (87) 国際公開日 平成22年11月25日 (2010. 11. 25)
 審査請求日 平成25年4月5日 (2013. 4. 5)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-119934 (P2009-119934)
 (32) 優先日 平成21年5月18日 (2009. 5. 18)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004237
 日本電気株式会社
 東京都港区芝五丁目7番1号
 (74) 代理人 100103090
 弁理士 岩壁 冬樹
 (74) 代理人 100124501
 弁理士 塩川 誠人
 (72) 発明者 野田 潤
 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
 式会社社内

審査官 齋藤 哲

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信端末、無線通信転送制御システム、無線通信転送制御方法および無線通信転送制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フラッディングを行う無線通信端末であって、

所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信端末において、

所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段と、

前記パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、

前記記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、

前記状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備え、

前記状態確率計算手段は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネッ

10

20

トワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、

前記状態確率計算手段は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、前記記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する

ことを特徴とする無線通信端末。

【請求項2】

記号出力手段は、所与の時間間隔でパケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測手段に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する

請求項1記載の無線通信端末。

【請求項3】

状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新手段を含み、

前記確率更新手段は、各時刻において状態確率計算手段によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する

請求項1または請求項2記載の無線通信端末。

【請求項4】

フラッディングを行う複数の無線通信端末が無線通信を行う無線通信転送制御システムであって、

所定の各時刻において、個々の前記無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信転送制御システムにおいて、

無線通信端末は、

所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段と、

前記パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、

前記記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、

前記状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備え、

前記状態確率計算手段は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、

前記状態確率計算手段は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、前記記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する

ことを特徴とする無線通信転送制御システム。

【請求項5】

記号出力手段は、所与の時間間隔でパケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測手段に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示

10

20

30

40

50

すか否かによって、異なる出力記号を出力する

請求項4記載の無線通信転送制御システム。

【請求項6】

無線通信端末は、状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新手段を含み、

前記確率更新手段は、各時刻において状態確率計算手段によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する

請求項4または請求項5記載の無線通信転送制御システム。

【請求項7】

フラッディングを行う無線通信端末によって実施される無線通信転送制御方法であって、

所定の各時刻において、個々の前記無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信転送制御方法において、

所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測し、

計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力し、

前記出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算し、

前記計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御し、

状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する

ことを特徴とする無線通信転送制御方法。

【請求項8】

所与の時間間隔で計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する

請求項7記載の無線通信転送制御方法。

【請求項9】

各時刻において計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する

請求項7または請求項8記載の無線通信転送制御方法。

【請求項10】

フラッディングを行う無線通信端末に搭載されたコンピュータに、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する処理を実行させるための無線通信転送制御プログラムにおいて、

前記コンピュータに、

所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測する処理と、

計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する処理と

、
前記出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する処理と、

前記計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する処理とを実行させ、

状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する処理を実行させるための

無線通信転送制御プログラム。

【請求項11】

コンピュータに、

所与の時間間隔で計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する処理を実行させるための

請求項10記載の無線通信転送制御プログラム。

【請求項12】

コンピュータに、

各時刻において計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する処理を実行させるための

請求項10または請求項11記載の無線通信転送制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線LANのようにアクセスポイントを必要とせずP2P (Peer to Peer) で接続できる無線通信機能を備えた無線通信端末のみで構成されたネットワーク、すなわち無線アドホックネットワークにおいて、パケットをネットワーク全体に配信するフラッディングを効率化するための無線通信端末、無線通信転送制御システム、無線通信転送制御方法および無線通信転送制御プログラムに関する。無線アドホックネットワークを構成する無線通信端末には、パーソナルコンピュータ、PDA (Personal Digital Assistant) および携帯電話機など（以降、無線端末と記述する。）がある。なお、パーソナルコンピュータなどの情報処理端末装置であっても、無線通信機能を備えている場合には、無線端末に含まれる。

【背景技術】

【0002】

フラッディングは、ルート検索プロトコルに用いられるなど、無線アドホックネットワークにおける基本的な要素技術である。フラッディングは、通信範囲にある全てのノードに対してパケットをブロードキャストする。フラッディング方式の一例が、特許文献1に記載されている。図12は、特許文献1に記載された無線データ通信システムの構成の一例を示す説明図である。図12に示す無線データ通信システムでは、各無線端末の通信範囲（図12に示すゾーンA～ゾーンEに相当）が重なりあるように無線端末が配置される前提のもと、通信範囲にあるすべてのノードに対してブロードキャストを繰り返すことによって次々と中継伝送していく。特許文献1には、このようにしてパケットを複数の無線端末に配信する方法が記載されている。ここで、パケットを受信した無線端末は、パケットに記述された宛先アドレスが自身のアドレスに合致するとき、当該パケットを自身宛の

10

20

30

40

50

パケットと認識する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平8-97821号公報（段落0011-0020）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献1に記載された無線データ通信システムでは、移動性を備えた無線端末が移動することによって無線端末が密集した（通信範囲の重なりが密になった）場合に、パケットの衝突が頻繁に発生し、通信効率が落ちる。また、通信範囲に重なりがなくなった場合に、どの無線端末にも未到達のブロードキャストが発生し、無駄な通信によって電力効率が悪化する。つまり、特許文献1に記載された無線データ通信システムでは、フラッディングを実施する各時刻において、フラッディングすべき状態にあるか否かを自律的に判断して制御することができない。

