

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年9月12日(12.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/136531 A1

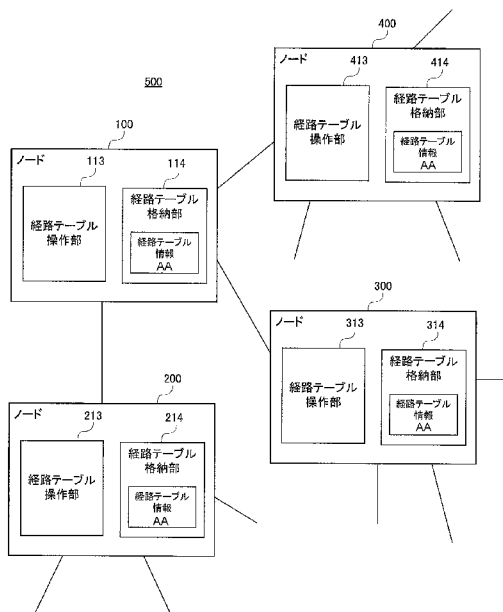
- (51) 国際特許分類:
H04L 12/759 (2013.01) H04W 40/30 (2009.01)
H04L 12/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/053022
- (22) 国際出願日: 2014年2月10日(10.02.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-043742 2013年3月6日(06.03.2013) JP
- (71) 出願人: NECソリューションイノベータ株式会社(NEC SOLUTION INNOVATORS, LTD.) [JP/JP];
〒1368627 東京都江東区新木場一丁目18番7号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 寺岡賢二(TERAOKA, Kenji); 〒1368627 東京都江東区新木場一丁目18番7号 NECソリューションイノベータ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ワンディー I P パートナース(ONEDIEE IP PARTNERS); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原四丁目1番4号新大阪センタービル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: NETWORK SYSTEM, NODE, NETWORK MANAGEMENT METHOD, AND COMPUTER-READABLE RECORDING MEDIUM

(54) 発明の名称: ネットワークシステム、ノード、ネットワーク管理方法、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体

【図6】



100, 200, 300, 400... NODE
113, 213, 313, 413... PATH TABLE MANIPULATION UNIT
114, 214, 314, 414... PATH TABLE STORAGE UNIT
AA... PATH TABLE INFORMATION

(57) Abstract: A network system (500) is provided with a node (100). The node (100) is provided with a path table storage unit (114) for storing path table information that specifies a connection destination and limits the number of connection destinations, and a path table manipulation unit (113) for rewriting the content of the path table information. The path table manipulation unit (113) updates the path table information and constructs a new path in a network system when the node (100) participates in a network, when a node directly connected to the node (100) has participated in the network, and when the node directly connected to the node (100) has left the network.

(57) 要約: ネットワークシステム500は、ノード100を備えている。ノード100は、その接続先を特定し且つ接続先の数を制限する経路テーブル情報を格納する経路テーブル格納部114と、経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部113とを備える。経路テーブル操作部113は、ノード100がネットワークに参加する場合、ノード100に直接接続されるノードがネットワークに参加した場合、及びノード100に直接接続されたノードがネットワークから離脱した場合に、経路テーブル情報を更新し、ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する。

WO 2014/136531 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：

ネットワークシステム、ノード、ネットワーク管理方法、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、多数のノードを備えるネットワークシステム、これに用いられるノード、ネットワーク管理方法、及びこれらを実現するためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 近年、多数のノード（コンピュータ）に並列処理を行なわせる分散コンピューティングが利用されている。分散コンピューティングによれば、各ノードの処理能力が高くななくても、分散して処理が行なわれるため、暗号解読、医療研究、気象解析といった複雑な処理を行なうことが可能となる。

[0003] ところで、このような分散コンピューティングでは、多数のノードによってネットワークが構築されるため、ネットワーク内においてノードの参加又は離脱が発生することがある。ノードの参加又は離脱が発生すると、ネットワークの構成が変わるため、このような場合は、ネットワークの分断をさけるため、新規の通信経路の構築等が必要となる。

[0004] このため、ネットワーク内でノードの参加又は離脱が発生した場合に、参加又は離脱対象となっていないノード自体が自律的に新たな通信経路を構築する技術が提案されている（例えば、特許文献１～３参照）。

[0005] 具体的には、特許文献１及び２は、各ノードに、隣接するノードの接続情報に基づいて、離脱した場合の通信経路を事前に作成させるシステムを開示している。特許文献１及び２に開示されたシステムでは、ノードは、離脱の際に、事前に作成した通信経路を隣接ノードに通知するため、離脱後は速やかに残りのノードによって新たな通信経路が構築される。このため、ネットワークの分断が抑制されている。

[0006] また、特許文献3は、ネットワーク内のノードに障害が発生した場合に、他のノードによって、障害ノードを検出させるシステムを開示している。特許文献3に開示されたシステムでは、障害ノードに接続されていたノードは、それに隣接するノードまでのメトリックス値を算出し、算出したメトリックス値が最小となるノードを新たな接続先とする。このため、障害が発生した場合であっても、ネットワークの分断が抑制される。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第3844215号公報

特許文献2：特許第4893533号公報

特許文献3：特許第4824914号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、特許文献1及び2に開示したシステムでは、ノードに障害が発生した場合は、離脱後の通知経路が通知されないため、新たな通信経路の構築は困難であるが、特許文献3に開示されたシステムによれば、ノードに障害が発生した場合であっても対応できる。従って、特許文献1及び2に開示されたシステムに、特許文献3に開示されたシステムを組み合わせれば、ノードが離脱した場合と、ノードに障害が発生した場合とのいずれにおいても、新たな通信経路を構築できると考えられる。

[0009] しかしながら、特許文献1及び2に開示されたシステムでは、隣接するノードの数に制限がなく、隣接するノードの数の増加に従って各ノードが保有すべき接続情報の量が増大するため、新たな通信経路の構築に時間がかかりすぎる場合がある。また、特許文献3に開示されたシステムでは、隣接するノードの数の増加する程、メトリックス値の算出回数が増加してしまうため、このシステムにおいても、新たな通信経路の構築に時間がかかりすぎる場合がある。

