

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4643527号
(P4643527)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int.Cl.
H04L 12/56 (2006.01)

F I
H04L 12/56 I O O A

請求項の数 9 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2006-240215 (P2006-240215)	(73) 特許権者	399035766 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ 株式会社 東京都千代田区内幸町一丁目1番6号
(22) 出願日	平成18年9月5日(2006.9.5)	(74) 代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(65) 公開番号	特開2008-66843 (P2008-66843A)	(74) 代理人	100095500 弁理士 伊藤 正和
(43) 公開日	平成20年3月21日(2008.3.21)	(74) 代理人	100101247 弁理士 高橋 俊一
審査請求日	平成20年10月17日(2008.10.17)	(74) 代理人	100098327 弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ転送システム、データ転送方法、及びこれらに用いる転送装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の転送装置に2進数のノードIDを割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノードIDにおける1つのビットを反転させたノードIDを持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送システムであって、

各転送装置は、
各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノードIDを示すテーブルを記憶しておく記憶手段と、

使用を回避すべきリンクに関わる2つの転送装置のノードIDが反転するビットの桁数(次元数)を優先ビットとして記憶手段に記憶させておく優先ビット管理手段と、

端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDを前記テーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与する付与手段と、

他の転送装置から宛先ノードIDが付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノードIDを取得して記憶手段に記憶させる取得手段と、

自ノードIDと前記宛先ノードIDとの排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させる演算手段と、

付与又は受信して得た前記宛先ノードIDが付与されたデータを、前記演算結果が1となる最も小さい桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対し

10

20

て送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信する送信手段と、
を有することを特徴とするデータ転送システム。

【請求項2】

複数の転送装置に2進数のノードIDを割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノードIDにおける1つのビットを反転させたノードIDを持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送方法であって、

各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノードIDを示すテーブル、および使用を回避すべきリンクに関わる2つの転送装置のノードIDが反転するビットの桁数(次元数)を示す優先ビットを記憶手段に記憶した転送装置により、

端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDを前記テーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与するステップと、

他の転送装置から宛先ノードIDが付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノードIDを取得して記憶手段に記憶させるステップと、

自ノードIDと前記宛先ノードIDとの排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させるステップと、

付与又は受信して得た前記宛先ノードIDが付与されたデータを、前記演算結果が1となる最も小さい桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対して送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信するステップと、
を有することを特徴とするデータ転送方法。

【請求項3】

複数の転送装置に2進数のノードIDを割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノードIDにおける1つのビットを反転させたノードIDを持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送システムに用いられる転送装置であって、

各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノードIDを示すテーブルを記憶しておく記憶手段と、

使用を回避すべきリンクに関わる2つの転送装置のノードIDが反転するビットの桁数(次元数)を優先ビットとして記憶手段に記憶させておく優先ビット管理手段と、

端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDを前記テーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与する付与手段と、

他の転送装置から宛先ノードIDが付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノードIDを取得して記憶手段に記憶させる取得手段と、

自ノードIDと前記宛先ノードIDとの排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させる演算手段と、

付与又は受信して得た前記宛先ノードIDが付与されたデータを、前記演算結果が1となる最も小さい桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対して送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信する送信手段と、
を有することを特徴とする転送装置。

【請求項4】

直接接続されているリンクにおける障害の発生を検知して当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる検知手段と、

他の転送装置から障害が発生したリンクの次元数を含むデータを受信し、当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる受信手段と、

検知又は受信して得た前記リンクの次元数を、経由したリンクの数を示すホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびデータを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対して送信する送信手段と、を有し、

前記優先ビット管理手段は、受信して得た前記リンクの次元数を優先ビットとして記憶手段に記憶させることを特徴とする請求項3記載の転送装置。

【請求項5】

直接接続されているリンクにおける障害の発生を検知して当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる検知手段と、

検知して得た前記リンクの次元数を、1ホップ先にだけ転送する旨と併せて隣接する転送装置に対して送信する送信手段と、

他の転送装置から前記リンクの次元数および前記旨を含むデータを受信する受信手段と、

前記旨を受信した場合には、以降のデータ転送を停止する手段と、を有し、

前記優先ビット管理手段は、受信して得た前記リンクの次元数を優先ビットとして記憶手段に記憶させることを特徴とする請求項3記載の転送装置。

【請求項6】

前記検知手段は、リンクの利用率を監視し、利用率が記憶手段に予め記憶している閾値を超えたときに当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させることを特徴とする請求項4又は5記載の転送装置。

【請求項7】

全ての次元数が優先ビットになったときに、自ノードIDに対して全てのビットが反転しているノードIDをもつ転送装置に障害が発生したと判断する判断手段と、

障害発生と判断された転送装置のノードIDを他の転送装置に送信する送信手段と、

障害発生と判断された転送装置のノードIDを他の転送装置から受信する受信手段と、

判断又は受信して得た障害発生と判断された転送装置のノードIDを前記テーブルに反映させて抽出対象から除外する手段と、

を有することを特徴とする請求項3記載の転送装置。

【請求項8】

端末との間での直接的な接続／接続断を検知して当該端末のアドレスを前記テーブルに反映させる検知手段と、

他の転送装置から接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスを含むデータを受信して当該ノードIDおよび当該アドレスを前記テーブルに反映させる第2受信手段と、

検知又は受信して得た接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスを、経由したリンクの数を示すホップ数より大きい次元数のうちデータを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDを持つ転送装置に対して送信する第2送信手段と、

を有することを特徴とする請求項3記載の転送装置。

【請求項9】

前記テーブルは、端末が異なる転送装置に2重に接続される場合に、いずれの転送装置を優先させるかを示す種別も記録するものであって、

前記第2送信手段は、接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスに加えて前記種別を送信し、

前記第2受信手段は、当該ノードIDおよび当該アドレスに加えて当該種別を前記テーブルに反映させ、

前記付与手段は、前記テーブルからの抽出対象となるノードIDのうち、優先の種別がある方のノードIDを宛先ノードIDとして採用することを特徴とする請求項8記載の転

10

20

30

40

50

送装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、端末間でのデータ通信を中継するためのデータ転送技術に関する。

【背景技術】

【0002】

各端末にIPアドレスを割り振って通信を行うIP網では、各端末がネットワーク全体の経路、形態といったトポロジを表現したルーティング(経路選択)テーブルを保持し、それに基づきデータに宛先アドレス等を示すIPヘッダを付与してパケットとし、これを送受信する。そして端末間の送受信をルータが中継する。このようなIP網においては、任意のトポロジを構成できる反面、経路の学習が必要であり、故障発生時には経路の再学習が必要となり、経路の切り替えに時間がかかるという問題があった。

10

【0003】

また、近年は、ルータにおいてIPヘッダに代えて「ラベル」とよばれる識別情報を用いることで、より大容量化・高速化を図るMPLS(Multi Protocol Label Switching)が知られている。MPLSでは、通常時に利用する経路の他に、故障時に利用する予備経路を予め設定することが可能である。また、リンクの利用率が高くなるとパケットロスが発生し易くなるところ、MPLSは、リンクの利用率からパケットロスによる障害発生を予測する機能を有しており、故障の未然防止、予防保全に役立てることが可能である。なお、本願に関する公知文献としては次のものがある。

20

【非特許文献1】青山友紀，“MPLSとフォトリックGMPLS”，電気通信協会，2003年12月15日

【非特許文献2】Y. Saad, M.H.Schultz, etc., "Topological Properties of Hypercubes", IEEE Transactions on computers, Vol.37, No.7, July, 1998

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、MPLSでは、経路の正常性監視の間隔が大きく、経路断の検知に時間がかかるため、故障発生時には予備経路が設定されているにも関わらず復旧までに相応の時間を要することになる。そこで、MPLSでは、レイヤ2からの警報を元に、断検知された経路を高速に迂回するFRR(First ReRoute)が実現されている。

30

【0005】

ところが、FRRでは、迂回用の予備経路は、通常経路の断検知された部分の終端ノードをその終端ノードとして設定する必要があり、利用効率といった面からの最適な経路での迂回が困難である。このため、ネットワークの一部にしか適用しないか、もしくは物理的なトポロジをFRRで迂回経路の設定し易い形態に限定しなければならない。

【0006】

また、リンクの利用率からパケットロスによる障害が予測された場合には、運用者の操作によって、その障害が予測されたリンク上の起点となるノードからの迂回経路を確立する必要があり、この際に利用率の高いリンクを避けて経路を設定することも必要であり、運用上の手間がかかるという問題がある。

40

【0007】

また、MPLSでは、端末と直接的に通信するルータに故障が発生した場合、次候補の経路学習や、学習した経路をネットワーク全体に通知させてルーティングテーブルの更新を行う動作が必要となるため、迅速な迂回措置が困難である。特に、そのルータが異なる2つの端末と直接的に接続される二重帰属となっていた場合には、その学習には更に時間がかかることになる。

【0008】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、経路に障害が

50

発生したときに、運用者の手間を煩わせることなく迅速な経路の迂回措置を可能にする
とにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の本発明に係るデータ転送システムは、複数の転送装置に2進数のノードIDを割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノードIDにおける1つのビットを反転させたノードIDを持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送システムであって、各転送装置は、各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノードIDを示すテーブルを記憶しておく記憶手段と、使用を回避すべきリンクに関わる2つの転送装置のノードIDが反転するビットの桁数(次元数)を優先ビットとして記憶手段に記憶させておく優先ビット管理手段と、端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDを前記テーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与する付与手段と、他の転送装置から宛先ノードIDが付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノードIDを取得して記憶手段に記憶させる取得手段と、自ノードIDと前記宛先ノードIDとの排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させる演算手段と、付与又は受信して得た前記宛先ノードIDが付与されたデータを、前記演算結果が1となる最も小さい桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対して送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

【0010】

本発明にあつては、転送装置が端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDをテーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与することで、端末間の通信の中継に、自ノードIDと宛先ノードIDの排他的論理和演算によって転送先を決定するハイパーキューブネットワークを適用可能にする。

【0011】

また、使用を回避すべきリンクの次元数を優先ビットとして設定しておき、データ転送時に優先ビットがある場合には、排他的論理和演算の結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつ転送装置に対してデータを転送することで、使用を回避すべきリンクを保持する転送装置にデータが転送される前に当該リンクの次元数にデータを送り、当該リンクを迂回した上で宛先の転送装置にデータを転送する。このように、転送先を自律的に変更することで、途中経路の設計・管理を行う必要がなく、運用者の手間を不要にすることができる。また、経路の学習が不要であり、障害のあるリンクを迅速に迂回することができる。ここで「使用を回避すべきリンク」とは、障害が発生したリンクの他、工事等を考慮して運用者が設定したリンクも含むものである。

【0012】

第2の本発明に係るデータ転送方法は、複数の転送装置に2進数のノードIDを割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノードIDにおける1つのビットを反転させたノードIDを持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送方法であって、各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノードIDを示すテーブル、および使用を回避すべきリンクに関わる2つの転送装置のノードIDが反転するビットの桁数(次元数)を示す優先ビットを記憶手段に記憶した転送装置により、端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノードIDを前記テーブルから抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与するステップと、他の転送装置から宛先ノードIDが付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノードIDを取得して

記憶手段に記憶させるステップと、自ノード I D と前記宛先ノード I D との排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させるステップと、付与又は受信して得た前記宛先ノード I D が付与されたデータを、前記演算結果が 1 となる最も小さい桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置に対して送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が 1 となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信するステップと、を有することを特徴とする。