【0005】

そこで、本発明は、無線アドホックネットワークにおいて、各無線通信端末がフラッディングを実施すべき状態にあるか否かを自律的に判断する無線通信端末、無線通信転送制御システム、無線通信転送制御方法および無線通信転送制御プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による無線通信端末は、フラッディングを行う無線通信端末であって、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信端末において、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段と、パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備え、状態確率計算手段が、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算手段が、状態の集合、出力記号の集合、状態遷移確率、出力記号観測確率および初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算することを特徴とする。

【0007】

本発明による無線通信転送制御システムは、フラッディングを行う複数の無線通信端末が無線通信を行う無線通信転送制御システムであって、所定の各時刻において、個々の無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信転送制御システムにおいて、無線通信端末が、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケ

10

20

30

40

50

ット数計測手段と、パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備え、状態確率計算手段が、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算手段が、状態の集合、出力記号の集合、状態遷移確率、出力記号観測確率および初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算することを特徴とする。

10

【0008】

本発明による無線通信転送制御方法は、フラッディングを行う無線通信端末によって実施される無線通信転送制御方法であって、所定の各時刻において、個々の無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する無線通信転送制御方法において、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測し、計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力し、出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算し、計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御し、状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算することを特徴とする。

20

30

【0009】

本発明による無線通信転送制御プログラムは、フラッディングを行う無線通信端末に搭載されたコンピュータに、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する処理を実行させるための無線通信転送制御プログラムにおいて、コンピュータに、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測する処理と、計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する処理と、出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する処理と、計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する処理とを実行させ、状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する処理を実行させることを特徴とする。

40

【発明の効果】

50

【0010】

本発明によれば、無線アドホックネットワークにおいて、各無線通信端末がフラッディングを実施すべき状態にあるか否かを自律的に判断することができ、ネットワーク全体での通信効率および電力効率の低下を抑止できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明による無線通信転送制御システムの第1の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示す無線通信転送制御システムの状態確率計算手段において使用される確率モデルを示す説明図である。

10

【図3】隠れマルコフモデルの形式的構造を示す説明図である。

【図4】出力記号集合を説明するための説明図である。

【図5】図3に示す隠れマルコフモデルの形式的構造による設計例を示す説明図である。

【図6】図5に示す状態遷移確率 δ および初期存在確率 I の一例を示す説明図である。

【図7】 $P_i(t)$ を計算するアルゴリズムの一例を示す説明図である。

【図8】各時刻における計算結果を示す説明図である。

【図9】図1に示す無線通信転送制御システムの動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明による無線通信転送制御システムの第2の実施形態の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明による無線通信端末の主要な処理を示すフローチャートである。

20

【図12】特許文献1に記載された無線データ通信システムの構成の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

実施形態1.

図1は、本発明による無線通信転送制御システムの第1の実施形態（実施形態1）の構成を示すブロック図である。図1を参照して、本発明の第1の実施形態の無線通信転送制御システムの構成を説明する。

【0013】

図1に示す無線通信転送制御システムは、プログラム制御により動作する複数の無線端末から構成される。無線端末100は、パケット数計測手段110、記号出力手段120、状態確率計算手段130、通信制御手段140および通信手段150を含む。

30

【0014】

パケット数計測手段110は、周辺の無線端末からフラッディングされて受信したパケット（フラッディングパケット）の数を常時計測する。パケット数計測手段110は、所定の各時刻において、それぞれの前時刻からのフラッディングパケットの数を記号出力手段120に出力する。

【0015】

記号出力手段120は、パケット数計測手段110が計測したフラッディングパケットの数を記憶部（図示せず）に格納する。記号出力手段120は、所定の各時刻においてパケット数計測手段110から出力されたフラッディングパケットの数の総和および計測回数を基に、フラッディングパケット数の平均値入を計算する。フラッディングパケット数の平均値入は、記憶部に格納される。記号出力手段120は、フラッディングパケット数の平均値入に従うポアソン分布において、受信したパケット数に対する累積確率に応じた記号（出力記号）を生成する。記号出力手段120は、生成した出力記号を記憶部に格納し、各時間間隔毎に生成した出力記号を出力記号の列として、状態確率計算手段130に出力する。

40

【0016】

状態確率計算手段130は、記号出力手段120から出力された出力記号の列を入力として、無線端末100が平常状態または待機状態のどちらの状態にいるかの確率を示す事

50

後確率を計算する。状態確率計算手段130は、状態遷移確率記憶部131、出力記号観測確率記憶部132、初期存在確率記憶部133および状態確率計算部134を有する。

【0017】

通信制御手段140は、状態確率計算手段130で計算された事後確率が、無線端末100が平常状態にいる確率が待機状態にいる確率よりも高いことを示す場合に、他の無線端末にフラッディングを行うように通信を制御する。

【0018】

通信手段150は、無線端末100において、他の無線端末との通信を行う。例えば、パケット数計測手段110は、通信手段150を介して他の無線端末から受信したフラッディングパケットの数を計測し、通信制御手段140は、通信手段150を介してフラッ