[0010] また、特許文献 1 ～ 3 に開示されたいずれのシステムも、ノードがネットワークに参加する場合には対応しておらず、ノードが参加した場合に新たな通信経路を構築することは困難である。

[0011] 本発明の目的は、上記問題を解消し、ネットワークにおける処理負担の増加を抑制しつつ、ノードの参加及び離脱の両方において自律的に通信経路を新たに構築し得る、ネットワークシステム、ノード、ネットワーク管理方法、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記目的を達成するため、本発明におけるネットワークシステムは、複数のノードを備えたネットワークを有するシステムであって、

前記複数のノードそれぞれは、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数制限する経路テーブル情報を格納する、経路テーブル格納部と、

前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、を備え、

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とする。

[0013] 上記目的を達成するため、本発明におけるノードは、複数のノードを備えたネットワークを構築するノードであって、

当該ノードは、

自身の接続先を特定し且つ接続先の数制限する経路テーブル情報を格納する、経路テーブル格納部と、

前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、を備え、

前記経路テーブル操作部は、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とする。

[0014] また、上記目的を達成するため、本発明におけるネットワーク管理方法は、複数のノードを備えるネットワークシステムにおける、ネットワーク管理方法であって、

(a) 前記複数のノードそれぞれにおいて、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを有する、ことを特徴とする。

[0015] 更に、上記目的を達成するため、本発明におけるコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、コンピュータを、複数のノードを備えたネットワークを構築するノードとして機能させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記コンピュータに、

(a) 当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを実行させる、

命令を含むプログラムを記録していることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 以上のように、本発明によれば、ネットワークにおける処理負担の増加を抑制しつつ、ノードの参加及び離脱の両方において自律的に通信経路を新たに構築することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1 (a) は、本発明の実施の形態におけるネットワークシステムの一部を概念的に示す図であり、図1 (b) ～図1 (g) それぞれは、タイプの異なるノードを説明するための図である。

[図2]図2 (a) ～図2 (f) それぞれは、ノードの経路数とネットワーク構成との関係を示す図である。

[図3]図3は、従来のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを説明するための図である。

[図4]図4は、本発明のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを説明するための図である。

[図5]図5 (a) 及び図5 (b) は、それぞれ、本発明のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを具体的に示す図である。

[図6]図6は、本発明の実施の形態におけるネットワークシステム及びノードの構成を示す図である。

[図7]図7は、本発明の実施の形態で用いられる経路テーブル情報の構造の一例を示す図である。

[図8]図8は、経路テーブルに格納される情報とノード間の構成との関係を示す図である。

[図9]図9 (a) は、本発明の実施の形態で用いる経路テーブルの一般的な例を示す図であり、図9 (b) は、図9 (a) に示す経路テーブルが対応するノード間の構成を示す図である。

[図10]図10は、本発明の実施の形態で用いられるイベントキーの種類の一例を示す図である。

[図11]図11は、ノードの参加の一例を示し、図11 (a) は、ノードXが参加する前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルを示し、図11 (b)

) は、ノードXが参加した後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルを示している。

[図12]図12は、ノードYの参加によるノード間の構成の変化を示す図である。

[図13]図13は、本発明の実施の形態におけるノードの具体的構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、ノードの参加があった場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図15]図15は、ノードの参加があった場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図16]図16は、ノードの参加の他の例を示し、図16(a)は、ノードXが参加する前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図16(b)は、ノードXが参加した後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図17]図17は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される例を示す図であり、図17(a)は、経路の追加前のノード間の構成を示し、図17(b)は、経路の追加後のノード間の構成を示している。

[図18]図18は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図19]図19は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図20]図20は、ネットワークシステムにおけるノードの死活監視を説明するための図である。

[図21]図21は、死活監視実行時におけるノードの動作を示すフロー図である。

[図22]図22は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱する例を示す図であり、図22(a)は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図22(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成と

各ノードの経路テーブルとを示している。

[図23]図23は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される例を示す図であり、図23(a)は、新経路の構築前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図23(b)は、新経路の構築後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図24]図24は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図25]図25は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図26]図26は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱し、タイプ2のノードが最初に離脱を検知する例を示す図である。図26(a)は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図26(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図27]図27は、図26に示したノードの離脱の検知を説明する図である。図27(a)は、ノードの離脱を検知した状態を示し、図27(b)は、ノードの離脱を検知した後の状態を示している。

[図28]図28は、図26に示したノードの離脱の後に行われる通知を説明する図である。図28(a)は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図28(b)は、通知後の状態を示している。

[図29]図29は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱した後に新経路が構築される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図30]図30は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱した後に新経路が構築される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図31]図31は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱し、タイプ3

のノードが最初に離脱を検知する例を示す図である。図 3 1 (a) は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図 3 1 (b) は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図32]図 3 2 は、図 3 1 に示したノードの離脱の後に行われる通知の一例を説明する図である。図 3 2 (a) は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図 3 2 (b) は、通知後の状態を示している。

[図33]図 3 3 は、図 3 1 に示したノードの離脱の後に行われる通知の他の例を説明する図である。図 3 3 (a) は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図 3 3 (b) は、通知後の状態を示している。

[図34]図 3 4 は、ネットワーク中のタイプ 3 i のノードが離脱した後に新経路が構築される他の場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図35]図 3 5 は、ネットワーク中のタイプ 3 i のノードが離脱した後に新経路が構築される他の場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図36]図 3 6 は、タイプ 3 c の 2 つのノードとタイプ 3 i の 1 つのノードとを接続先とする、タイプ 3 c のノードがネットワークから離脱する例を示す図であり、図 3 6 (a) は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図 3 6 (b) は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図37]図 3 7 は、図 3 6 に示したノードの離脱によってネットワークから切り離されたノードのネットワークへの復帰を示す図であり、図 3 7 (a) は離脱の発生前の状態を示し、図 3 7 (b) は離脱発生後にノードがネットワークに復帰した状態を示している。