【0013】

第 3 の本発明に係る転送装置は、複数の転送装置に 2 進数のノード I D を割り振り、各転送装置と当該転送装置の自ノード I D における 1 つのビットを反転させたノード I D を持つ他の転送装置との間でリンクが形成されるハイパーキューブネットワークにより端末間でのデータ通信を中継するデータ転送システムに用いられる転送装置であって、各端末のアドレスと端末が接続されている転送装置のノード I D を示すテーブルを記憶しておく記憶手段と、使用を回避すべきリンクに関わる 2 つの転送装置のノード I D が反転するビットの桁数(次元数)を優先ビットとして記憶手段に記憶させておく優先ビット管理手段と、端末から直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末と直接的に通信する転送装置のノード I D を前記テーブルから抽出し、宛先ノード I D としてデータに付与する付与手段と、他の転送装置から宛先ノード I D が付与されたデータを受信した場合に、その宛先ノード I D を取得して記憶手段に記憶させる取得手段と、自ノード I D と前記宛先ノード I D との排他的論理和を演算し、その演算結果を記憶手段に記憶させる演算手段と、付与又は受信して得た前記宛先ノード I D が付与されたデータを、前記演算結果が 1 となる最も小さい桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置に対して送信するか、前記優先ビットがある場合には前記演算結果が 1 となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置であって前記使用を回避すべきリンクに接続されていない転送装置に対して送信する送信手段と、を有することを特徴とする。

【0014】

上記転送装置は、直接接続されているリンクにおける障害の発生を検知して当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる検知手段と、他の転送装置から障害が発生したリンクの次元数を含むデータを受信し、当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる受信手段と、検知又は受信して得た前記リンクの次元数を、経由したリンクの数を示すホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびデータを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置に対して送信する送信手段と、を有し、前記優先ビット管理手段は、受信して得た前記リンクの次元数を優先ビットとして記憶手段に記憶させることを特徴とする。

【0015】

本発明にあつては、障害が発生したリンクの次元数を他の転送装置に送信する際に、経由したリンクの数を示すホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびパケットを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノード I D に対して反転しているノード I D をもつ転送装置に対して送信することで、1 つの転送装置に対して重複してデータが送信されないようにして、ネットワークの効率的な利用を図る。

【0016】

上記転送装置は、直接接続されているリンクにおける障害の発生を検知して当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させる検知手段と、検知して得た前記リンクの次元数を、1 ホップ先にだけ転送する旨と併せて隣接する転送装置に対して送信する送信手段と、他の転送装置から前記リンクの次元数および前記旨を含むデータを受信する受信手段と、前記旨を受信した場合には、以降のデータ転送を停止する手段と、を有し、前記優先ビット管理手段は、受信して得た前記リンクの次元数を優先ビットとして記憶手段に記憶させることを特徴とする。

【0017】

本発明にあっては、障害が発生したリンクの次元数を他の転送装置に送信する際に、障害発生を検知した転送装置から1ホップ先の転送装置にだけ送信することで、全ての転送装置に送信した場合に比べてネットワークを効率的に利用することができる。

【0018】

上記転送装置において、前記検知手段は、リンクの利用率を監視し、利用率が記憶手段に予め記憶している閾値を超えたときに当該リンクの次元数を記憶手段に記憶させることを特徴とする。

【0019】

本発明にあっては、リンクの利用率が多くなるとパケットロスが生じ易くなることから、リンクの利用率が閾値を超えたときに障害が発生したときと同様に処理させることで、混んでいるリンクを自律的に迂回して転送でき、パケットロスの発生を抑え、ネットワークを効率的に利用することができる。

10

【0020】

上記転送装置は、全ての次元数が優先ビットになったときに、自ノードIDに対して全てのビットが反転しているノードIDをもつ転送装置に障害が発生したと判断する判断手段と、障害発生と判断された転送装置のノードIDを他の転送装置に送信する送信手段と、障害発生と判断された転送装置のノードIDを他の転送装置から受信する受信手段と、判断又は受信して得た障害発生と判断された転送装置のノードIDを前記テーブルに反映させて抽出対象から除外する手段と、を有することを特徴とする。

20

【0021】

本発明にあっては、全ての次元が優先ビットになった転送装置においては、自ノードIDに対して全てのビットが反転しているノードIDをもつ転送装置に障害が発生したと判断する。そして、その情報を各転送装置のテーブルに反映させて宛先ノードIDの抽出対象から除外することで、障害のある転送装置へはデータを転送しないようにして、ネットワークの効率的な利用を図る。

【0022】

上記転送装置は、端末との間での直接的な接続／接続断を検知して当該端末のアドレスを前記テーブルに反映させる検知手段と、他の転送装置から接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスを含むデータを受信して当該ノードIDおよび当該アドレスを前記テーブルに反映させる第2受信手段と、検知又は受信して得た接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスを、経由したリンクの数を示すホップ数より大きい次元数のうちデータを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDを持つ転送装置に対して送信する第2送信手段と、を有することを特徴とする。

30

【0023】

本発明にあっては、端末との接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスを各転送装置が通知し合ってそれぞれのテーブルに反映させることで、接続検知の場合にはデータ転送時にそのノードIDを宛先ノードIDとして抽出可能にするとともに、接続断検知の場合には抽出対象から除外してネットワークの効率的な利用を図る。

40

【0024】

上記転送装置において、前記テーブルは、端末が異なる転送装置に2重に接続される場合に、いずれの転送装置を優先させるかを示す種別も記録するものであって、前記第2送信手段は、接続／接続断を検知した転送装置のノードIDおよび検知された端末のアドレスに加えて前記種別を送信し、前記第2受信手段は、当該ノードIDおよび当該アドレスに加えて当該種別を前記テーブルに反映させ、前記付与手段は、前記テーブルからの抽出対象となるノードIDのうち、優先の種別がある方のノードIDを宛先ノードIDとして採用することを特徴とする。

【0025】

50

本発明にあっては、端末が異なる転送装置に2重に接続される2重帰属の場合に、優先の種別を各転送装置が通知し合ってそれぞれのテーブルに反映させ、データ転送時には優先種別がある方のノードIDを宛先ノードIDとして採用することで、適切なデータ転送を可能にする。

【発明の効果】

【0026】

本発明によれば、経路に障害が発生したときに、運用者の手間を煩わせることなく迅速に経路迂回の措置を取ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

10

[基本構成]

図1は、一実施の形態におけるデータ転送システムの全体的な概略構成を示す図である。同図に示すように、本システムは、端末A, B, C間のデータ通信をハイパーキューブネットワーク(HCN)で中継するものである。図2(a)に示すように、HCNでは、複数のHCNノードに2進数のノードIDをそれぞれ割り振り、各HCNノードと自ノードIDの1つのビットを反転させたノードIDを持つ他のHCNノードとの間でリンクが形成される。図2(a)では、一例としてノードID(000)-(111)がそれぞれ割り振られた8個のHCNノード1-8を示す。また、図2(b)に示すように、各HCNノードは3次元のリンクを持つ。各HCNノードは、HCN用に3つのポート11, 12, 13を備え、これらのポートに他のHCNノードが接続される。図2(a)では、HCNノード1のノードIDは(000)であり、1桁目(1次元目)のビットを反転させた(001)のノードIDを持つHCNノード2がポート11に接続され、2桁目(2次元目)のビットを反転させた(010)のノードIDを持つHCNノード3がポート12に接続され、3桁目(3次元目)のビットを反転させた(100)のノードIDを持つHCNノード4がポート13に接続される。他のHCNノードについても同様である。

20

【0028】

そして、図1に示すように、HCNノード1, 5, 8は、端末用にポート1, 2を備える。HCNノード1にはアドレスaを持つ端末Aがポート1を通じた外部リンクによって接続され、HCNノード5にはアドレスbを持つ端末Bがポート2を通じた外部リンクによって接続されると共にアドレスcを持つ端末Cがポート1を通じた外部リンクによって接続され、HCNノード8にはアドレスbを持つ端末Bがポート1を通じた外部リンクによって接続される。端末Bは、HCNノード5よりもHCNノード8との通信を優先する。このように1つの端末が異なる2つのHCNノードに帰属することを2重帰属と呼び、優先的に利用する外部リンクをプライマリ(Primary)、優先しない方をバックアップ(Back up)と呼ぶものとする。

30

【0029】

ここで、端末とは、HCN外のアドレス(例えばIPアドレス)を持つ装置のことをいい、サーバ、ルータが相当する。HCNノードは、本願の転送装置であり、HCNを構成するルータや伝送装置に相当する。HCNリンクは、HCNノード同士を接続するリンクである。外部リンクは、端末とHCNノードを接続するリンクである。

40

【0030】

次に、本実施形態で適用するHCNにおける経路決定手順について図3を用いて説明する。各HCNノードでは、自ノードIDと宛先ノードIDとの排他的論理和を演算し、その演算結果が1となる最も小さい桁数に対応するリンクヘデータを転送する。

【0031】

ここでは、ノードID(000)のHCNノード1からノードID(111)のHCNノード8へデータを転送する例で説明する。まず、HCNノード1では、宛先ノードID(111)と自ノードID(000)との排他的論理和は(111)となり、演算結果が1となる最も小さい桁数は1桁目であるので、1次元目のリンクヘデータを転送する。これを受けたHCNノード2では、宛先ノードID(111)と自ノードID(001)の排他的論理和は(110)となり、演算結

50

果が1となる最も小さい桁数は2桁目であるので、2次元目のリンクヘデータを転送する。これを受けたHCNノード5では、宛先ノードID(111)と自ノードID(011)の排他的論理和は(100)となり、演算結果が1となる最も小さい桁数は3桁目であるので、3次元目のリンクヘデータを転送する。この結果、データはHCNノード8に転送される。

【0032】

本システムは、上記HCNの適用に際し、リンクの故障発生時に、それを検知したHCNノードから他のHCNノードに通信不能の次元を通知し、その通知を受信したHCNノードがデータ転送を行う際には、障害のあるリンクを保持するHCNノードにデータが転送される前に当該リンクの次元数に優先的にデータを転送することで、最短経路を担保できるようにしたものである。

【0033】

続いて、HCNノード(転送装置)の内部構成について図4を用いて説明する。同図に示すように、HCNノードは、外部転送テーブル1、HCN転送テーブル2、HCNリンク管理テーブル3、優先ビット4、オペレーションシステム(OPS)IF部5、リンク状態検知部6、外部パケット受信部7、HCN側送信部8、HCN側受信部9、外部パケット送信部10、ノード制御部11、複数の受信ポート及び送信ポートを有する。外部転送テーブル1、HCN転送テーブル2、HCNリンク管理テーブル3、優先ビット4はHDD、メモリ等の記憶装置に読み出し可能に記憶される。また、各部において処理された結果も記憶装置に読み出し可能に記憶される。各テーブルの構成及び各部の概略的な機能は次の通りである。

【0034】

外部転送テーブル1は、HCN外の端末が接続される自HCNノードのポート番号と、その通信状態(通信可能はUp、通信不能はDown)を記録したものである。外部転送テーブル1は、HCNノードが端末へパケットを送信する際に、どのポートへ転送するかを判断するために利用される。図5に、HCNノード1が保持する外部転送テーブルの例を示す。この外部転送テーブルでは、ポート番号、端末のアドレス、通信状態が関連付けられている。#はコメント行を示す。

【0035】

HCN転送テーブル2は、各HCNノードにどの端末が属しているかを記録したものである。各HCNノードがパケットを受信した際に、宛先端末に接続されているHCNノードのノードID(宛先ノードID)を検索するために利用される。図6に、HCNノード1が保持するHCN転送テーブルの例を示す。このHCN転送テーブルでは、HCNノードID、端末のアドレス、2重帰属時のPrimary/Backupの種別が関連付けられている。

HCNリンク管理テーブル3は、自身のポートに接続されているリンクが、HCNのどの次元に対応しているかということと、その通信状態(Up/Down)を記録したものである。図7にHCNノード1が保持するHCNリンク管理テーブルの例を示す。このHCNリンク管理テーブルでは、ポート番号、次元数、通信状態が関連付けられている。