10

【0019】

第1の実施形態においては、状態確率計算手段を中心として、無線端末100の状態がフラッディングすべき状態（平常状態）とフラッディングすべきではない状態（待機状態）とのどちらの状態にあるかを推論することができる。この推論の対象として、フラッディングすべき状態（平常状態）およびフラッディングすべきではない状態（待機状態）の集合{平常, 待機}を与える。無線端末100の状態は、この集合上の確率変数で示されるとする。状態そのものを外部から観測することはできない。しかし、状態と相関を持つ情報として、周辺の無線端末からフラッディングされてくるパケットの数を観測することはできる。また、状態は時間とともに変化し、現在の状態はそれ以前の時刻における状態とも相関を持つ。

20

【0020】

図2は、図1に示す無線通信転送制御システムの状態確率計算手段において使用される確率モデルを示す説明図である。図2に示す楕円は、可観測変数及び非可観測変数（隠れ変数）の各確率変数を示す。図2に示す矢印は、矢印で結ばれた確率変数間に相関があることを示す。確率変数間の相関の大小は、条件付き確率で表される。各条件付き確率を予め与えておき、観測された情報から真の状態を推定する。このような、時間とともに変化する隠れ変数の値を可観測変数の値に基づいて推測するための確率モデルとして、隠れマルコフモデル（HMM: Hidden Markov Model）を導入する。

【0021】

30

図3は、隠れマルコフモデルの形式的構造を示す説明図である。隠れマルコフモデルMは、状態の集合S、出力記号集合T、状態遷移確率 δ 、出力記号観測確率 ϕ および初期存在確率Iの5項の組、すなわち $M = \{S, T, \delta, \phi, I\}$ によって示される。

【0022】

状態の集合Sは、推論の対象とする状態の集合である。 $S = \{s_1: \text{平常}, s_2: \text{待機}\}$ で示される。

【0023】

出力記号集合Tは、ある時刻tにおいて前時刻(t-1)との間に計測できる周辺の無線端末からのフラッディングパケット数の出現頻度に応じて、記号出力手段120によって出力される出力記号の集合である。図4は、出力記号集合を説明するための説明図である。図4に示す曲線は、各無線端末において所定の時間間隔で受信するフラッディングパケットの数の平均値λに従うポアソン分布である。図4に示すポアソン分布を導出した後、記号出力手段120は、ある時刻において観測したパケット数xについて、図4に示すポアソン分布における上側累積確率Q(x)および下側累積確率P(x)を算出する。上側累積確率Q(x)および下側累積確率P(x)がともにn%（例えば、図4においてはn=5とする。）以上である場合には、記号出力手段120は出力記号t1を出力し、それ以外である場合には、記号出力手段120は出力記号t2を出力する。すなわち、 $T = \{t_1, t_2\}$ とする。

40

【0024】

上側累積確率Q(x)および下側累積確率P(x)の閾値nには、それぞれ個別の閾値

50

n を設けてもよい。また、所定の時間間隔で受信するフラッディングパケットの数の平均値入が十分に大きい（一般に $\lambda > 1000$ ）場合には、ポアソン分布の代わりに、平均 λ 、標準偏差 λ の2乗根の正規分布を用いて近似してもよい。

【0025】

現在の状態は直前の状態にのみ依存する。状態遷移確率 δ は、直前の状態が現在の状態に遷移する条件付き確率を示す。状態遷移確率 δ は、状態確率計算手段130の状態確率記憶部131に格納される。

【0026】

記号出力手段120によって出力される出力記号は、現在の状態に依存する。出力記号観測確率 ϕ は、それぞれの状態において、記号出力手段120がある出力記号を出力する条件付き確率を示す。出力記号観測確率 ϕ は、出力記号観測確率記憶部132に格納される。

10

【0027】

初期存在確率 I は、状態確率計算手段130が事後確率の計算を開始するときに、ある状態に存在する確率を示す。初期存在確率 I は、初期存在確率記憶部133に格納される。

【0028】

閾値 n 、状態遷移確率 δ 、出力記号観測確率 ϕ および初期存在確率 I は、事前に与えられる。出力記号観測確率 ϕ は、状態 S が s_1 （平常）であるときは出力記号集合 T は t_1 を示しやすく、状態 S が s_2 （待機）であるときには出力記号集合は t_2 を示しやすいういう前提を基に定められる。閾値 n 、状態遷移確率 δ および初期存在確率 I は、ネットワークの運用ポリシーに基づく自由度を有し、過去の運用において得た知識やノウハウに従って定められる。これらの閾値や確率を決定する要因が無い場合には、各確率を所定の等確率に定めてもよい。

20

【0029】

図5は、図3に示す隠れマルコフモデルの形式的構造による設計例を示す説明図である。図5には、隠れマルコフモデル M を構成する状態 S 、出力記号集合 T 、状態遷移確率 δ 、出力記号観測確率 ϕ および初期存在確率 I が定められている。図6は、図5に示す状態遷移確率 δ および初期存在確率 I の一例を示す説明図である。図6には、図5に示された確率に従って遷移する平常状態 s_1 および待機状態 s_2 が示されている。

30

【0030】

隠れマルコフモデル M のもと、出力記号の列 X_t ($X_t = x_1, x_2, \dots, x_t \in T$)を入力とし、 X_t が観測されたときに隠れマルコフモデル M が状態 s_i ($1 \leq i \leq 2$)にいる事後確率を $p_i(t)$ ($P_i(t) = P(\pi_t = s_i | X_t = x_1, x_2, \dots, x_t)$)とする。なお、 $x_1, x_2, \dots, x_t$ は、 t_1 または t_2 である。 π_t は、時刻 t における隠れマルコフモデル M の状態を表す確率変数である。状態確率計算部134は、出力記号の列 X_t を入力として事後確率 $P_i(t)$ を計算する。