[図38]図 3 8 は、タイプ 3 c の 3 つのノードを接続先とする、タイプ 3 c のノードがネットワークから離脱する例を示す図であり、図 3 8 (a) は、ノードの離脱前のノード間の構成を示し、図 3 8 (b) は、ノードの離脱後の

ノード間の構成を示している。

[図39]図39は、図38に示したノードの分離が発生した場合の仮の経路の作成処理と確認処理との一例を説明する図であり、図39(a)は仮の経路の作成処理を示す図であり、図39(b)は確認処理を示す図である。

[図40]図40は、図38に示したノードの分離が発生した場合の仮の経路の作成処理と確認処理との他の例を説明する図である。図40(a)は仮の経路の作成処理を示す図であり、図40(b)は確認処理を示す図である。

[図41]図41は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する例を示す図であり、図41(a)は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図41(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[図42]図42は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。

[図43]図43は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[図44]図44は、本発明の実施の形態におけるノードを実現するコンピュータの一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0018] (発明の概要)

まず、本明細書で用いる用語及び図表現の定義について図1(a)～図1(g)を用いて説明する。図1(a)は、本発明の実施の形態におけるネットワークシステムの一部を概念的に示す図であり、図1(b)～図1(g)それぞれは、タイプの異なるノードを説明するための図である。

[0019] 図1(a)に示すように、ノード1は、ネットワークに接続され、且つプログラムを実行することができる計算機（ハードウェア装置）、又はそれに順ずるものである。経路2は、ノード1とノード1との間を接続する通信路である。経路2は、その両端にノード1を有し、途中でノード1を含むことはなない。また、経路2が途中で分岐することもない。

[0020] また、図1（b）～図1（g）に示すように、ノードにはタイプがある。タイプは、接続される経路2の数によって区別されるノード1の種類である。本実施の形態では、以下のタイプがある。

[0021] 図1（b）は「タイプ0」を示す。タイプ0は、経路数が0のノードである。図1（c）は「タイプ1」を示す。タイプ1は、経路数が1のノードである。図1（d）は「タイプ2」を示す。タイプ2は、経路数が2のノードである。図1（e）は「タイプ3」を示す。タイプ3は、経路数が3のノードである。

[0022] また、「タイプ3」のノードは、さらに「タイプ3 i」と「タイプ3 c」との2つのタイプに細分化される。図1（f）は「タイプ3 i」を示す。タイプ3 iは、各経路で接続された3つのノードの中に、タイプ2のノードが含まれるタイプである。図1（g）は「タイプ3 c」を示す。タイプ3 cは、各経路で接続された3つのノードの中に、タイプ2のノードが含まれないタイプである。

[0023] 続いて、ノードの経路数について図2（a）～図2（f）を用いて説明する。図2（a）～図2（f）それぞれは、ノードの経路数とネットワーク構成との関係を示す図である。

[0024] 一般に、1つのノード1に接続される経路2の数が増えると、その分、ネットワークの管理が複雑化し、また、管理用のデータの量も増大してしまう。そこで、ネットワークにおける経路2の数を少なくすることを考える。

[0025] 図2（a）は経路数が0（ゼロ）本の場合を示している。図2（a）に示すように、経路数が0本の場合は、ノード1は、未だネットワークに属していない状態である。

[0026] 図2（b）は、経路数が1本の場合を示している。図2（b）に示すように、経路数が1本の場合は、経路2の両端にノード1が存在しており、各ノード1はネットワークの端に位置している。そのため、経路2が切断されると、ノード1はネットワークから孤立した状態になる。なお、ネットワーク上の全てのノード1の経路数が1本という状態は、ネットワーク内のノード

数が2個の場合を除いてあり得ない状態である。

[0027] 図2(c)は、経路数が2本の場合を示している。図2(c)に示すように、ネットワーク内の全てのノード1の接続数が2本であれば、ノード1はリング状のネットワークの一部となる。また、ネットワーク内に接続数が1本のノード1が含まれていれば、図2(d)に示すように、ノード1は、ライン状のネットワークの一部となる。

[0028] また、図2(c)に示すリング状のネットワークにおいて、どこかの経路2が切断されると、図2(d)に示すライン状のネットワークになる。更に、図2(d)に示すライン状のネットワークで、どこかの経路が切断されると、ネットワーク網は2つに分断される。

[0029] 図2(e)は、経路数が3本の場合を示している。図2(e)に示すように、この場合、ノード1は、メッシュ型ネットワークの一部となる。ネットワーク内の全てのノード1の接続数が3本であれば、いずれの経路2が切断されても、メッシュ型ネットワークが維持される。

[0030] 図2(f)は、経路数が4本の場合を示している。図2(f)に示すように、この場合も、ノード1は、経路数が3本の場合と同様に、メッシュ型ネットワークの一部となる。また、経路数が4本の場合は、経路数が3本の場合よりも、更に、経路2の数が増加することになる。

[0031] 以上の説明から分かるように、経路数が2本の場合では、ネットワークの分断の危険性がある。一方、経路数が4本以上となると、経路数の増加により管理が複雑化してしまう。このため、本発明では、全てのノードの経路数が3本になることが基本とされ、例外的に経路数が2本の場合が許可される。また、以下の説明では、特定のノードの3つの経路それぞれは、経路(1)、経路(2)、経路(3)と表現される場合がある。

[0032] 続いて、ノードがネットワークに参加する際のルールについて図3～図5を用いて説明する。図3は、従来のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを説明するための図である。図4は、本発明のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを説明するための図である。図5(a)及

び図5（b）は、それぞれ、本発明のネットワークシステムにおけるノードの参加ルールを具体的に示す図である。なお、図3及び図4において、A～K、Xはそれぞれノードを示している。

[0033] 図3に示すように、通常のP2P（ピアツーピア）では、ノードをネットワークに参加させる場合、P2Pネットワーク中の特定のノードが一意に指定される。例えば、参加者は、一般に、特定のノードのIPアドレスを指定して、自己のノードをP2Pネットワークに参加させる。

[0034] これに対して、本発明では、上述したように、基本的に全てのノードの経路数は3本に設定されているので、ノードを特定のノードに対して参加させることはできないようになっている。このため、図4に示すように、本発明では、ノードを経路として参加させるという考え方が採用されている。本発明において、参加のルールは、図5（a）及び図5（b）に示すように、以下の2点である。