【0036】

優先ビット4は、いずれかのリンクに障害が発生した場合に、排他的論理和の演算結果で1となったビットのうち、どのビットを優先させるかを記録したものである。本実施形態のように3次元のHCNを対象とする場合には3ビットで表される。優先ビット4は、HCN内でいずれかのリンクに障害が発生したことが通知されたときに変更される。また、OPS等からのコマンド入力によっても変更可能である。

【0037】

OPSIF部5は、オペレーションシステムとデータや制御コマンド等の情報のやり取りを行う。

【0038】

リンク状態検知部6は、当該HCNノードが利用しているリンクの状態を監視し、障害の発生を検知する。ケーブルの接続／撤去、通信断、バッファ溢れによるパケットロス等を検知した場合にはHCN側送信部8へ処理を移す。また、外部端末の接続／接続断を検

10

20

30

40

50

知した場合には外部転送テーブル1の更新を行う。通信断の判断は、常に監視用のパケット若しくは信号を隣接のHCNノードと送受信しあい、送受信の状態が予め設定された判定基準を超えた場合に通信断とみなす。判定基準としては、例えば監視用パケットが連続していくつクロスしたか、或いはどれだけの期間に渡って監視用信号を確認できなかったか等を用いる。これらの設定値は設定情報として記憶装置に記憶しておき、ノード制御部11により読み書きを管理する。また、リンク利用率の閾値についても設定情報として記憶しておき、単位時間当たりのデータ転送量から算出した実際のリンク利用率と閾値とを比較し、リンク利用率が閾値を超えた場合には、そのリンクの次元数を記憶装置に記憶させる。

【0039】

10

外部パケット受信部7は、HCN経由判定部71により、HCN外の端末から送られてきたパケットを受信し、その受信パケットに含まれている宛先端末のアドレス(宛先アドレス)を元に、HCN転送テーブル2を参照して、宛先端末が接続されているHCNノードの宛先ノードIDを取得する。そして、ラベル付与部72により、宛先ノードIDをHCNラベルとして受信パケットに付与した上でHCN側送信部8へ処理を移す。この動作によって、端末間の既存の通信ネットワークに対してHCNを適用することが可能となる。また、HCN転送テーブル2に宛先アドレスの記録がない場合には、外部パケット送信部10に対してエラーメッセージ送信の指示を行う。

【0040】

HCNラベルは、図8に示すように、データ部に付与されるものであり、制御ビット、制御データ、宛先ノードIDから構成される。制御ビットは、通常のデータ転送、リンクに障害が発生したときにこれを1ホップ先のHCNノードに通知するアラーム転送、リンクに障害が発生したときにこれを全てのノードに通知する広告といった3種の通信モードを識別するために利用される。データ部は、外部端末から受信したパケットそのものであり、送信元端末のアドレス、宛先端末のアドレス、送信元端末が送信したデータが含まれる。また、データ部には、アラーム転送時又は広告時には制御用のデータが格納される。

20

【0041】

制御ビットの値の例は次の通りである。

【0042】

(0000)：通常のデータ通信

(0001)：アラーム転送

(0010)：広告

30

制御データには、広告を行う際にHCNの次元数、ホップ数を格納する。次元数は本実施形態では3である。ホップ数は、経由したリンクの数である。制御データのフォーマットを図9に例示する。また、アラーム転送時又は広告時のデータ部を図10に例示する。

【0043】

HCN側送信部8は、他のHCNノードに対してパケットを転送するものであり、広告送信部81、アラーム転送部82、優先ビット管理部83、エラー送信部84、XOR計算部85、送信リンク決定部86を有する。XOR計算部85により、宛先ノードIDと自ノードIDとの排他的論理和(XOR)を演算する。送信リンク決定部86により、優先ビットのビット列を参照して優先すべき転送次元があるか否かを判定し、あった場合には該当する次元に対応するリンクをデータ転送先として決定する。優先すべき転送次元がない場合や複数の優先転送先があった場合には、排他的論理和演算の結果が1となったビットのうち最小の桁のビットに対応するリンクをデータ転送先として決定する。優先するリンクの状態がDownの場合は次候補を検索する。

40

【0044】

送信リンク決定部86の具体的な処理について次に説明する。ここでは優先ビットを次のように定める。

【0045】

(000)：リンクに障害が発生していないときに使用されるものであり、最小ビットを優

50

先させる。

【0046】

(010)：2次元のリンクがいずれかのHCNノードで不能となっている場合に使用されるものであり、2ビット目を優先させる。

【0047】

(100)：3次元目のリンクがいずれかのHCNノードで不能となっている場合に使用されるものであり、3ビット目を優先させる。

【0048】

(011)：1，2次元目のリンクがいずれかのHCNノードで不可能となっている場合に使用されるものであり、1ビット目、2ビット目の順で優先させる。

10

【0049】

例えば、XOR計算部85の計算結果が(011)となった場合、1次元目と2次元目のどちらに対応するリンクを転送先としても良いところであるが、送信リンク決定部86は次のように動作する。

【0050】

(000)の優先ビットでは、優先的に転送する次元がないため、最小次元の1次元目のリンクを転送先に決定する。但し、HCNリンク管理テーブル3を参照して1次元目のリンク状態がDownの場合は2次元目のリンクを転送先とする。

【0051】

(010)の優先ビットでは、2次元目のリンクを転送先に決定する。但し、HCNリンク管理テーブル3を参照して2次元目のリンク状態がDownの場合は1次元目のリンクを転送先に決定する。また、2，1次元目のリンク状態が共にDownの場合には転送が可能な3次元目のリンクを転送先に決定する。

20

【0052】

(100)の優先ビットでは、3次元目を優先させるところであるが、XORの演算結果から3次元目のリンクへの転送は不要と判断できるので、3次元目への優先的な転送は行わず、最小次元である1次元目のリンクを転送先に決定する。

【0053】

(011)の優先ビットでは、通信状態がUpとなっている転送可能な最小次元のリンク(1次元目)を転送先に決定する。

30

【0054】

広告送信部81に処理がきた場合には、障害発生を他のHCNノードに通知するために、制御ビットを(0010)に設定した上で、障害が発生したリンクの次元数を、ホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびパケットを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDを持つ転送装置に対して送信する。ホップ数がHCN次元数に到達している場合には転送処理を終了する。

【0055】

また、優先ビットが(111)となった場合は、自ノードIDのビット列が全て反転しているノードIDをもつHCNノードに障害が発生したと判断し、HCN転送テーブル2から該当するノードの情報を削除すると共に、障害が発生したHCNノードのID等をデータに付加して広告送信を行う。

40

【0056】

アラーム転送部82に処理がきた場合には、基本的には広告送信部81と同様の処理を行うが、制御ビットを(0001)に設定し、データ転送が1ホップ先で止まるように処理する。

【0057】

優先ビット管理部83に処理がきた場合には、広告時又はアラーム転送時においてデータ部に保持されている通信不可の次元を取得し、当該次元数を優先ビットに設定する。例えば、優先ビットが(000)の状態、2次元目へのシフトが不可であるというアラームを

50

受信した場合には、優先ビットを(010)に変更する。

【0058】

H C N側受信部9は、制御ビット判断部91と宛先判定部92を有する。H C N側受信部9は、他のH C Nノードから転送されてきたパケットを受信し、制御ビット判断部91により、制御ビットの値から通常のデータ転送、広告、アラーム転送のいずれであるかを判断し、次に行う処理を決定する。宛先判定部92は、受信したパケットに含まれる宛先ノードIDから宛先となるH C NノードのノードIDを判定する。

【0059】

通常のデータ転送の場合は、宛先ノードIDが自ノードIDのときは外部パケット送信部10へ処理を移す。宛先ノードIDが自ノードIDでないときはH C N側送信部8へ処理を移す。

10

【0060】

広告の場合は、H C N側送信部8の広告送信部81へ処理を移す。そして、データ部を解析し、その情報に応じて次の動作を行う。外部リンクのUp/Downの変化を通知するものである場合には、その情報を外部転送テーブル1、H C N転送テーブル2に反映させる。H C N内でのリンク断の場合には、アラーム転送部82へ処理を移す。H C N内でのノード断の場合には、H C N転送テーブル2から該当する断ノードの情報を削除する。

【0061】

H C Nアラーム転送の場合は、優先ビット管理部83へ処理を移す。

【0062】

20

外部パケット送信部10は、ラベル削除部101により、受信したパケットからH C Nラベルを削除した後、送信リンク決定部102により、データ部から端末の宛先アドレスを取得し、外部転送テーブル1を参照して転送先ポートを決定し、宛先アドレスへ向けてH C N外へパケットを転送する。また、外部パケット受信部7からのエラーメッセージ送信の指示を受けた場合は、エラー送信部103により、端末に対してエラーメッセージの送信を行う。

【0063】

ノード制御部11は、Op Sからのコマンド受付や、各種テーブルの更新、閾値やH C N内リンク断検知時に広告するか、アラーム転送するかといった設定情報等、ノードの制御に必要な情報を管理する。なお、設定情報は運用者が設定を行うこともある。

30

【0064】

[通常のデータ転送時の動作]

次に、本システムにおける通常のデータ転送時の動作について説明する。ここでは一例として、端末Aが端末Bにデータを送信するケースで説明する。前提として、各H C Nノードは、外部転送テーブル1、H C N転送テーブル2、H C Nリンク管理テーブル3が正しく構築されているものとする。また、障害等は発生しておらず優先すべきリンクは無い、すなわち優先ビットが(000)であるものとする。

【0065】

<Step 1>: H C Nノード1(起点ノード)では以下の処理を行う。

【0066】

40

(1)外部パケット受信部7により、端末Aからパケットを受信し、H C N経由判定部71により、受信したパケットの宛先アドレスbを取得し、アドレスbを元にH C N転送テーブル2を検索してアドレスbの端末が接続されているH C NノードのノードIDは(111)である事を判断し、ラベル付与部72へ処理を移す。このとき、宛先の端末が2重帰属の時は2つのノードIDを取得できるが、プライマリ(Primary)の種別が付いているノードIDを優先する。

【0067】

(2)ラベル付与部72では、制御ビットとして通常データ送信を示す(0000)、制御データとして全て(0)、宛先ノードIDとして(111)を設定したH C Nラベルをパケットに付加し、H C N側送信部8に処理を移す。

50

【0068】

(3)HCN側送信部8のXOR計算部85では、宛先ノードID(111)と自ノードID(000)のXOR演算を行い、(111)の結果を得る。

【0069】

(4)送信リンク決定部86では、優先ビットを参照し、優先的に転送すべき次元が無く、XOR演算で得られた結果が1となっている最下位の桁数が1であることから転送すべき先は1次元目に対応するリンクであると判断し、HCNリンク管理テーブル3から該当次元数のリンクが接続されているポートが11番である事を取得し、そこへパケットを送出する。これにより、HCNノード2へパケットが転送される。図11にHCN内を流れるパケットの例を示す。

10

【0070】

<Step 2>: HCNノード2(経由ノード)では以下の処理を行う。

【0071】

(5)HCN側受信部9により、パケットを受信し、そのHCNラベルを解析する。制御ビット判断部91により、HCNラベルから制御ビットを取得し、取得結果(0000)から通常のデータ転送と判断し、宛先判定部92により、宛先ノードID(111)を取得する。宛先ノードIDが自身のノードIDではないため、処理をHCN側送信部8に移す。

【0072】

(6)HCN側送信部8では、XOR計算部85により、宛先ノードID(111)と自身のノードID(001)のXOR演算を行い、(110)の結果を得る。

20

【0073】

(7)送信リンク決定部86では、優先ビットを参照し、優先的に転送すべき次元が無く、XOR演算で得られた結果で1となっている最下位の桁数が2であることから次に転送すべき先は2次元目に対応するリンクであると判断し、HCNリンク管理テーブル3から該当次元数のリンクが接続されているポートが12番である事を取得し12番ポートにパケットを送出する。これにより、HCNノード5にパケットが転送される。