【0031】

図7は、 $P_i(t)$ を計算するアルゴリズムの一例を示す説明図である。図7に示すアルゴリズムに従って、各時刻 t において、 $p_i(t)$ を計算する。 $P_i(t)$ が、 $p_2(t) > p_1(t)$ の関係である場合には、通信制御手段140は、少なくとも次の時刻($t+1$)までフラッディングを待機するように制御する。

40

【0032】

図5に示す隠れマルコフモデル M の設計例において、出力記号の列 X_t が(t_1, t_2, t_2, t_1)で与えられた場合に、状態確率計算部134が事後確率 $P_i(t)$ を計算する具体的な計算例を以下の(1)～(3)に示す。

【0033】

(1) $t=0$ の場合。初期状態である。

$$f1(0)=I1=1$$

$$f2(0)=I2=0$$

50

$$p1(0)=f1(0)/(f1(0)+f2(0))=1$$

$$p2(0)=f2(0)/(f1(0)+f2(0))=0$$

【 0 0 3 4 】

(2) $t = 1$ の場合。

$$f1(1)=\phi 1(t1)(f1(0) \delta 11+f2(0) \delta 21)=0.8 \times (1 \times 0.8+0 \times 0.1)=0.64$$

$$f2(1)=\phi 2(t1)(f1(0) \delta 12+f2(0) \delta 22)=0.4 \times (1 \times 0.2+0 \times 0.9)=0.08$$

$$p1(1)=0.64/(0.64+0.08)=0.889$$

【 0 0 3 5 】

(3) $t = 2$ の場合。

$$p2(1)=0.08/(0.64+0.08)=0.111$$

$$f1(2)=\phi 1(t2)(f1(1) \delta 11+f2(1) \delta 21)=0.2 \times (0.64 \times 0.8+0.08 \times 0.1)=0.104$$

$$f2(2)=\phi 2(t2)(f1(1) \delta 12+f2(1) \delta 22)=0.6 \times (0.64 \times 0.2+0.08 \times 0.9)=0.12$$

$$p1(2)=0.104/(0.104+0.12)=0.464$$

$$p2(2)=0.12/(0.104+0.12)=0.536$$

【 0 0 3 6 】

$t = 3$ 以降も同様に計算される。図 8 は、各時刻における計算結果を示す説明図である。図 8 に示すように、時刻 $t = 5$ において、状態 s_1 (平常) にいる確率 $p_1(5)$ は 0.285 となり、状態 s_2 (待機) にいる確率 $p_2(5)$ は 0.715 となり、 $p_2(5) > p_1(5)$ の関係を満たす。従って、出力記号の列 X_t が $X_t = (t_1, t_2, t_2, t_2, t_1)$ で与えられた場合に、通信制御手段 140 は、時刻 $t = 5$ においてはフラ

ッディングを待機するように通信を制御する。

【 0 0 3 7 】

図 9 は、図 1 に示す無線通信転送制御システムの動作を示すフローチャートである。図 9 を参照して、図 1 に示す無線通信転送制御システムがフラッディングを行うか否かを判断する処理を説明する。

【 0 0 3 8 】

無線端末 100 のパケット数計測手段 110 は、周辺の無線端末からフラッディングされてくるパケットの数を所定の時間間隔で区切って常時計測する。パケット数計測手段 110 は、所定の各時刻において、それぞれの前時刻からのフラッディングパケットの数を記号出力手段 120 に出力する。記号出力手段 120 は、出力されたフラッディングパ

ケットの数を記憶部に格納する (ステップ S101)。

【 0 0 3 9 】

時間 t においてフラッディングの実施が要求されると (ステップ S102)、記号生成手段 120 は、パケット数計測手段 110 で計測されたフラッディングパケット数を基に、所定の時間間隔毎に前時刻との間に計測できる周辺の無線端末からのフラッディングパケット数の出現頻度を示す出力記号を生成する。なお、フラッディングの実施要求の発生は、例えば、無線端末 100 に実装されている通信アプリケーションプログラムなどによって制御される。記号生成手段 120 は、所定の時間間隔毎に生成した出力記号を出力記号の列として、状態確率計算手段 130 に出力する (ステップ S103)。

【 0 0 4 0 】

状態確率計算手段 130 は、記号生成手段 120 から出力された出力記号の列を入力として、無線端末 100 が状態 s_i ($1 \leq i \leq 2$) にいる事後確率 $p_i(t)$ を計算する (ステップ S104)。

【 0 0 4 1 】

ステップ S104 において計算された事後確率 $p_i(t)$ が $p_2(t) > p_1(t)$ の関係を満たすとき、通信制御手段 140 は、少なくとも次の時刻 ($t+1$) までフラッディングを待機するように通信を制御する (ステップ S105)。

【 0 0 4 2 】

このような無線通信転送制御システムでは、各無線端末において、刻一刻と変化する状況を鑑みて効率的なフラッディングが可能かどうかを自律的に判断することができる。す

10

20

30

40

50

なわち、このような無線通信転送制御システムは、ネットワーク全体での通信効率および電力効率の低下を抑止できる。

【0043】

実施形態2.