[0035] 図5（a）に示すように、ルール1は、ノード1は1つの経路2の間に置かれていなければならない、ということを規定する。また、図5（b）に示すように、ルール2は、経路2の両端に位置するノード1は、タイプ3でなければならない、ということを規定する。

[0036] 以上の概要を踏まえ、以下に、本発明の実施の形態について説明する。

[0037] （実施の形態）

以下、本発明の実施の形態における、ネットワークシステム、ノード、ネットワーク管理方法、及びプログラムについて、図6～図43を参照しながら説明する。

[0038] [システム構成]

最初に、図6を用いて、本発明の実施の形態におけるネットワークシステム及びノードの構成について説明する。図6は、本発明の実施の形態におけるネットワークシステム及びノードの構成を示す図である。

[0039] 図6に示すように、本実施の形態におけるネットワークシステム500は、複数のノード100～400を備えたネットワークを有している。図6に

おいては、図示されているノードの数は4つであるが、本実施の形態においてノードの数は限定されるものではない。

[0040] また、本実施の形態では、各ノードは同様の構成を備えており、ノード100を例に挙げて説明する。図6に示すように、ノード100は、経路テーブル情報を格納する経路テーブル格納部114と、経路テーブル情報の内容を書き換え可能な経路テーブル操作部113とを備えている。

[0041] 経路テーブル情報は、ノード100の接続先を特定し、更に、その接続先の数を制限する情報である。具体的には、ノード100において、経路テーブル情報は、まず、当該ノード100に直接接続されているノード200～400を特定する、自ノード経路テーブルを含む。また、経路テーブル情報は、当該ノード100に直接接続された他のノード200～400それぞれに接続されているノードを特定する、他ノード経路テーブルも含む。

[0042] また、経路テーブル操作部113は、当該ノード100がネットワークに参加する場合、当該ノード100に直接接続されるノードがネットワークに参加した場合、及び当該ノード100に直接接続されたノードがネットワークから離脱した場合に、当該ノード100における自ノード経路テーブル及び他ノード経路テーブルを更新する。これにより、ネットワークシステム500における新たな経路が構築される。

[0043] このように、本実施の形態では、各ノードの接続先のノードの数は制限され、更に、ネットワーク内で参加又は離脱が発生した場合は、経路テーブル情報の更新だけで、新たな経路が構築される。このため、本実施の形態によれば、ネットワークにおける処理負担の増加を抑制しつつ、ノードの参加及び離脱の両方において自律的に通信経路を新たに構築することができる。

[0044] ここで、図7～図10を用いて、本実施の形態で用いられる経路テーブル情報について具体的に説明する。

[0045] 図7は、本発明の実施の形態で用いられる経路テーブル情報の構造の一例を示す図である。図8は、経路テーブルに格納される情報とノード間の構成との関係を示す図である。図7に示すように、経路テーブル情報10は、自

ノードAに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブル11と、自ノードに直接接続された他のノードB～Dそれぞれに接続されているノードを特定する他ノード経路テーブル12～14とを含んでいる。

[0046] また、図7の中段及び図8に、自ノード経路テーブル11の詳細構造を示す。自ノード経路テーブル11には、自ノードA、及び経路(1)～経路(3)に接続される各ノードB～Cを、ネットワーク内で一意に識別可能な値(識別子)、例えばIPアドレス等が登録される。更に、図7及び図8の例では、経路(1)～経路(3)に接続されるノードB～Cについては、それぞれの経路(1)～経路(3)に接続されるノードの識別子も登録されている。

[0047] 即ち、図7及び図8において、経路(1)に接続されたノードBに関連して登録されている、a、b、Aは、このノードBの経路(1)～経路(3)に接続された各ノードの識別子を示している。同様に、経路(2)に接続されたノードCに関連して登録されている、b、A、cは、このノードCの経路(1)～経路(3)に接続された各ノードの識別子を示している。更に、経路(3)に接続されたノードDに関連して登録されている、A、e、fは、このノードDの経路(1)～経路(3)に接続された各ノードの識別子を示している。

[0048] また、図7の下段には、ノード間のデータ送信で用いられる送信データが示されている。送信データは、自ノード経路テーブルの情報と、イベントキーと、障害情報とを含んでいる。送信データの詳細については後述する。

[0049] 図7及び図8から分かるように、経路テーブル情報の特徴は2点である。1つは、各ノードの経路数を3本に限定しているため、テーブル長が固定であることである。2つ目は、自ノードの経路に関する情報(経路情報)だけでなく、自ノードに接続される3つの経路それぞれのノードの経路情報までも管理できることである。

[0050] なお、図7及び図8において、経路の順番、つまり、経路(1)であるか、経路(2)であるか、経路(3)であるかは意味を持たない。本実施の形

態では、空きデータが分散しないように、詰めてデータが格納されるのが好ましい。

[0051] 図9(a)は、本発明の実施の形態で用いる経路テーブルの一般的な例を示す図であり、図9(b)は、図9(a)に示す経路テーブルが対応するノード間の構成を示す図である。

[0052] 図9(b)に示すように、自ノードはノードAであり、図9(a)に示す経路テーブルにおいては、ノードAが管理する範囲でのノードの構成が示されている。また、図9(a)において、「アルファベット」はノードを識別する値（識別子）を示し、「？」は何かの値があることを示している。また、空欄は、値が存在しないことを示している。

[0053] また、図9(a)に示された経路テーブルに格納されている情報は、図7の下段に示したように、ノード間のデータ送信において、送信データに含まれる。このため、経路テーブルに格納されている情報は、ノード間で共有される。なお、図7で示したように、送信データは、イベントキーと、障害情報とを含んでいる。

[0054] 図10に示すように、イベントキーとしては、複数の種類が設定されている。図10は、本発明の実施の形態で用いられるイベントキーの種類の一例を示す図である。