【0074】

HCNノード5においても同様の処理を行うことで、HCNノード8にパケットが転送される。

【0075】

30

<Step 3>: HCNノード8(終点ノード)では以下の処理を行う。

【0076】

(8)HCN側受信部9により、パケットを受信し、そのHCNラベルを解析する。制御ビット判断部91により、HCNラベルから制御ビットを取得し、取得結果(0000)から通常のデータ転送と判断し、宛先判定部92により、宛先ノードID(111)を取得する。宛先ノードIDが自身のノードIDに一致するので外部パケット送信部10に処理を移す。

【0077】

(9)外部パケット送信部10では、ラベル削除部101によりパケットからHCNラベルを削除する。送信リンク決定部102により、データ部から端末Bの宛先アドレスbを取得し、外部転送テーブル1からアドレスbがポート1に接続されていることを判断し、ポート1にパケットを送出する。以上の一連の処理により、端末Aが送信したパケットがHCNを経由して端末Bへ転送される。

40

【0078】

[HCN内にリンク障害が発生したときの広告動作]

HCN内にリンク障害が発生した場合は、これをHCN内の全てのHCNノードに通知する広告と、隣接するノードにだけ通知するアラーム転送の2つの動作がある。ここでは広告動作について、図12に示すようにHCNノード5と8の間にリンク障害が発生した場合を例に説明する。

【0079】

広告は、全てのHCNノードにリンク障害の発生を伝えるものであるが、1つのHCN

50

ノードに重複して伝えることがないように、各HCNノードでは、ホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびパケットを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDを持つ転送装置に対してパケットを送信する。ホップ数がHCN次元数に到達した場合には転送処理を終了する。具体的には次のように動作する。

【0080】

<Step 1>: HCNノード5, 8が3次元目のリンク障害を検知し、当該リンクの次元数をデータとして他のHCNノードに対して広告する。

【0081】

(1)HCNノード8の動作

リンク状態検知部6により、HCNノード5との間のリンクに障害発生を検知したときに、そのポート番号からHCNリンク管理テーブル3を参照して断リンクの次元数(3)を把握すると共に、HCNノード5への通信状態をDownに変更する。そして、設定情報から広告を行う事を判断してHCN側送信部8の広告送信部81へ処理を移す。図13にHCNリンク管理テーブルの変更状態を示す。

【0082】

広告送信部81では、制御ビットとして広告を示す(0010)、制御データとしてホップ数(1)、HCN次元数(3)、データ数、総データ長、データとしてメッセージIDにリンク断転送を示す(0000)、自身のノードID(111)、障害が発生したリンクの次元数(3)をセットする。そして、HCNリンク管理テーブル3で通信状態がUpとなっているポート(1,2次元目)にパケットを送出する。これにより、HCNノード6, 7に広告用のパケットが送信される。図14にパケット、図15にデータ的具体例を示す。

【0083】

(2)HCNノード5の動作

HCNノード8と同様の動作を行う。これにより、HCNノード2, 3に広告用のパケットが送信される。

【0084】

<Step 2>: HCNノード2, 3, 6, 7は、広告されてきたパケットを受信し、パケットに含まれている障害発生リンクの次元数に基づいて優先ビットを変更する。HCNノード3, 7は広告を続け、HCNノード2, 6は次の転送先が無いため処理を終了する。

【0085】

(3)HCNノード7の動作

HCN側受信部9によりパケットを受信し、制御ビット判断部91によりパケットに含まれる制御ビットから広告パケットであると判断し、広告送信部81へ処理を移す。

【0086】

広告送信部81では、HCNラベルの制御データから、ホップ数(1)、HCN次元数(3)を取得し、データ部から、HCN内リンク断転送である事と、断したリンクの次元数(3次元目)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(1次元目)を除く次元数に対応するリンクに対して、ホップ数を1増加させた上でパケットを転送する。ここでは2次元目のリンクが該当するため、2次元目のリンクに対応するHCNノード4に転送する。

【0087】

優先ビット管理部83では、取得された断リンクの次元数(3)を優先するように優先ビットを(100)に変更する。図16に優先ビットの変更状態を示す。

【0088】

(4)HCNノード3の動作

基本的にHCNノード7と同様に動作する。但し、転送先に該当する2次元目のリンクに対応するのはHCNノード1であるので、HCNノード1に対してパケットを転送する。

10

20

30

40

50

【0089】

(5)HCNノード6の動作

基本的にHCNノード7と同様に動作する。但し、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除いた次元数に対応するリンクがないため、ここで広告処理を終了する。

【0090】

(6)HCNノード2の動作

基本的にHCNノード7と同様に動作する。但し、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除いた次元数に対応するリンクがないため、ここで広告処理を終了する。

10

【0091】

<Step 3>: HCNノード1, 4は、広告されてきたパケットを受信して優先ビットを変更し、次の転送先が無い場合広告処理を終了する。

【0092】

(7)HCNノード4の動作

HCN側受信部9によりパケットを受信し、制御ビット判断部91によりパケットに含まれる制御ビットから広告パケットであると判断し、広告送信部81へ処理を移す。

【0093】

広告送信部81では、HCNラベルの制御データから、ホップ数(2)、HCN次元数(3)を取得し、データ部から、HCN内リンク断転送である事と、断したリンクの次元数(3次元目)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数に対応するリンクに対してパケットを転送しようとする。但し、該当するリンクが無い場合、ここで広告処理を終了する。

20

【0094】

優先ビット管理部83では、取得された断リンクの次元数(3)を優先するように優先ビットを(100)に変更する。

【0095】

(8)HCNノード1の動作

HCNノード4と同様の動作を行う。

30

【0096】

[広告後のデータ転送時の動作]

次に、広告後の通常のデータ転送時の動作について図17を用いて説明する。

【0097】

<Step 1>: HCNノード1が、端末Aからデータを受信し、受信したデータに含まれている宛先アドレスbを元にHCN転送テーブル2を検索して宛先ノードID(111)を取得し、この宛先ノードIDを含むHCNラベルをデータに付与する。

【0098】

<Step 2>: HCNノード1は、自身のノードID(000)と宛先ノードID(111)のXOR演算を行い、演算結果(111)を得る。

40

【0099】

<Step 3>: HCNノード1は、優先ビット(100)を参照し、3次元目が優先であると判断し、3次元目のリンクに対応するHCNノード4へデータを送信する。

【0100】

<Step 4>: HCNノード4は、自身のノードID(100)と宛先ノードID(111)のXOR演算を行い、演算結果(011)を得る。

【0101】

<Step 5>: HCNノード4は、優先ビットを参照し、3次元目が優先だが、XOR演算の結果から3次元目への転送は不要なため、演算結果が1となっている最小の桁に対応する1次元目のリンクを転送先に決定し、1次元目のリンクに対応するHCNノード6へ

50

データを転送する。

【0102】

<Step 6>: HCNノード6は、自身のノードID(101)と宛先ノードID(111)のXOR演算を行い、演算結果(010)を得る。

【0103】

<Step 7>: HCNノード6は、優先ビットを参照し、3次元目が優先だが、XORの結果から3次元目への転送は不要なため、2次元目のリンクに対応するHCNノード8へデータを転送する。

【0104】

<Step 8>: HCNノード8は、自身のノードID(111)が宛先ノードID(111)に一致するのでデータからHCNラベルを削除し、外部転送テーブル1を参照して宛先アドレスbに対応する外部リンクを決定して、データを端末Bへ送信する。

10

【0105】

以上の処理により、HCNノード5, 8間の障害が発生したリンクを回避した最短経路を通じて端末間でデータが送受信される。

【0106】

[HCN内にリンク障害が発生したときのアラーム転送動作]

次に、HCN内にリンク障害が発生したときのアラーム転送の動作について説明する。図18に示すように、HCNノード5, 8間のリンクに障害が発生したことをHCNノード5, 8がそれぞれ検知すると、HCNノード5は、その旨を示すデータを隣接するHCNノード2, 3に転送し、HCNノード8は、隣接するHCNノード6, 7に転送する。それ以上のデータ転送は行わない。このように1ホップ先のHCNノードにだけ転送することで、ネットワーク負荷の軽減を図る。具体的な処理は次の通りである。

20

【0107】

<Step 1>: HCNノード5, 8がリンク断を検知し、該当リンクの次元数をデータとしてHCN内にアラーム転送する。

【0108】

(1)HCNノード8の動作

リンク状態検知部6により、HCNノード5との間のリンクに関して障害の発生を検知し、そのポート番号からHCNリンク管理テーブル3を参照して断リンクの次元数(3)を把握し、通信状態をDownに変更する。そして、設定情報からアラーム転送を行う事を判断してHCN側送信部8のアラーム転送部82へ処理を移す。

30

【0109】

アラーム転送部82では、制御ビットとしてアラーム転送を示す(0001)、制御データとして全て(0)、データ数、総データ長、データとしてメッセージIDにリンク断転送を示す(0001)、自身のノードID(111)、障害が発生したリンクの次元数(3)をセットする。そして、HCNリンク管理テーブル3で状態がUpとなっているポート(1,2次元目)にパケットを送出する。これにより、HCNノード6, 7にアラーム転送用のパケットが送信される。

(2)HCNノード5の動作

HCNノード8と同様の動作を行う。これにより、HCNノード2, 3にアラーム転送用のパケットが送信される。

40

【0110】

<Step 2>: HCNノード2, 3, 6, 7は転送されてきたパケットを受信し、優先ビットを変更する。HCN内アラーム転送であるため転送はそれ以上行わない。

【0111】

(3)HCNノード2, 6の動作

HCN側受信部9によりパケットを受信し、制御ビット判断部91により制御ビットからアラーム転送パケットであると判断し、アラーム転送部82へ処理を移す。

【0112】

アラーム転送部82では、データ部から、HCN内リンク断転送である事と、断したり

50

リンクの次元数(3次元目)を取得する。そして、優先ビット管理部 8 3 により、取得された断リンクの次元数(3)を優先するように優先ビットを(100)に変更する。HCN内のアラーム転送であるため、これ以上の転送は行わない。

【0113】

(4)HCNノード 3, 7 の動作

HCNノード 2, 6 と同様の動作を行う。

【0114】

[アラーム転送後のデータ転送時の動作]

次に、アラーム転送後の通常のデータ転送時の動作について図 19 を用いて説明する。

【0115】

<Step 1>: HCNノード 1 が、端末 A からデータを受信し、受信したデータに含まれている宛先アドレス b を元に HCN 転送テーブル 2 を検索して宛先ノード ID (111) を取得し、この宛先ノード ID を含む HCN ラベルをデータに付与する。

【0116】

<Step 2>: HCNノード 1 は、自身のノード ID (000) と宛先ノード ID (111) の XOR 演算を行い、演算結果(111)を得る。

【0117】

<Step 3>: HCNノード 1 は、優先ビット(000)を参照し、優先させるリンクがないことから、演算結果に 1 が立っているビットのうち最小の桁に対応する 1 次元目のリンクを送信先に決定し、1 次元目リンクに対応する HCN ノード 2 へデータを送信する。

【0118】

<Step 4>: HCNノード 2 は、自身のノード ID (001) と宛先ノード ID (111) の XOR 演算を行い、演算結果(110)を得る。

【0119】

<Step 5>: HCNノード 2 は、優先ビット(100)を参照し、3 次元目が優先であるため、3 次元目のリンクに対応する HCN ノード 6 へデータを送信する。

【0120】

<Step 6>: HCNノード 6 は、自身のノード ID (101) と宛先ノード ID (111) の XOR 演算を行い、演算結果(010)を得る。

【0121】

<Step 7>: HCNノード 6 は、優先ビット(100)を参照し、3 次元目が優先だが、XOR の結果から 3 次元目への転送は不要なため、演算結果に基づいて 2 次元目のリンクに対応する HCN ノード 8 へデータを送信する。