図10は、本発明による無線通信転送制御システムの第2の実施形態（実施形態2）の構成を示すブロック図である。図10を参照して、本発明の第2の実施形態の無線通信転送制御システムの構成を説明する。図10に示す無線端末200の構成は、確率更新手段160を新たに備えたこと以外は図1に示された無線端末100の構成と同じである。

【0044】

第1の実施形態の無線通信転送制御システムでは、状態遷移確率 δ および出力記号観測確率 ϕ は所定の値が事前に与えられていたが、第2の実施形態の無線通信転送制御システムでは、事後確率の計算結果などを利用して状態遷移確率 δ および出力記号観測確率 ϕ を更新する。

【0045】

確率更新手段160は、各時刻における状態確率計算手段130による計算結果から、最も尤もらしい（確率の高い）状態を推定（最尤推定）する。確率更新手段160は、最尤推定された状態と出力された出力記号とを記憶部（図示せず）に格納する。確率更新手段160は、ある時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに基づいて、状態遷移確率記憶部131に記憶されている状態遷移確率 δ を更新する。また、確率更新手段160は、ある時刻における最尤推定の結果と、その時刻に出力された出力記号とに基づいて、出力記号観測確率記憶部132に記憶されている出力記号観測確率 ϕ を更新する。

【0046】

例えば、前時刻における最尤推定の結果で状態*i*にいと推定され、その次の時刻における最尤推定の結果で状態*j*にいと推定されたとする。この場合には、確率更新手段160は、状態*i*から状態*j*に遷移する確率を示す δ_{ij} の値を高くする。確率更新手段160は、 δ_{ij} の値の変更に合わせて他の δ の値も変更する。そして、変更した δ の値を状態遷移確率記憶部131に格納し、記憶されている状態遷移確率 δ を更新する。

【0047】

例えば、ある時刻における最尤推定の結果で状態*j*にいと推定され、かつ、出力記号*k*が出力されたとする。この場合には、確率更新手段160は、状態*j*において出力記号*k*を出力する確率を示す $\phi_j(k)$ の値を高くする。確率変更手段160は、 $\phi_j(k)$ の値の変更に合わせて他の ϕ の値も変更する。そして、変更した ϕ の値を出力記号観測確率記憶部132に格納し、記憶されている出力記号観測確率 ϕ を更新する。

【0048】

このような無線通信転送制御システムでは、事後確率の計算結果から最尤推定した結果や出力された出力記号に基づいて状態遷移確率 δ および出力記号観測確率 ϕ を、より現実に即した確率に補正することができ、無線端末においてフラッディングを行うべき状況か否かを、高精度で自律的に判断することができる。

【0049】

また、このような無線通信転送制御システムは、閾値*n*、状態遷移確率 δ および初期存在確率*I*を予め決定する要因が無く各確率の初期設定を所定の等確率にした場合に、状態遷移確率 δ および初期存在確率*I*を補正することができるので、特に有効である。

【0050】

なお、各実施形態における無線通信転送制御システムでは、隠れマルコフモデルを利用したが、ベイジアンネットワーク上で生成可能な、隠れマルコフモデルと等価なモデルを利用してもよい。

【0051】

また、上記の各実施形態において、各手段がそれぞれ別々のユニットで実現されていてもよい。

【0052】

図11は、本発明による無線通信端末の主要な処理を示すフローチャートである。図11のステップS11～13に示すように、無線通信端末（例えば、図1に示す無線端末100に相当）は、フラッディングを行う無線通信端末であって、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論するように構成されている。

【0053】

また、上記の各実施形態では、以下の（1）～（4）に示すような無線通信端末も開示されている。

【0054】

（1）所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段（例えば、図1に示すパケット数計測手段110に相当）と、パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段（例えば、図1に示す記号出力手段120に相当）と、記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段（例えば、図1に示す状態確率計算手段130に相当）と、状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段（例えば、図1に示す通信制御手段140に相当）とを備えた無線通信端末。

【0055】

（2）記号出力手段は、所与の時間間隔でパケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布（例えば、図4に示すポアソン分布に相当）において、パケット数計測手段に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値（例えば、第1の実施形態における閾値 $n\%$ に相当）以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する（例えば、第1の実施形態において記号出力手段120が t_1 または t_2 を出力する動作によって実現される。）無線通信端末。

【0056】

（3）状態確率計算手段は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率（例えば、状態遷移確率 δ に相当）として記憶する状態遷移確率部（例えば、図1に示す状態遷移確率記憶部131に相当）、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率（例えば、出力記号観測確率 ϕ に相当）として記憶する出力記号観測確率記憶部（例えば、図1に示す出力記号観測確率記憶部132に相当）、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率（例えば、初期存在確率 I に相当）を記憶する初期存在確率記憶部（例えば、図1に示す初期存在確率記憶部133に相当）を含み、状態確率計算手段は、状態の集合、出力記号の集合、状態遷移確率、出力記号観測確率および初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する（例えば、第1の実施形態において状態確率計算部134が事後確率 $p_i(t)$ を計算する動作によって実現される。）無線通信端末。

【0057】

（4）状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新手段（例えば、図10に示す確率更新手段160に相当）を含み、確率更新手段は、各時刻において状態確率計算手段によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する無線通信端末（例えば、第2の実施形態の無線通信転送制御