[0055] 続いて、図11及び図12を用いて、ノードの参加が行なわれた場合の経路テーブル情報の更新について説明する。図11は、ノードの参加の一例を示している。また、図11(a)は、ノードXが参加する前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルを示し、図11(b)は、ノードXが参加した後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルを示している。

[0056] まず、図11(a)に示すように、タイプ3cのノードで構成されたネットワークが存在するとする。ここにノードXを参加させると、ネットワークの中の1つの経路にノードXが参加することになる。

[0057] その場合、その経路の両端のノードにおいては、3つの経路のうち、1つが、新しく参加したノードXに接続される経路となる。なお、ネットワーク

中のその他のノードには、なんら経路の変更は発生しない。

[0058] 具体的には、図 1 1 (b) に示すように、ノード A の経路テーブルでは、接続先のノード B がノード X に変わるだけであり、ノード B の経路テーブルでは、接続先のノード A がノード X に変わるだけである。また、参加したノード X は、必ず 2 つの経路に接続されるので、タイプ 2 のノードになる。そして、ノード X は、タイプ 3 c のノードで構成されたネットワークに参加しており、このとき、ノード X 以外のノードに接続されている経路の数は全て 3 本である。従って、ノード X は、さらに経路を増やすことはできない状態となる。

[0059] この図 1 1 (b) の状態で、さらにノード Y が参加する場合を、図 1 2 を用いて検討する。図 1 2 は、ノード Y の参加によるノード間の構成の変化を示す図である。

[0060] 図 1 1 (b) の状態でノード Y が参加する場合、ノード Y の参加に用いられる経路の両端は、タイプ 3 のノードでなければならないため、タイプ 2 のノードの経路にノード Y を参加させることはできない。つまり、図 1 2 の例では、タイプ 2 のノード X の経路であるノード A とノード X との間、およびノード B とノード X との間には、ノードを参加させることはできない。よって、それ以外の経路にノードを参加させることになる。

[0061] ノード Y を参加させると、上記と同じように、ノード Y を参加させた経路の両端のノードにおいて、接続先の経路の 1 つが変更され、参加したノード Y は、経路が 2 つであるタイプ 2 のノードになる (図 1 2 中央図参照)。

[0062] 一方、先ほど参加したノード X もタイプ 2 であるため (図 1 1 (b) 参照)、ノード X は新規に参加したノード Y との間で経路を確立して、ノード X 及び Y は共にタイプ 3 のノードになる。つまり、新規に参加したノード Y と先に参加したノード X との間に新経路が確立される (図 1 2 の下図参照)。

[0063] 以上に説明した方式でノードの参加が行なわれた場合、ネットワーク内のノードは、全てのノードがタイプ 3 となるか、1 つのノードだけがタイプ 2 で、その他のノードはタイプ 3 となるか、のいずれかになる。このため、ネ

ットワークの構成を単純化することが可能となる。

[0064] 続いて、図13を用いて、本実施の形態におけるノードの構成を更に具体的に説明する。図13は、本発明の実施の形態におけるノードの具体的構成を示すブロック図である。図13においては、ネットワークシステム500（図6参照）を構成する1つのノード100だけを例示する。ノード100と同じ構成のノードが、ネットワーク内に複数存在するものとする。

[0065] 図13に示すように、ノード100は、図6で示した、経路テーブル操作部113と経路テーブル格納部114とに加えて、以下の構成を備えている。具体的には、ノード100は、各ノードの状態を監視するため、定期データ送信部101と、定期データ作成部102と、定期データ受信部103と、定期データ解析部104とを備えている。

[0066] また、ノード100は、特定ノードへの経路情報の更新を契機付けるため、特定ノード向けイベントデータ送信部105と、特定ノード向けイベントデータ作成部106と、特定ノード向けイベントデータ受信部107と、特定ノード向けイベントデータ解析部108とを備えている。

[0067] また、ノード100は、ノード参加時などに特定のノードを意識しない経路変更の更新を契機付けるため、不特定ノード向けイベントデータ送信部109と、不特定ノード向けイベントデータ作成部110と、不特定ノード向けイベントデータ受信部111と、不特定ノード向けイベントデータ解析部112とを備えている。

[0068] また、経路テーブル格納部114は、上述したように、ノード間の経路の構築が自律して行なわれるようにするために必要なデータ、即ち、経路テーブル情報（図2参照）を格納している。経路テーブル操作部113は、本実施の形態では、各イベント情報に基づいて、経路テーブル情報の操作を実行する。

[0069] また、ノード100は、通信処理などに伴って各構成部に障害が発生した際に、その障害に対応するため、障害処理部115も備えている。障害処理部115は、定期データ送信部101から不特定ノード向けイベントデータ

解析部 1 1 2 までの各部での障害情報に基づいて、障害処理を行う。

[0070] 続いて、上述した各部の機能について述べる。まず、定期データ作成部 1 0 2 は、定常時は、経路テーブル操作部 1 1 3 を介して、経路テーブル格納部 1 1 4 が保持する経路テーブル情報を取得する。そして、定期データ作成部 1 0 2 は、取得した自ノードの経路テーブルを、定期データ送信部 1 0 1 によって、各経路のノードに定期的に送信する。

[0071] また、定期データ受信部 1 0 3 は、他ノードから、その経路テーブルを受信する。定期データ解析部 1 0 4 は、受信した他ノードの経路テーブルの内容を解析する。

[0072] 経路テーブル操作部 1 1 3 は、経路テーブル情報の更新が必要となると、経路テーブル格納部 1 1 4 が保持している経路テーブル情報を更新する。経路テーブル情報を更新する必要がある場合は、何らかのノード状態の変化が起きている場合である。

[0073] このため、定期データ解析部 1 0 4 は、データ解析の結果に基づき、送信イベントを決定し、特定ノード向けイベントデータ作成部 1 0 6 又は不特定ノード向けイベントデータ作成部 1 1 0 に、自ノードの経路テーブル情報を含んだイベントデータを作成させる。そして、定期データ解析部 1 0 4 は、作成されたイベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部 1 0 5 又は不特定ノード向けイベントデータ送信部 1 0 9 に、送信させる。