【0122】

<Step 8>: HCNノード 8 は、自身のノード ID (111) と宛先ノード ID (111) が一致するのでデータから HCN ラベルを削除し、外部転送テーブル 1 を参照して宛先アドレス b に対応する外部リンクを決定して、データを端末 B へ送信する。

【0123】

以上の処理により、HCN ノード 5, 8 間の障害が発生したリンクを回避した最短経路を通じて端末間でデータが送受信される。

【0124】

[HCN ノード断が発生したときの動作]

次に、リンク障害のひとつとしてノード断、すなわち HCN ノード自体に障害が発生したときの動作について説明する。ここでは、各ノードについて優先ビット、HCN 転送テーブル、HCN リンク管理テーブルが、図 20 に示す初期状態であるときに、図 21 に示すように HCN ノード 8 に障害が発生した場合を例に説明する。

【0125】

<Step 1>: HCN ノード 8 とのリンク状態を監視する HCN ノード 5, 6, 7 がそれぞれリンク断を検知し、隣接する HCN ノードへ広告する。

【0126】

(1)HCNノード5は、3次元目のリンク断を検知し、HCNリンク管理テーブル3を3次元目がDownとなるように更新し、断検知の旨を示すパケットを隣接するHCNノードに広告する。HCNノード2, 3がこれを受信する。

【0127】

(2)HCNノード6は、2次元目リンク断を検知し、HCNリンク管理テーブル3を2次元目がDownとなるように更新し、断検知の旨を示すパケットを隣接するHCNノードに広告する。HCNノード2, 4がこれを受信する。

【0128】

(3)HCNノード7は、1次元目リンク断を検知し、HCNリンク管理テーブル3を1次元目がDownとなるように更新し、断検知の旨を示すパケットを隣接するHCNノードに広告する。HCNノード3, 4がこれを受信する。

10

【0129】

<Step 2>: HCNノード2, 3, 4は、優先ビットを変更する。

【0130】

(4)HCNノード2は、2, 3次元目のリンク断が通知されるので、2, 3次元目のリンクを優先するように優先ビットを変更する。

【0131】

(5)HCNノード3は、1, 3次元目のリンク断が通知されるので、1, 3次元目のリンクを優先するように優先ビットを変更する。

【0132】

20

(6)HCNノード4は、1, 2次元目のリンク断が通知されるので、1, 2次元目のリンクを優先するように優先ビットを変更する。

【0133】

<Step 3>: HCNノード3, 4は広告を続け、HCNノード2は広告を終了する。

【0134】

(7)HCNノード3は、HCNノード5から受信したパケットについては、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(1次元目)を除く次元数に対応するリンクに対してパケットを転送しようとする。ここでは2次元目のリンクが該当するので、2次元目のリンクに対応するHCNノード1へ転送することで広告を続ける。

30

【0135】

また、HCNノード7から受信したパケットについても、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(1次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(3次元目)を除く次元数は2次元目が該当するので、2次元目のリンクに対応するHCNノード1へ転送することで広告を続ける。

【0136】

(8)HCNノード4は、HCNノード6から受信したパケットについては、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(2次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(1次元目)を除く次元数に対応するリンクに対してパケットを転送しようとする。ここでは3次元目のリンクが該当するので、3次元目のリンクに対応するHCNノード1へ転送することで広告を続ける。

40

【0137】

また、HCNノード7から受信したパケットについても、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(1次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数は3次元目が該当するので、3次元目のリンクに対応するHCNノード1へ転送することで広告を続ける。

【0138】

(9)HCNノード2は、HCNノード5から受信したパケットについては、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(3次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数に対応するリンクに対してパケットを

50

転送しようとする。ここでは該当するリンクがないので、転送を終了する。

【0139】

また、HCNノード6から受信したパケットについても、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、断したリンクの次元数(2次元目)および広告パケットを受信したリンクの次元数(3次元目)を除く次元数に該当するリンクがないので、転送を終了する。

【0140】

<Step 4>: HCNノード1は、優先ビットを変更すると共に、HCNノード8に障害が発生したことを判断し、これを広告する。

【0141】

(10) HCNノード1は、1, 2, 3次元目のリンク断が通知されるので、1, 2, 3次元全てのリンクを優先するように優先ビットを変更する。このとき各HCNノードが保持する優先ビット、HCN転送テーブル、HCNリンク管理テーブルの様子を図22に示す。

10

【0142】

(11) HCNノード1は、優先ビットが全て1になった事から、自ノードID(000)に対して全てのビットが反転しているノードID(111)をもつHCNノード8に障害が発生したと判断する。そして、HCNノード1は、ノードID(111)のノード断を他のHCNノードに広告する。広告を受信したHCNノードは、HCN転送テーブル2に断したHCNノードを反映させる。このときの広告の様子を図23に、各HCNノードが保持する優先ビット、HCN転送テーブル、HCNリンク管理テーブルの様子を図24に示す。

20

【0143】

[HCNノードが端末との接続／接続断を検知したときの動作]

次に、HCNノードが端末との接続(Up)又は接続断(Down)を検知したときの動作について説明する。ここでは、図25に示すように、HCNノード8に端末C(アドレスc)が新たに接続された場合を例に説明する。

【0144】

接続を検知したHCNノード8は、検知結果を外部転送テーブル1に反映させるとともに、その検知の旨を自身のノードID(111)、検知アドレスcと併せて他のHCNノードに対して広告する。広告メッセージを受け取ったHCNノードは、HCN転送テーブル2に、検知されたノードIDに関連付けて端末Cのアドレスcを追加する。接続断を検知した場合も広告動作は同様であり、広告メッセージを受信したHCNノードは、HCN転送テーブル2から断検知されたアドレスを削除する。具体的な処理は次の通りである。

30

【0145】

<Step 1>: HCNノード8は、端末Cが自身に接続されたことを検知し、外部転送テーブル1を変更すると共に、他のHCNノードに広告する。

【0146】

(1) HCNノード8の動作

リンク状態検知部6により、新たに端末Cがポートに接続されたことを検知する。そして、外部転送テーブル1に端末Cが接続されたポート番号(2)と端末Cのアドレス(c)を追加し、HCN側送信部8の広告送信部81に処理を移す。

40

【0147】

広告送信部81では、制御ビットとして広告を示す(0010)、制御データとしてホップ数(1)、HCN次元数(3)、データ数、総データ長、データとしてメッセージIDに外部リンクUpを示す(0010)、自身のノードID(111)、検知したアドレス(c)をセットする。そして、HCNリンク管理テーブル3で状態がUpとなっているポート(1,2,3次元目)にパケットを送出する。これにより、HCNノード5, 6, 7に広告用のパケットが送信される。

【0148】

<Step 2>: HCNノード5, 6, 7は、広告されてきたパケットを受信し、HCN転送テーブル2を変更した後、広告を続ける。

【0149】

50

(2)HCNノード5の動作

HCN側受信部9によりパケットを受信し、制御ビット判断部91によりパケットに含まれる制御ビットから広告用のパケットであると判断し、広告送信部81へ処理を移す。

【0150】

広告送信部81では、HCNラベルの制御データからホップ数(1)、HCN次元数(3)を取得し、データ部から外部リンクUpである事と、検知したHCNノードのノードID(111)、検知されたアドレス(c)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、広告パケットを受信したリンクの次元数(3次元目)を除く次元数に対応するリンクに対して、ホップ数を1増加させた上でパケットを転送しようとする。ここでは2次元目のリンクが該当するため、2次元目のリンクに対応するHCNノード2に転送する。さらに、HCN転送テーブル2に、ノードID(111)、アドレス(c)を追加する。

10

【0151】

(3)HCNノード6の動作

基本的にHCNノード5と同様に動作する。但し、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数に対応するリンクは3次元目が該当するので、3次元目のリンクに対応するHCNノード2にパケットを転送する。

【0152】

(4)HCNノード7の動作

基本的にHCNノード5と同様に動作する。但し、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、広告パケットを受信したリンクの次元数(1次元目)を除く次元数に対応するリンクは2, 3次元目が該当するので、2次元目に対応するHCNノード4および3次元目に対応するHCNノード3に対してパケットを転送する。

20

【0153】

<Step 3>: HCNノード4は広告されてきたパケットをHCNノード1へ転送し、HCNノード2, 3は転送先がないので転送処理を終了する。

【0154】

(5)HCNノード4の動作

HCN側受信部9によりパケットを受信し、制御ビット判断部91によりパケットに含まれる制御ビットから広告用のパケットであると判断し、広告送信部81へ処理を移す。

30

【0155】

広告送信部81では、HCNラベルの制御データからホップ数(2)、HCN次元数(3)を取得し、データ部から外部リンクUpである事と、検知したノードのノードID(111)、検知されたアドレス(c)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(3次元目)のうち、広告用パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数に対応するリンクに対して、ホップ数を1増加させた上でパケットを転送しようとする。ここでは3次元目が該当するので、3次元目のリンクに対応するHCNノード1へ転送する。さらに、HCN転送テーブル2に、ノードID(111)、アドレス(c)を追加する。

【0156】

(6)HCNノード2, 3の動作

40

基本的にHCNノード4と同様に動作する。但し、HCNノード2では、ホップ数より大きい次元数(3次元目)のうち、広告用パケットを受信したリンクの次元数(2,3次元目)を除く次元数に対応するリンクが無く、HCNノード3でも、ホップ数より大きい次元数(3次元目)のうち、広告用パケットを受信したリンクの次元数(1,3次元目)を除く次元数に対応するリンクが無いので転送処理は終了する。

【0157】

<Step 4>: HCNノード1も、基本的にHCNノード4と同様に動作する。但し、広告パケットの転送先が無いので転送処理は終了する。

【0158】

以降、通常のデータ転送においては、端末から直接的にデータを受信したHCNノード

50

は、データの宛先がアドレス c の場合には H C N 転送テーブル 2 を検索してアドレス c の端末が接続されているのは H C N ノード 8 であることを判断し、H C N ノード 8 のノード I D を宛先ノード I D とした H C N ラベルをデータに付与した上で転送の処理を行う。

【0159】

[2重帰属した場合の広告動作]

次に、1つの端末が異なる H C N ノードに2重に帰属した場合の動作について説明する。2重帰属時には、一方の H C N ノードを優先(Primary)とし、他方の H C N ノードをバックアップ(Backup)に設定する。この際、端末が接続されている H C N ノードの H C N 転送テーブルに対して運用者が(Primary/Backup)の種別を設定し、この H C N ノードが設定内容を他の H C N ノードに対して広告する。

10

【0160】

広告されたパケットを受信した H C N ノードは、受信した設定内容に基づいて H C N 転送テーブル 2 を更新する。なお、端末と H C N ノードとを接続するリンクが断した場合も同様に広告を行い、広告されたパケットを受信した H C N ノードは H C N 転送テーブル 2 から該当する設定情報を削除する。ここでは、図 26 に示すように、H C N ノード 5, 8 に対して新たに端末 B が接続される場合を例に説明する。H C N ノード 8 を Primary、H C N ノード 5 を Backup とする。図中、実線矢印はノード 8 から広告されるパケットを、点線矢印はノード 5 から広告されるパケットをそれぞれ示す。図 27 は、各 H C N ノードにおける外部転送テーブル 1、H C N 転送テーブル 2 の初期状態を示す図である。

【0161】

<Step 1>: H C N ノード 5, 8 は、それぞれが端末 B の接続を検知し、検知した端末 B のアドレス b と (Primary/Backup) の種別を広告する。

20

【0162】

(1) H C N ノード 8 の動作

リンク状態検知部 6 により、新たに端末 B が接続されたことを検知し、外部転送テーブル 1 に端末 B が接続されているポート番号(11)、端末 B のアドレス(b)、接続状態(Up)を追加し、H C N 側送信部 8 の広告送信部 8 1 へ処理を移す。