10

20

30

40

50

システムにおける無線通信端末 200 によって実現される。) 。

【0058】

また、上記の実施形態の一部または全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限定されない。

【0059】

(付記 1) フラッディングを行う無線通信端末であって、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論することを特徴とする無線通信端末。

10

【0060】

(付記 2) 所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段と、前記パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、前記記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、前記状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備えた付記 1 記載の無線通信端末。

20

【0061】

(付記 3) 記号出力手段は、所与の時間間隔でパケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測手段に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する付記 2 記載の無線通信端末。

【0062】

(付記 4) 状態確率計算手段は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算手段は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の 5 項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する付記 2 または付記 3 記載の無線通信端末。

30

【0063】

(付記 5) 状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新手段を含み、前記確率更新手段は、各時刻において状態確率計算手段によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する付記 4 記載の無線通信端末。

40

【0064】

(付記 6) 所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測部と、前記パケット数計測部によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力部と、前記記号出力部から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算部と、前記状態確率計算部によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御部とを備えた付記 1 記載の無線通信端末。

50

【0065】

(付記7) 記号出力部は、所与の時間間隔でパケット数計測部によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測部に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する付記6記載の無線通信端末。

【0066】

(付記8) 状態確率計算部は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算部は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力部から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する付記6記載の無線通信端末。

10

【0067】

(付記9) 状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新部を含み、

前記確率更新部は、各時刻において状態確率計算部によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する付記8記載の無線通信端末。

20

【0068】

(付記10) フラッディングを行う複数の無線通信端末が無線通信を行う無線通信転送制御システムであって、所定の各時刻において、個々の前記無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論することを特徴とする無線通信転送制御システム。

【0069】

(付記11) 無線通信端末は、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測手段と、前記パケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力手段と、前記記号出力手段から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算手段と、前記状態確率計算手段によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御手段とを備えた付記10記載の無線通信転送制御システム。

30

【0070】

(付記12) 記号出力手段は、所与の時間間隔でパケット数計測手段によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測手段に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する付記11記載の無線通信転送制御システム。

40

【0071】

(付記13) 状態確率計算手段は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算手段は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷

50

移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力手段から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する付記11または付記12記載の無線通信転送制御システム。

【0072】

(付記14) 無線通信端末は、状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新手段を含み、前記確率更新手段は、各時刻において状態確率計算手段によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する付記13記載の無線通信転送制御システム。

【0073】

(付記15) 無線通信端末は、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測するパケット数計測部と、前記パケット数計測部によって計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する記号出力部と、前記記号出力部から出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する状態確率計算部と、前記状態確率計算部によって計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する通信制御部とを備えた付記10記載の無線通信転送制御システム。

【0074】

(付記16) 記号出力部は、所与の時間間隔でパケット数計測部によって計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、前記パケット数計測部に計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する付記15記載の無線通信転送制御システム。

【0075】

(付記17) 状態確率計算部は、直前の状態から現在の状態への遷移確率である条件付き確率を状態遷移確率として記憶する状態遷移確率部、各状態における出力記号の出力確率である条件付き確率を出力記号観測確率として記憶する出力記号観測確率記憶部、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率を記憶する初期存在確率記憶部を含み、状態確率計算部は、状態の集合、出力記号の集合、前記状態遷移確率、前記出力記号観測確率および前記初期存在確率の5項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、記号出力部から出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する付記15記載の無線通信転送制御システム。

【0076】

(付記18) 無線通信端末は、状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する確率更新部を含み、前記確率更新部は、各時刻において状態確率計算部によって計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する付記17記載の無線通信転送制御システム。

【0077】

(付記19) フラッディングを行う無線通信端末によって実施される無線通信転送制御方法であって、所定の各時刻において、個々の前記無線通信端末が、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論することを特徴とする無線通信転送制御方法。

【0078】

(付記20) 所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測し、計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出

10

20

30

40

50

力し、前記出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算し、前記計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する付記 19 記載の無線通信転送制御方法。

【0079】

(付記 21) 所与の時間間隔で計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する付記 20 記載の無線通信転送制御方法。

10

【0080】

(付記 22) 状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の 5 項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する付記 20 または付記 21 記載の無線通信転送制御方法。

【0081】

(付記 23) 各時刻において計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する付記 22 記載の無線通信転送制御方法。

20

【0082】

(付記 24) フラッディングを行う無線通信端末に搭載されたコンピュータに、所定の各時刻において、当該無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを、隠れマルコフモデルに基づいて、周辺の無線通信端末からフラッディングされて受信したパケットであるフラッディングパケットの数から自律的に推論する処理を実行させるための無線通信転送制御プログラム。

【0083】

(付記 25) コンピュータに、所定の各時刻において、前時刻から現在時刻までのフラッディングパケットの数を計測する処理と、計測されたフラッディングパケット数の確率分布に基づいて出力記号を出力する処理と、前記出力された出力記号の列に対する事後確率として、無線通信端末の状態がフラッディングすべき状態とフラッディングすべきではない状態のどちらの状態にあるのかを示す確率を計算する処理と、前記計算された事後確率が、無線通信端末がフラッディングすべき状態にある確率がフラッディングすべきではない状態にある確率よりも高いことを示す場合に、フラッディングを行うように通信を制御する処理とを実行させるための付記 24 記載の無線通信転送制御プログラム。