[0074] また、他のノードから送信されてきたイベントデータは、特定ノード向けイベントデータ受信部 1 0 7 又は不特定ノード向けイベントデータ受信部 1 1 1 で受信される。そして、特定ノード向けイベントデータ解析部 1 0 8 又は不特定ノード向けイベントデータ解析部 1 1 2 は、この受信されたイベントデータを解析する。

[0075] 解析した結果、さらにイベントデータの送信が必要であれば、同様にして、イベントデータ送信が実施される。また、経路テーブルの更新が必要であれば、経路テーブル操作部 1 1 3 が、経路テーブル格納部 1 1 4 に格納されている経路テーブル情報を更新する。

[0076] [システム動作]

次に、本発明の実施の形態におけるネットワークシステム及びノードの動作について説明する。また、本実施の形態１では、ネットワークシステムを動作させることによって、ネットワーク管理方法が実施される。よって、本実施の形態におけるネットワーク管理方法の説明は、以下のネットワークシステムの動作説明に代える。

[0077] [システム動作：ノード参加]

最初に、図１４及び図１５を用いて、ネットワークシステムにおいてノードの参加があった場合の動作について説明する。図１４は、ノードの参加があった場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図１５は、ノードの参加があった場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0078] 図１４においては、図１３に示したノード１００の構成のうち、図１５の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード２００においても、図１５の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード１００とノード２００との各機能ブロックにおいて、符号の下２桁が同一の機能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図１５においては、ノード１００は、ノードＸと表記し、ノード２００は、ノードＡ、ノードＢ、ノードＣと表記する。

[0079] まず、前提として、ネットワーク内に、ノード２００と同様の構成を備える複数のノード（ノードＡ、Ｂ、Ｃ）が存在し、各ノードは、図７に示した経路テーブル情報と同構造の情報を経路テーブル格納部２１４に保持しているとする。一方、ネットワークに参加するノード１００（ノードＸ）は、経路テーブル格納部１１４の経路テーブル情報において、自ノードの情報のみを格納し、他ノードの情報を格納していないとする。

[0080] 図１５に示すように、上記の状況下において、ノードＸにおいて、不特定ノード向けイベントデータ作成部１１０は、経路テーブル操作部１１３を介して、経路テーブル格納部１１４にある自ノード経路テーブル（図７参照）

を取得する。

- [0081] 次に、不特定ノード向けイベントデータ作成部 110 は、取得した経路テーブルを用い、イベントキーにノード参加イベントキーを格納して、ノード参加イベントデータ（送信データ：図 7 参照）を作成する。不特定ノード向けイベントデータ作成部 110 は、不特定ノード向けイベントデータ送信部から、ノード参加イベントデータをネットワーク内に送信する（ステップ A 1）。
- [0082] 次に、既にネットワークを構成しているノード A～C においては、不特定ノード向けイベントデータ受信部 211 が、ノード参加イベントデータを受信する（ステップ A 2）。そして、不特定ノード向けイベントデータ解析部 212 は、不特定ノード向けイベントデータ受信部 211 から受け取ったイベントデータのイベントキーを解析する。不特定ノード向けイベントデータ解析部 212 は、データ内のイベントキーから、ノード参加イベントであると判断すると、経路テーブル操作部 213 を介して、経路テーブル格納部 214 から自ノードの経路テーブルを取得する。
- [0083] 続いて、不特定ノード向けイベントデータ解析部 212 は、自ノードのタイプを判断し、タイプ 3 でない場合（タイプ 2 である場合）は、参加を認めないと判断して、何もしないで処理を終了する（ノード C）。
- [0084] 一方、不特定ノード向けイベントデータ解析部 212 は、自ノードのタイプがタイプ 3 であれば（ノード A、B）、参加を認めるため、特定ノード向けイベントデータ作成部 206 に、自ノードの経路テーブルを渡す。さらに、不特定ノード向けイベントデータ解析部 212 は、ステップ A 2 で受信したノード参加イベントデータに含まれるノード X の経路テーブルも、特定ノード向けイベントデータ作成部 206 に渡す。
- [0085] 次に、特定ノード向けイベントデータ作成部 206 は、イベントキーに候補ノードイベントキーを格納するとともに、自ノード（ノード A、B）の経路テーブルに基づいて、候補ノードイベントデータ（送信データ）を作成する。そして、特定ノード向けイベントデータ作成部 206 は、ステップ A 2

で受信したノード参加イベントデータの送信元のノードXを送信先ノードとして、候補ノードイベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部205から送信する（ステップA3）。

[0086] 次に、システムに参加するノードXにおいて、特定ノード向けイベントデータ受信部107は、候補ノードイベントデータを受信し（ステップA4）、受信データを、特定ノード向けイベントデータ解析部108に送る。

[0087] ノードXにおいて、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、受信データ内のイベントキーより、候補ノードイベントであると判断する。また、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、異なる2つのノードA、Bから候補ノードイベントを受信しているので、ノードA、Bそれぞれの経路テーブルから、同一の経路が存在するか確認する。確認の結果、同一経路の存在が確認できない場合は、ノードXでは、さらに候補ノードイベントを受信し、経路確認を行う。

[0088] 図15の例では、ノードAの経路（1）とノードBの経路（1）とが同一の経路となっている。従って、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、複数のノードからの経路テーブルに基づいて、同一の経路を見つける。そして、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、ノードXの両端となるノードA、Bを接続先とした経路テーブルを作成し、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある自ノード経路テーブルを更新する（ステップA5）。

[0089] 続いて、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、特定ノード向けイベントデータ作成部106に更新した自ノード経路テーブルを渡す。これにより、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、イベントキーに経路決定イベントを格納し、更新した経路テーブルを元に経路決定イベントデータを作成する。そして、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、各接続先を経路決定イベントデータの送信先として、特定ノード向けイベントデータ送信部105から、経路決定イベントデータを送信する（ステップA6）。