【0163】

広告送信部 8 1 では、制御ビットとして広告を示す(0010)、制御データとしてホップ数(1)、H C N 次元数(3)、データ数、総データ長、データとしてメッセージ I D に外部リンク Up を示す(0010)、自身のノード I D (111)、検知した端末 B のアドレス(b)、種別(Primary)をセットする。そして、H C N リンク管理テーブル 3 で状態が Up となっているポート(1,2,3次元目)にパケットを送出する。これにより、H C N ノード 5, 6, 7 に広告用のパケットが送信される。

30

【0164】

(2) H C N ノード 5 の動作

基本的に H C N ノード 8 と同様に動作する。但し、データに格納する種別は(Backup)になる。H C N ノード 5 からは、H C N ノード 2, 3, 8 に広告用のパケットが送信される。

【0165】

<Step 2>: 広告用パケットを受信した各 H C N ノードは、受信したデータに基づいて H C N 転送テーブル 2 を更新し、広告を続ける。

40

【0166】

(3) H C N ノード 8 の動作

H C N ノード 5 から受信した広告用パケットのデータに基づいて、H C N 転送テーブル 2 にノード I D (011)、アドレス(b)、種別(Backup)を追加する。

【0167】

(4) H C N ノード 5 の動作

H C N ノード 8 から受信した広告用パケットのデータに基づいて、H C N 転送テーブル 2 にノード I D (111)、アドレス(b)、種別(Primary)を追加する。

50

【0168】

(5)HCNノード6の動作

HCN側受信部9によりHCNノード8から送られてきたパケットを受信し、制御ビット判断部91によりパケットに含まれる制御ビットから広告パケットであると判断し、広告送信部81へ処理を移す。

【0169】

広告送信部81では、HCNラベルの制御データからホップ数(1)、HCN次元数(3)を取得し、データ部から外部リンクUpである事と、検知したHCNノードのノードID(111)、検知されたアドレス(b)、種別(Primary)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数
10

【0170】

また、HCN転送テーブル2に、ノードID(111)、アドレス(b)、種別(Primary)を追加する。さらに、次に説明するようにHCNノード2からも広告用パケットが送信されてくるので、そのデータに基づいてHCN転送テーブル2にノードID(011)、アドレス(b)、種別(Backup)を追加する。図28(a)にHCN転送テーブルが変更される様子を示す。

【0171】

(6)HCNノード2の動作

基本的にHCNノード6と同様に動作する。但し、パケットはHCNノード5から受信するので、受信したパケットからは、検知したHCNノードのノードID(011)、検知されたアドレス(b)、種別(Backup)を取得する。そして、ホップ数より大きい次元数(2,3次元目)のうち、広告パケットを受信したリンクの次元数(2次元目)を除く次元数に対応するのは3次元目のリンクであるので、3次元目のリンクに対応するHCNノード6にパケットを転送する。

【0172】

また、HCN転送テーブル2に、ノードID(011)、アドレス(b)、種別(Backup)を追加する。さらに、HCNノード6からも広告用パケットが送信されてくるので、そのデータに基づいてHCN転送テーブル2にノードID(111)、アドレス(b)、種別(Primary)を追加する。図28(b)にHCN転送テーブルが変更される様子を示す。
30

【0173】

(7)HCNノード3, 7の動作

基本的にHCNノード2, 6と同様に動作する。この結果、HCNノード3は、HCNノード5から受信したパケットをHCNノード1, 7に転送し、HCNノード7は、HCNノード8から受信したパケットをHCNノード3, 4へ転送する。

【0174】

また、HCNノード3は、HCNノード5, 7から受信したパケットのデータに基づいてHCN転送テーブルを変更し、HCNノード7は、HCNノード3, 8から受信したパケットのデータに基づいてHCN転送テーブルを変更する。
40

【0175】

<Step 3>: HCNノード1, 4は広告を行い、転送処理を終了する。

【0176】

(8)HCNノード1の動作

基本的にHCNノード6と同様に動作する。すなわち、HCNノード3から受信した広告用パケットのデータに基づいてHCN転送テーブル2を変更し、HCNノード4への転送を行う。また、HCNノード4から受信した広告用パケットのデータに基づいてHCN転送テーブル2を変更し、転送先が無いことから広告処理を終了する。図28(c)にHCN転送テーブルが変更される様子を示す。
50

【0177】

(9)HCNノード4の動作

基本的にHCNノード6と同様に動作する。すなわち、HCNノード7から受信した広告用パケットのデータに基づいてHCN転送テーブル2を変更し、HCNノード1への転送を行う。また、HCNノード1から受信した広告用パケットのデータに基づいてHCN転送テーブル2を変更し、転送先が無いことから広告処理を終了する。図28(d)にHCN転送テーブルが変更される様子を示す。以上の広告処理によって各HCNノードが保持することになるテーブルの最終状態を図29に示す。

【0178】

[二重帰属時のデータ転送動作]

次に、二重帰属時の広告が終了した後の通常のデータ転送の動作について説明する。基本的には、先に説明した「通常のデータ転送時の動作」と同様であるが、端末Aからデータを受信したHCNノード1では、受信したパケットの宛先アドレスbを元に対応する宛先ノードIDについてHCN転送テーブル2を検索する。このとき、アドレスbの端末が接続されているHCNノードのノードIDとしては(111), (011)が該当するところ、プライマリ(Primary)の種別が付いている方の(111)を採用し、これを宛先ノードIDとする。これをHCNラベルに含めてパケットに付与する、自ノードIDと宛先ノードIDのXOR演算を行う、優先ビットを参照して転送先を定める等、その後の処理は通常のデータ転送と同様に行う。

【0179】

以上説明したように、本実施の形態によれば、HCNノード(転送装置)1が、端末Aから直接的に宛先アドレスを含むデータを受信した場合に、その宛先アドレスの端末Bと直接的に通信するHCNノード8のノードIDをHCN転送テーブル2から抽出し、宛先ノードIDとしてデータに付与することで、端末間の通信の中継に、自ノードIDと宛先ノードIDの排他的論理和演算によって転送先を決定するハイパーキューブネットワークを適用することが可能になる。

【0180】

また、各HCNノードにおいて、障害が発生したリンクの次元数を優先ビットとして設定しておき、データ転送時に優先ビットがある場合には、排他的論理和演算の結果が1となる桁のうち優先ビットに対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDをもつHCNノードに対してデータを転送することで、障害のあるリンクを保持するHCNノードにデータが転送される前に当該リンクの次元数にデータを送り、障害のあるリンクを迂回した上で宛先のHCNノードにデータを転送する。このように、転送先を自律的に変更することで、途中経路の設計・管理を行う必要がなく、運用者の手間を不要にすることができる。また、経路の学習が不要であり、障害のあるリンクを迅速に迂回することができる。

【0181】

本実施の形態によれば、障害が発生したリンクの次元数を他のHCNノードに送信する際に、転送回数を示すホップ数より大きい次元数のうち障害が発生したリンクの次元数およびパケットを受信したリンクの次元数を除いた次元数に対応する桁が自ノードIDに対して反転しているノードIDを持つHCNノードに対して送信することで、1つのHCNノードに重複して送信されないようにして、ネットワークの効率的な利用を図ることができる。

【0182】

本実施の形態によれば、障害が発生したリンクの次元数を他のHCNノードに送信する際に、障害発生を検知したHCNノードから1ホップ先のHCNノードにだけ送信することで、全てのHCNノードに送信した場合に比べてネットワークを効率的に利用することができる。

【0183】

本実施の形態によれば、リンクの利用率が多くなるとパケットロスが生じ易くなること

10

20

30

40

50

から、利用率が閾値を超えたときに障害が発生したときと同様に処理することで、混んでいるリンクを自律的に迂回してデータを転送でき、パケットロスの発生を抑え、ネットワークを効率的に利用することができる。

【0184】

本実施の形態によれば、優先ビットが(111)になったHCNノード1において、自ノードIDに対して全てのビットが反転しているノードIDをもつHCNノード8に障害が発生したと判断し、その情報を各HCNノードのHCN転送テーブル2に反映させて宛先ノードIDの抽出対象から除外することで、障害のあるHCNノード8へのデータ転送処理を行わずに済むので、ネットワークを効率的に利用することができる。

【0185】

本実施の形態によれば、端末との接続／接続断を検知したHCNノード8のノードIDおよび検知された端末Cのアドレスcを各HCNノードが通知し合ってそれぞれのHCN転送テーブル2に反映させることで、接続検知の場合にはそのノードIDを転送先として抽出可能にするとともに、接続断検知の場合には抽出対象から除外してネットワークの効率的な利用を図ることができる。

【0186】

本実施の形態によれば、端末Bが異なるHCNノード5、8に2重に帰属する場合に、HCNノード8を優先(Primary)とする種別を各HCNノードが通知し合ってHCN転送テーブル2に反映させ、データ転送時には優先種別があるHCNノード8のノードIDを宛先ノードIDとして採用することで、適切なデータ転送を可能にできる。

【図面の簡単な説明】

【0187】

【図1】一実施形態におけるデータ転送システムの全体的な概略構成を示す図である。

【図2】同図(a)は上記システムに適用されるHCNの構成を示す図であり、同図(b)は各HCNノードが持つ3次元リンクを説明するための図である。

【図3】HCNにおける経路決定手順を説明するための図である。

【図4】HCNノードの内部構成を示すブロック図である。

【図5】外部転送テーブルを示す図である。

【図6】HCN転送テーブルを示す図である。

【図7】HCNリンク管理テーブルを示す図である。

【図8】HCNラベルとデータ部からなるパケットの構成を示す図である。

【図9】同図(a)は制御データの構成を示す図であり、同図(b)は制御データのフォーマットを示す図である。

【図10】同図(a)は広告時又はアラーム転送時におけるデータ部の構成を示す図であり、同図(b)はそのときのデータ部のフォーマットを示す図である。

【図11】通常のデータ送信時に使用されるパケットの構成を示す図である。

【図12】広告時のシステム全体の動作を説明するための図である。

【図13】広告時にHCNリンク管理テーブルが変更される様子を示す図である。

【図14】広告時に使用されるパケットの構成を示す図である。

【図15】広告時に使用されるデータの具体例を示す図である。

【図16】広告時に優先ビットが変更される様子を示す図である。

【図17】広告後のデータ転送時の動作を説明するための図である。

【図18】アラーム転送時のシステム全体の動作を説明するための図である。

【図19】アラーム転送後のデータ転送時の動作を説明するための図である。

【図20】各HCNノードでの優先ビット、HCN転送テーブル、HCNリンク管理テーブルの初期状態を示す図である。

【図21】HCNノード断時の動作を説明するための図である。

【図22】HCNノード断時の優先ビット、HCN転送テーブル、HCNリンク管理テーブルの2回目の変更状態を示す図である。

【図23】HCNノード断を検知したノードがその旨を広告するときの様子を示す図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 2 4】H C N ノード断時の優先ビット、H C N 転送テーブル、H C N リンク管理テーブルの最終状態を示す図である。

【図 2 5】H C N ノードが外部端末との接続／接続断を検知したときのシステム全体の動作を説明するための図である。

【図 2 6】端末が異なるH C N ノードに2重に帰属した場合のシステム全体の動作を説明するための図である。

【図 2 7】2重帰属時の各H C N ノードにおけるH C N 転送テーブル、外部転送テーブルの初期状態を示す図である。

【図 2 8】同図(a)は2重帰属の広告時にH C N ノード2でH C N 転送テーブルが変更される様子を示す図であり、同図(b)はH C N ノード6でH C N 転送テーブルが変更される様子を示す図であり、同図(c)は2重帰属の広告時にH C N ノード1でH C N 転送テーブルが変更される様子を示す図であり、同図(d)は2重帰属の広告時にH C N ノード4でH C N 転送テーブルが変更される様子を示す図である。