30

【0084】

(付記 26) コンピュータに、所与の時間間隔で計測されたフラッディングパケット数の平均値に従うポアソン分布において、計測されたパケット数に対する上側累積確率および下側累積確率が、ともに所定の閾値以上を示すか否かによって、異なる出力記号を出力する処理を実行させるための付記 25 記載の無線通信転送制御プログラム。

40

【0085】

(付記 27) コンピュータに、状態の集合、出力記号の集合、直前の状態から現在の状態への遷移確率である状態遷移確率、各状態における出力記号の出力確率である出力記号観測確率、およびネットワークの運用開始時に各状態に存在する確率である初期存在確率の 5 項の組で示される隠れマルコフモデルを用い、出力記号の列が入力されたときに、事後確率を計算する処理を実行させるための付記 25 または付記 26 記載の無線通信転送制御プログラム。

【0086】

(付記 28) コンピュータに、各時刻において計算された事後確率から最も尤もらしい状態を最尤推定し、現在時刻における最尤推定の結果と、その前時刻における最尤推定の結

50

果とに応じて状態遷移確率および出力記号観測確率を更新する処理を実行させるための付記 27 記載の無線通信転送制御プログラム。

【0087】

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明の範囲内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

【0088】

この出願は、2009年5月18日に出願された日本特許出願2009-119934を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【産業上の利用の可能性】

10

【0089】

本発明にかかる無線通信転送制御方法を、無線通信システムを構成する電池駆動の無線端末によるアドホック通信処理に利用可能である。また、無線アドホックネットワークによるセンサネットワークシステム等の用途にも応用可能である。

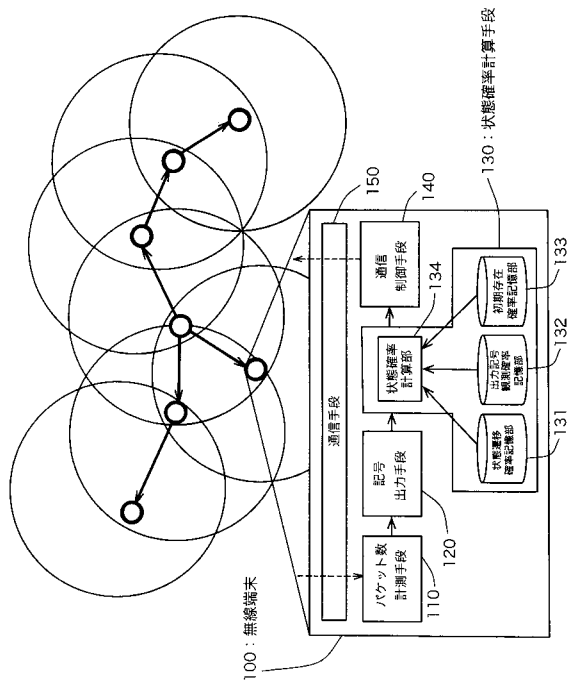
【符号の説明】

【0090】

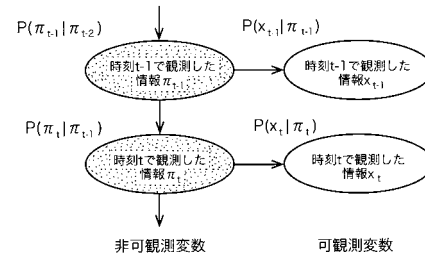
- 100, 200 無線端末
- 110 パケット数計測手段
- 120 記号出力手段
- 130 状態確率計算手段
- 131 状態遷移確率記憶部
- 132 出力記号観測確率記憶部
- 133 初期存在確率記憶部
- 134 状態確率計算部
- 140 通信制御手段
- 150 通信手段
- 160 確率更新手段

20

【図 1】



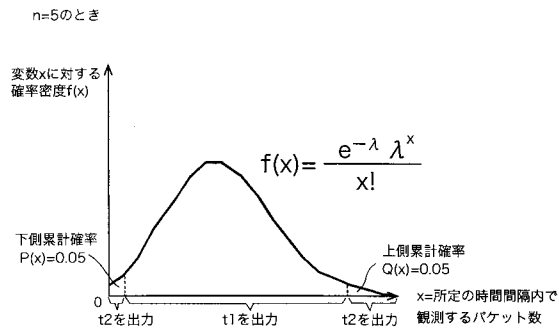
【図 2】



【図 3】

- S : 状態の有限集合.
 - T : 出力記号の有限集合.
 - $\delta: S \times S \rightarrow R$ $\delta(s, s')$ は状態 s から状態 s' への遷移確率.
各 s について $\sum_{s' \in S} \delta(s, s') = 1$.
 - $\psi: S \times T \rightarrow R$ $\psi(s, \alpha)$ は状態 s において記号 α を出力する確率.
各 s について $\sum_{\alpha \in T} \psi(s, \alpha) = 1$.
 - $l: S \rightarrow R$ $l(s)$ は実行開始時に状態 s に存在する確率. $\sum_{s \in S} l(s) = 1$.
- ※ R は実数の集合を表す