[0090] ノードA、Bでは、特定ノード向けイベントデータ受信部207が、経路決定イベントデータを受信する（ステップA7）。そして、特定ノード向けイベントデータ解析部208は、受信データ内のイベントキーから、経路決定イベントであることを確認する。これにより、特定ノード向けイベントデータ解析部208は、受信データ内の経路テーブルを元に、経路テーブル操作部213を介して、経路テーブル格納部214の経路テーブルを更新する（ステップA8）。以上のステップにより、ノードA、Bの経路テーブルでは、ノード参加のルールに従い、図11（b）で示したように、太枠で囲まれた部分が、自動的に決定され、更新される。

[0091] ところで、上記で、ノードXが、複数の候補イベントデータの解析によって、経路を決定するに当たって、同一経路を有する2つのノードA、Bそれぞれの他の2つの接続先（計4つのノード）のいずれかがタイプ2のノードである場合がある。この場合は、タイプ2のノードを含めた3ノードを参加ノードXの接続先とするのが良い。なお、計4つのノードとあるのは、1ノードあたり3つの経路があり、その1つが同一であるため、それ以外のノードは2つであり、そして該当するノードが2つあることによる。

[0092] 図16（a）及び図16（b）を用いて具体例を示す。図16は、ノードの参加の他の例を示している。また、図16（a）は、ノードXが参加する前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図16（b）は、ノードXが参加した後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0093] 図16（a）の例では、ノードAとノードBとの間の経路3は、同一経路である。また、ノードAにおいて、経路3以外に、ノードCとの経路4、ノードDとの経路5がある。ノードBにおいては、ノードEとの経路6、ノードFとの経路7とがある。

[0094] そして、各ノードのうち、ノードCはタイプ2であるとする、図16（b）に示すように、参加ノードXは、その両端に位置するノードA及びノードBに加えて、ノードCにも接続される。この場合、各ノードの経路テーブ

ルでは、ノード参加のルールに従い、図 16 (b) に示すように、太枠で囲まれた部分が、自動的に決定され、更新される。

[0095] [システム動作：定期的イベント送信]

続いて、図 17～図 19 を用いて、ネットワークシステムにおいて定期的な経路追加イベントによって経路が追加された場合の動作について説明する。図 17 は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される例を示す図である。また、図 17 (a) は、経路の追加前のノード間の構成を示し、図 17 (b) は、経路の追加後のノード間の構成を示している。

[0096] 図 17 (a) に示すように、ネットワーク内に、タイプ 2 のノードが複数存在しているとする。このような場合は、ノードの参加又は離脱によって、生じることがある。そして、タイプ 2 のノード数が 2 つ以上存在すれば、そのノード間に経路を作成することで、それぞれのノードがタイプ 3 のノードになる。

[0097] そこで、本実施の形態では、図 17 (a) に示すように、タイプ 2 のノード A は、他のノードに対して定期的に経路追加イベントを送信し、別のタイプ 2 のノードを探索する。そして、図 17 (b) に示すように、別のタイプのノードが見つかり、ノード A は、そのノードとの間に経路を作成する。

[0098] 図 17 (a) 及び図 17 (b) の例を、図 18 及び図 19 を用いて説明する。図 18 は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図 19 は、定期的な経路追加イベントによって経路が追加される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0099] 図 18 においては、図 13 に示したノード 100 の構成のうち、図 19 の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード 200 においても、図 19 の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード 100 とノード 200 との各機能ブロックにおいて、符号の下 2 桁が同一の機能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図 19 においては、ノード 100 は、ノード A と表記し、ノード 200 は、ノード B、ノード C と表記する。

[0100] まず、図19に示すように、タイプ2のノードAの不特定ノード向けイベントデータ作成部110は、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある自ノードの経路テーブル（図7参照）を取得する。次に、不特定ノード向けイベントデータ作成部110は、取得した経路テーブルを用い、イベントキーに経路追加イベントキーを格納して、経路追加イベントデータを作成する。そして、不特定ノード向けイベントデータ作成部110は、作成した経路追加イベントデータを、不特定ノード向けイベントデータ送信部109から、ネットワーク内に定期的に送信する（ステップB1）。

[0101] 次に、ネットワーク内のノードB及びCは、不特定ノード向けイベントデータ受信部211で経路追加イベントデータを受信する（ステップB2）。そして、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、不特定ノード向けイベントデータ受信部211からデータを受け取り、これを解析する。また、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、データ内のイベントキーに基づいて、経路追加イベントであると判断する。次に、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、経路テーブル操作部213を介して、経路テーブル格納部214から自ノードの経路テーブル（図7参照）を取得する。

[0102] 続いて、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、自ノードのタイプを判断し、タイプ2でない場合（タイプ3である場合）は、何もしないで処理を終了する（ノードC）。

[0103] 一方、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、自ノードのタイプがタイプ2であれば（ノードB）、特定ノード向けイベントデータ作成部206に、自ノードの経路テーブルを渡す。さらに、不特定ノード向けイベントデータ解析部212は、ステップB2で受信した経路追加イベントデータに含まれるノードAの経路テーブルも、特定ノード向けイベントデータ作成部206に渡す。

[0104] 次に、特定ノード向けイベントデータ作成部206は、イベントキーに候

補ノードイベントキーを格納するとともに、自ノード（ノードB）の経路テーブルに基づいて、候補ノードイベントデータ（送信データ）を作成する。そして、特定ノード向けイベントデータ作成部206は、ステップB2で受信した経路追加イベントデータの送信元のノードAを送信先として、候補ノードイベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部205から送信する（ステップB3）。

[0105] 次に、タイプ2のノードAにおいて、特定ノード向けイベントデータ受信部107は、候補ノードイベントを受信し（ステップB4）、受信データを、特定ノード向けイベントデータ解析部108に送る。

[0106] ノードAにおいて、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、受信データ内のイベントキーより、候補ノードイベントであると判断する。また、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、候補ノードBの経路テーブルを受信しているので、これから、候補ノードBがタイプ2であることを確認する。

[0107] 図19の例では、候補ノードBはタイプ2であるので、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、候補ノードBを接続先とした経路テーブルを作成し、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114の経路テーブルを更新する（ステップB5）。