10

【図 2 9】2重帰属広告後の各H C N ノードが保持するテーブルを示す図である。

【符号の説明】

【0 1 8 8】

1 … 外部転送テーブル

2 … H C N 転送テーブル

3 … H C N リンク管理テーブル

20

4 … 優先ビット

5 … O p S I F 部

6 … リンク状態検知部

7 … 外部パケット受信部

8 … H C N 側送信部

9 … H C N 側受信部

1 0 … 外部パケット送信部

1 1 … ノード制御部

7 1 … H C N 経路判定部

7 2 … ラベル付与部

30

8 1 … 広告送信部

8 2 … アラーム転送部

8 3 … 優先ビット管理部

8 4 … エラー送信部

8 5 … X O R 計算部

8 6 … 送信リンク決定部

9 1 … 制御ビット判断部

9 2 … 宛先判定部

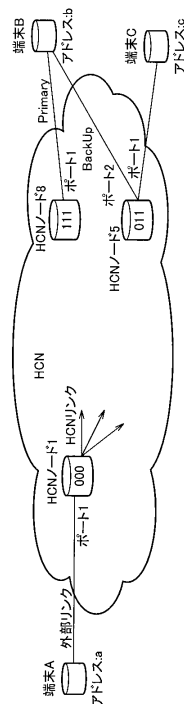
1 0 1 … ラベル削除部

1 0 2 … 送信リンク決定部

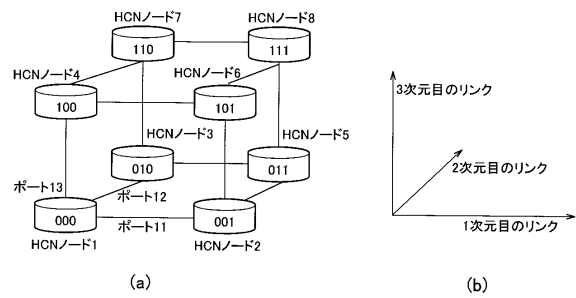
40

1 0 3 … エラー送信部

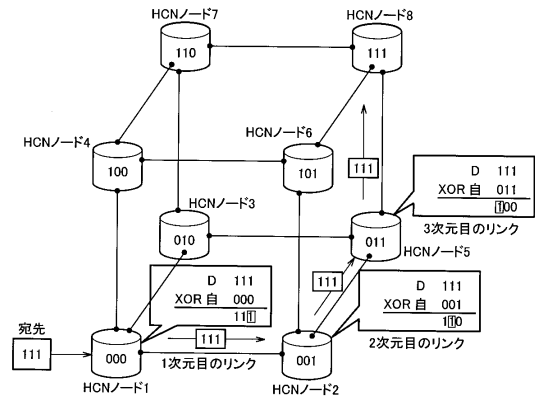
【図 1】



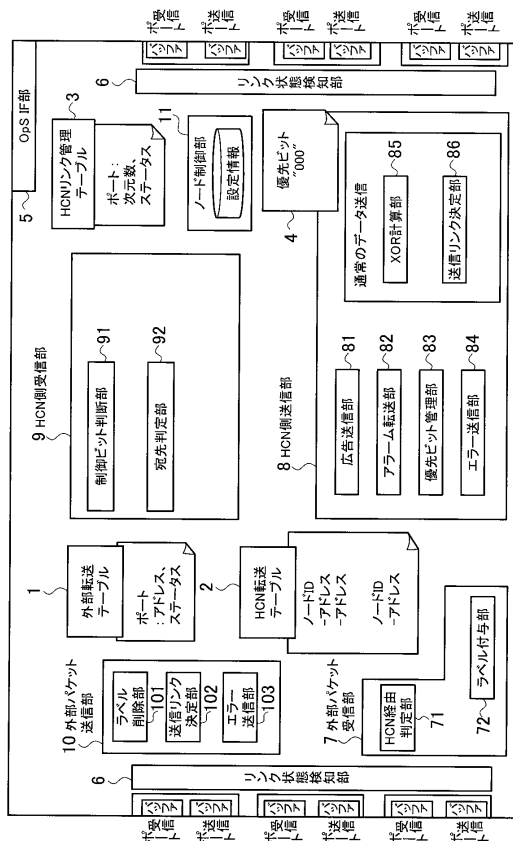
【図 2】



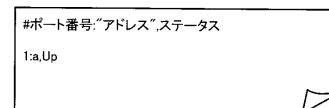
【図 3】



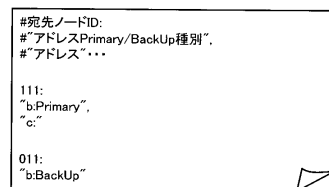
【図 4】



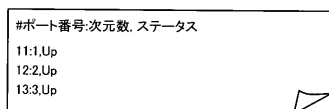
【図 5】



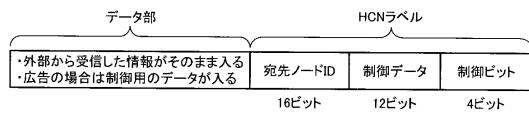
【图 6】



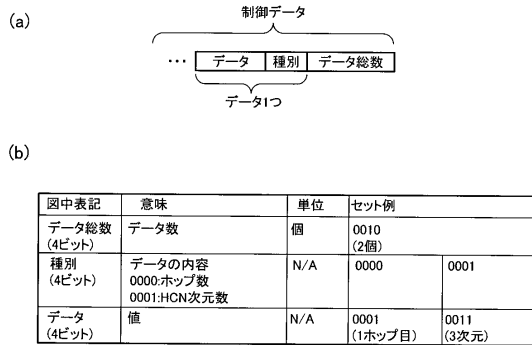
【图 7】



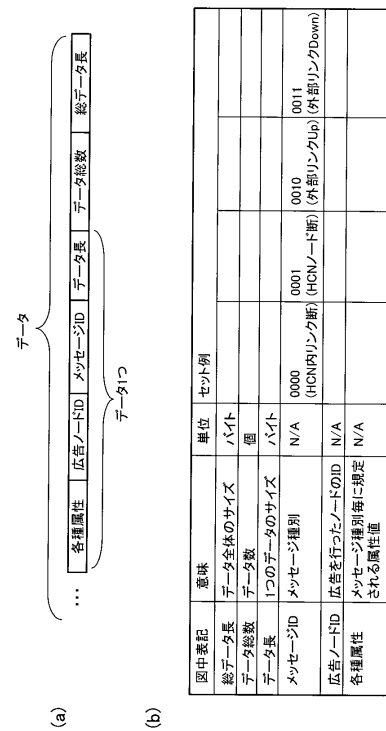
【図 8】



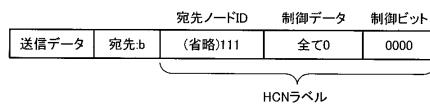
【図 9】



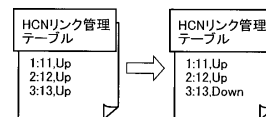
【図 10】



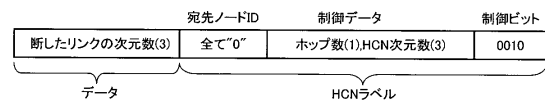
【図 11】



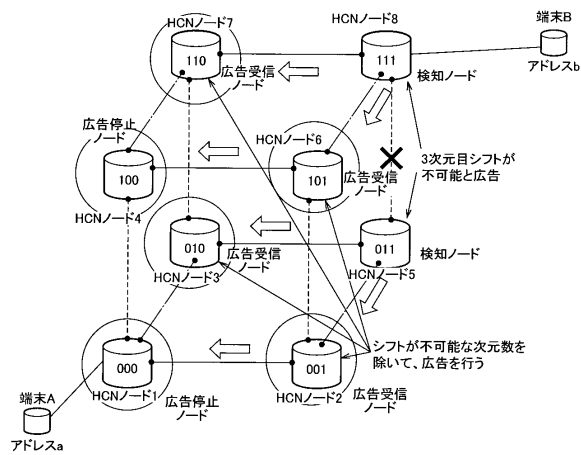
【図 13】



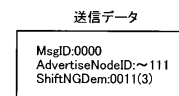
【図 14】



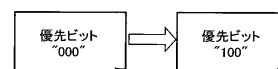
【図 12】