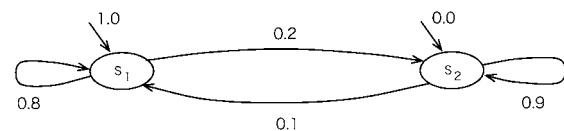
【図 4】



【図 5】

- $S = \{s_1, s_2\}$. s_1 : 平常, s_2 : 待機
- $T = \{t_1, t_2\}$. t_1 : ポアソン分布における上側累積確率 $Q(x)$, 下側累積確率 $P(x)$ がともに $n\%$ (たとえば $n=5$)以上のときに出力する記号
 t_2 : それ以外のときに出力する記号
- $\delta_{11}=0.8, \delta_{12}=0.2, \delta_{21}=0.1, \delta_{22}=0.9$ } δ_{ij} は状態 s_i から状態 s_j への状態遷移確率
- $\phi_{1(t1)}=0.8, \phi_{1(t2)}=0.2, \phi_{2(t1)}=0.4, \phi_{2(t2)}=0.6$ } $\phi_{i(j)}$ は状態 s_i で出力記号 j を観測する確率
- $l_1=1.0, l_2=0.0$

【図 6】



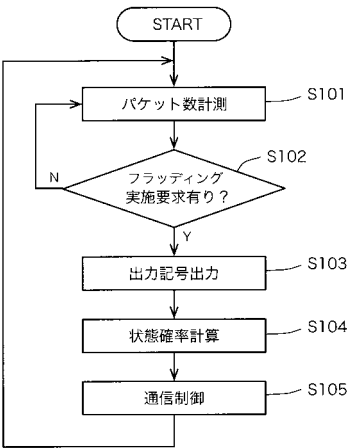
【図 7】

$$f_i(t) = P(x_1, \dots, x_t, \pi_t = s_i)$$
$$= P(x_t | \pi_t = s_i) \sum_{k=1}^n P(x_1, \dots, x_{t-1}, \pi_{t-1} = s_k) P(\pi_t = s_i | \pi_{t-1} = s_k)$$
$$= \psi_i(x_t) \sum_{k=1}^n f_k(t-1) \delta_{ki} \quad (1 \leq t),$$
$$f_i(0) = i_i.$$
$$p_i(t) = f_i(t) / P(x_1, \dots, x_t) = f_i(t) / (\sum_{k=1}^n f_k(t)).$$

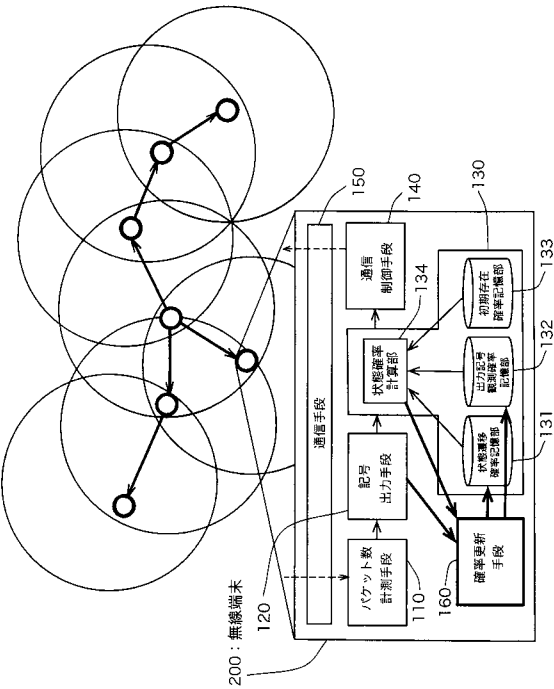
【図 8】

t	0	1	2	3	4	5
x_t		t1	t2	t2	t2	t1
$f_1(t)$	1	0.64	0.104	0.019	0.005	0.006
$f_2(t)$	0	0.08	0.12	0.077	0.044	0.016
$p_1(t)$	1	0.889	0.464	0.198	0.094	0.285
$p_2(t)$	0	0.111	0.536	0.802	0.906	0.715

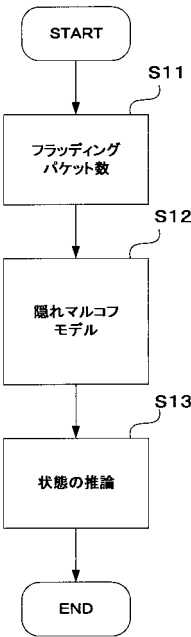
【図 9】



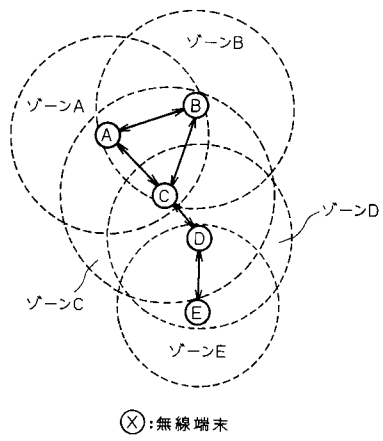
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2008-047984 (JP, A)

国際公開第 2007/082244 (WO, A1)

周防 高志 他, MANETにおける経路安定化と冗長パケット削減のための適応的フラッドイング制御方式, 電子情報通信学会論文誌, 日本, 社団法人電子情報通信学会 THE INSTITUTE OF ELECTRO, 2007年12月 1日, 第J90-B巻 第12号, p.1330-1336

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24-7/26

H04W 4/00-99/00