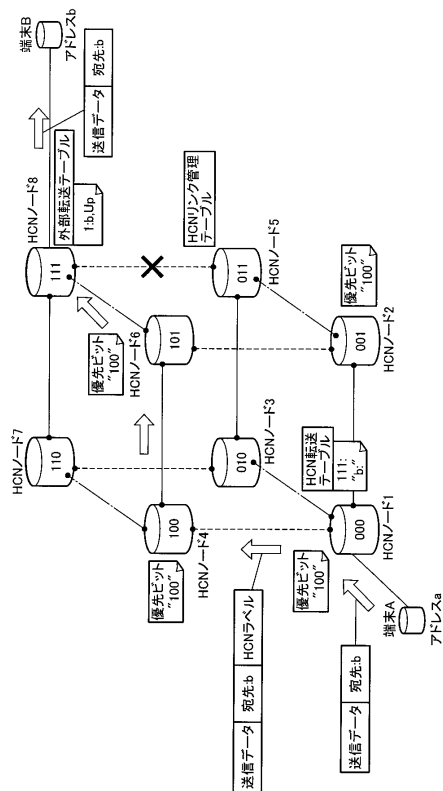
【図 15】



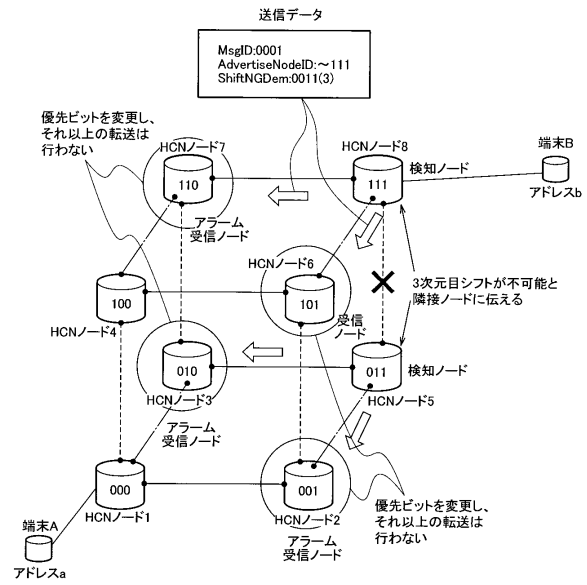
【図 16】



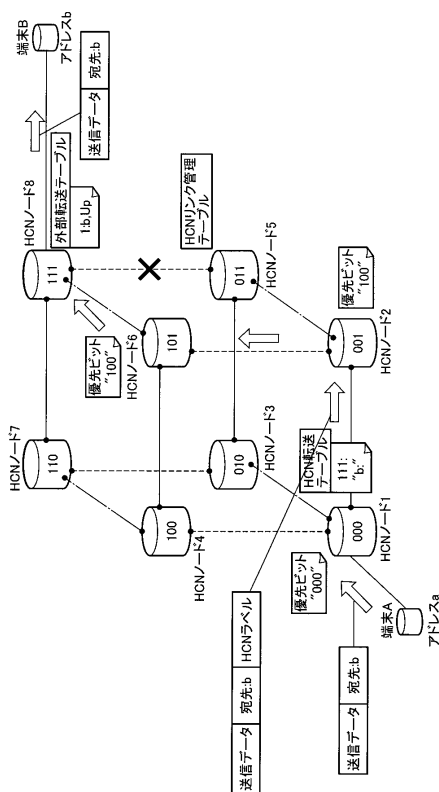
【図 17】



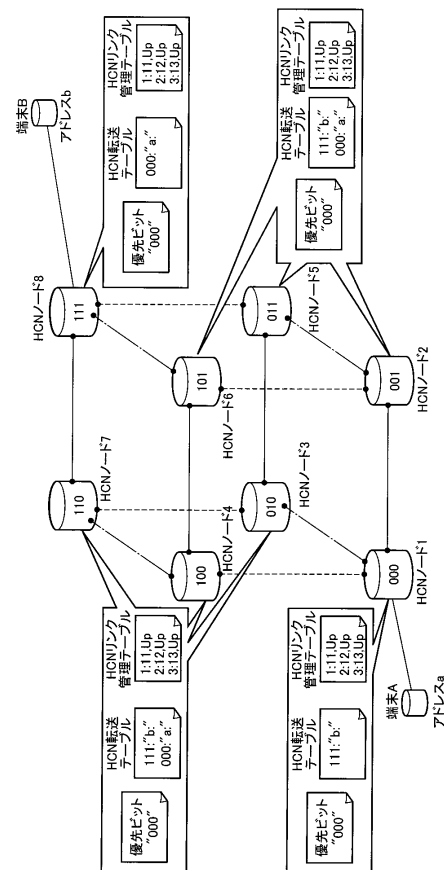
【図 18】



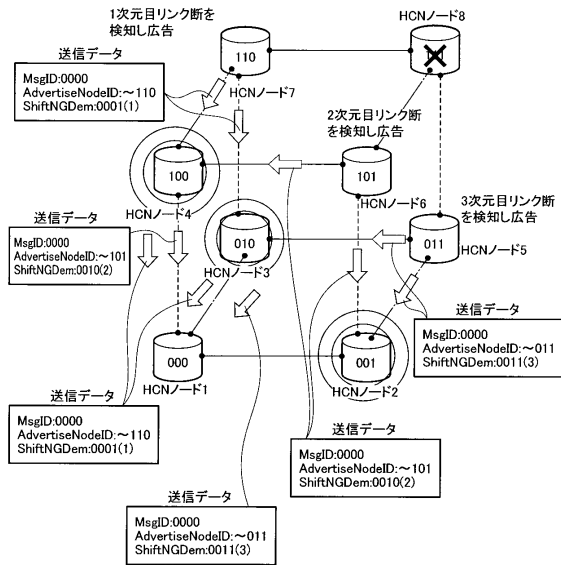
【図 19】



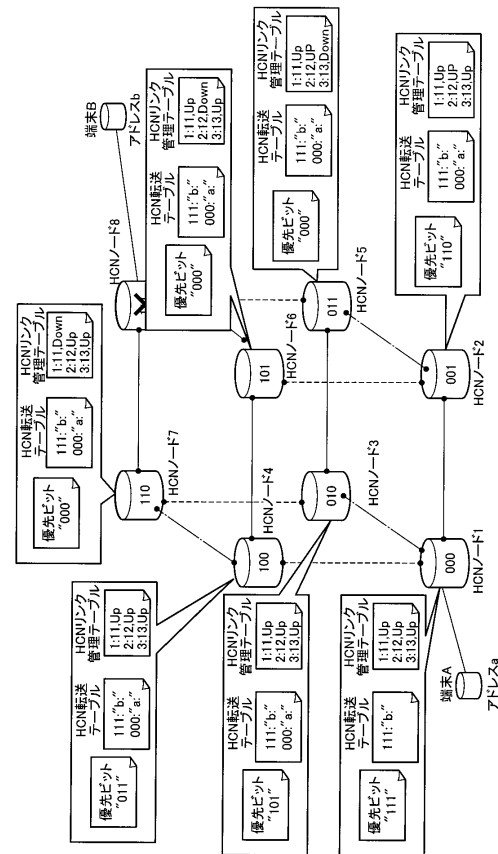
【図 20】



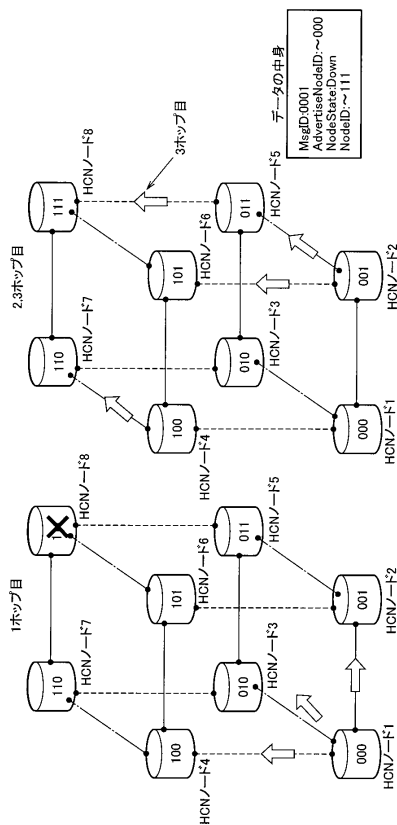
【図 2 1】



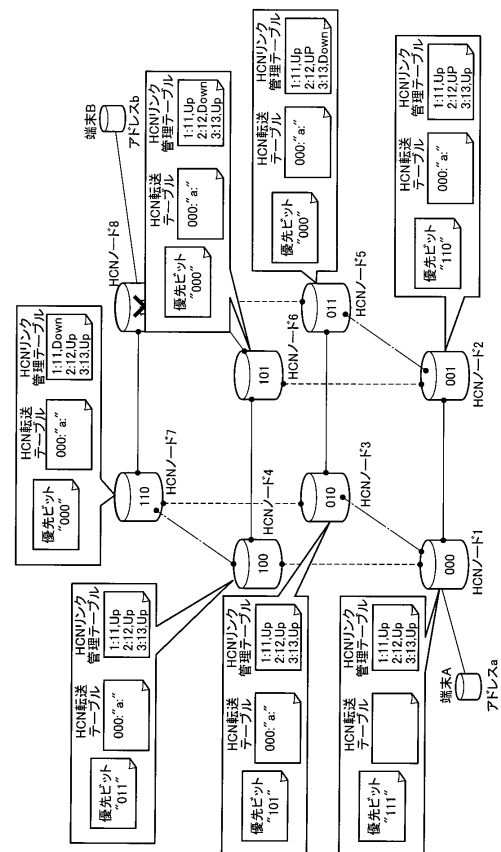
【図 2 2】



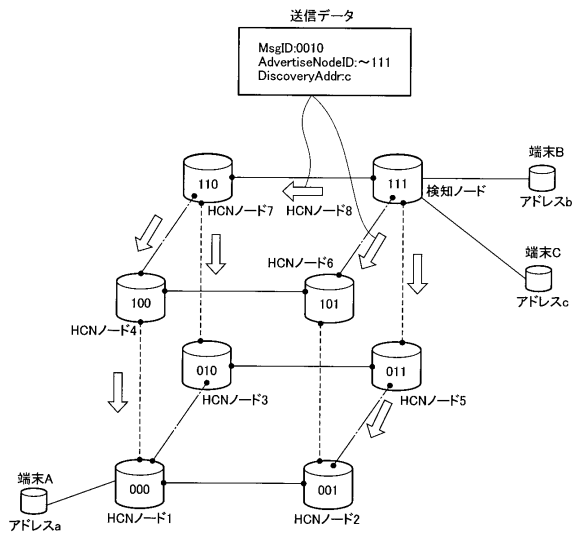
【図 2 3】



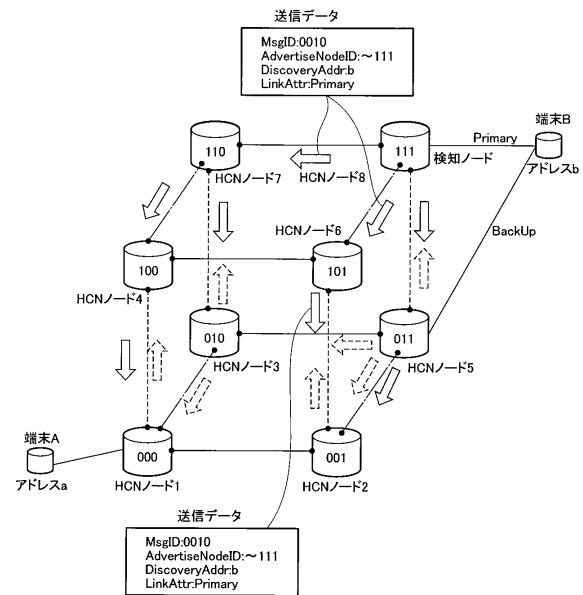
【図 2 4】



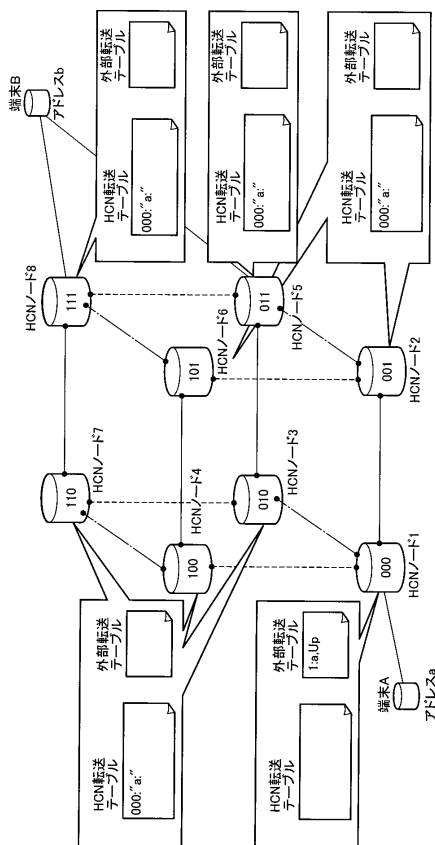
【図 25】



【図 26】

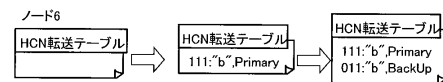


【図 27】

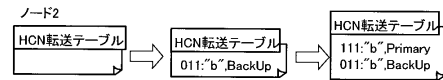


【図 28】

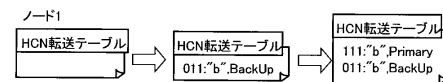
(a)



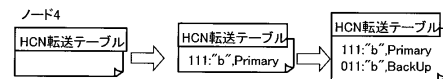
(b)



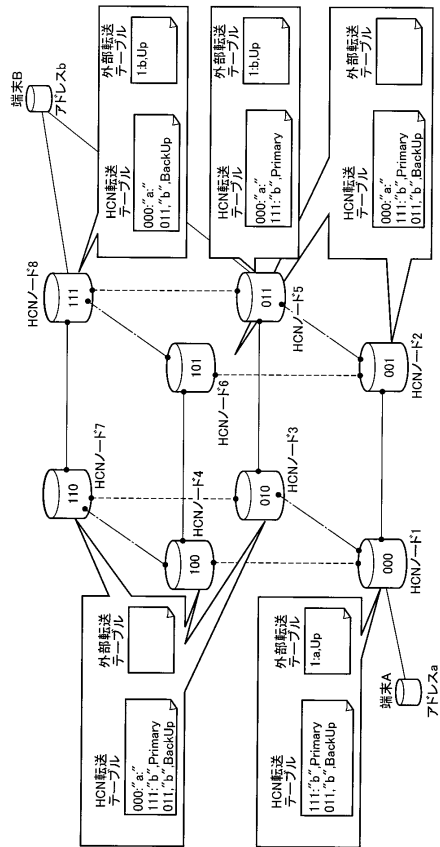
(c)



(d)



【図 29】



フロントページの続き

- (72)発明者 栗原 誠
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内
- (72)発明者 坂野 寿和
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内
- (72)発明者 小澤 孝
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内
- (72)発明者 小柳 優
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社内

審査官 玉木 宏治

- (56)参考文献 特開2001-197006 (JP, A)
特開平01-206751 (JP, A)
和字慶 康 他, ハイパーキューブネットワーク制御とその評価, 電子情報通信学会技術研究報告 (信学技報) CPSY91-5, 1991年 7月16日