[0108] 続いて、特定ノード向けイベントデータ解析部108は、特定ノード向けイベントデータ作成部106に更新した経路テーブルを渡す。これにより、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、イベントキーに経路決定イベントを格納し、更新した経路テーブルを元に経路決定イベントデータを作成する。そして、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、接続先を経路決定イベントデータの送信先として、特定ノード向けイベントデータ送信部105から、経路決定イベントデータを送信する（ステップB6）。

[0109] ノードBでは、特定ノード向けイベントデータ受信部207が、経路決定イベントデータを受信する（ステップB7）。そして、特定ノード向けイベントデータ解析部208は、受信データ内のイベントキーから、経路決定イ

ベントであることを確認する。これにより、特定ノード向けイベントデータ解析部 208 は、受信データ内の経路テーブルを元に、経路テーブル操作部 213 を介して、経路テーブル格納部 214 の経路テーブルを更新する（ステップ B8）。以上のステップにより、図 17（b）に示したように、ノード A とノード B との間に経路が新たに構築される。

[0110] [システム動作：ノードの死活監視]

続いて、図 20 及び図 21 を用いて、ネットワークシステムにおけるノードの死活監視について説明する。図 20 は、ネットワークシステムにおけるノードの死活監視を説明するための図である。図 21 は、死活監視実行時におけるノードの動作を示すフロー図である。

[0111] 図 20 に示すように、ノード A は、ノード B、ノード C、及びノード D に接続されている。この場合、例えば、ノード A は、各経路を通じて、接続先のノード B～D それぞれに定期的にデータ（定期データ）を送信することで、これら接続先のノードの死活を監視する。

[0112] また、ネットワークを構成する各ノードは、経路によって直接接続されているノードのみ、つまり、隣接しているノードのみを監視する。そのため、ネットワーク中のノードが増加しても、あるノードが監視するノードは、最大 3 ノードまでに限定されることになる。このため、ネットワークを流れるノード監視用の定期データのデータ量は抑えられることになる。また、各ノードによる定期データの送信は、それぞれ非連動で行われる。

[0113] そして、各ノードは、特定のノードへの定期データの送信に異常があった場合、及び特定のノードからの定期データの受信に遅れがあった場合は、特定のノードに異常が発生したと判断する。また、各ノードは、イベントデータを含むノード間での送信データにおいて、経路テーブルの値に異常があった場合も、該当するノードに異常があるものと判断する。

[0114] 図 21 に示すように、ノード 100（図 13 参照）において、障害処理部 115 は、まず、送信先のノードに障害が発生しているかどうかを判定する（ステップ C1）。具体的には、障害処理部 115 は、定期データ送信部 1

01で送信異常があった場合、及び特定ノード向けイベントデータ送信部105で送信異常があった場合は、送信先のノード（データの送り先となっているノード）に障害が発生したと判断する。

[0115] 障害処理部115は、ステップC1の判定の結果、送信先のノードに障害が発生していない場合は、ステップC2を実行し、送信先のノードに障害が発生している場合は、ステップC3を実行する。

[0116] ステップC2では、障害処理部115は、受信先のノードに障害が発生しているかどうかを判定する。具体的には、障害処理部115は、定期データ解析部104に一定時間、定期データ受信部103から受信データが通知されない場合は、受信先のノード（データの送り元となっているノード）に障害が発生したと判断する。

[0117] 障害処理部115は、ステップC2の判定の結果、受信先のノードに障害が発生していない場合は、再度ステップC1を実行し、受信先のノードに障害が発生している場合は、ステップC3を実行する。

[0118] 障害が発生している各ノードにおいては、その障害処理部115は、ノード離脱処理を実行する。よって、当該ノードはネットワークから離脱する。このため、ステップC3では、障害を検出したノード100によって、新たな経路の生成処理が実行される。なお、あるノードで障害が発生した場合、その障害が発生したノードに隣接するノードのうち、最も早く障害を検出したノードが、障害が発生したノードの離脱後に、ステップC3を実行すれば良い。

[0119] [システム動作：ノード離脱（1）]

続いて、図22～図25を用いて、ネットワークシステムにおけるタイプ2のノードの離脱について説明する。

[0120] 本実施の形態において、ノードがネットワークから離脱する場合としては2つの場合がある。一つは、障害が発生したノードが、その障害により自らの離脱を他ノードに通知できず、他ノードが通信障害などに基づいて異常を検出し、ノードの離脱と判断する場合である。もう一つは、離脱するノード

が、離脱前に、ネットワークの他のノードに対して、離脱を通知して離脱を行う場合である。

[0121] また、本実施の形態におけるノード管理方式では、ノードのネットワークへの参加のルールが明確になっているため、ノードが離脱する場合のノード接続の組み合わせのパターンは固定化されている。そのため、ノード離脱に関する前者と後者との違いは、離脱せずにネットワーク上に残るノードが新経路を作成するか、離脱を予定しているノードが新経路を作成するかの違いしかない。以下では、前者について説明する。

[0122] 本例では、タイプ2のノードのネットワークからの離脱について図22及び図23を用いて説明する。図22は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱する例を示す図である。図22(a)は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図22(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0123] 図23は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される例を示す図である。図23(a)は、新経路の構築前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図23(b)は、新経路の構築後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0124] 図22(a)及び図22(b)に示すように、タイプ2のノードXが離脱すると、それに接続されている2つのノードAとノードBとの間に新しい経路2が作成される。また、ノードXが離脱する際、その離脱を検知するのは、経路にあるノードAとノードBである。ここでは、ノードAがノードBより先に離脱を検出したとする。

[0125] ノードAは、ノードXの離脱を検知すると、その経路テーブルの経路情報21に基づいて、ノードXがタイプ2であることと、ノードA以外の接続先ノードがノードBであることを特定する。

[0126] また、ノードAは、その経路テーブルにあるノードXの経路情報21を、ノードXの経路テーブルにあるノードBの経路情報20に移し替える(図22(b)参照)。その際、ノードAの経路テーブルにおいて、移し替えた後

のノードBの経路情報22には、未だ、離脱したノードXを識別する値（識別子）が残されている。従って、ノードAは、ノードXの情報を自ノードであるノードAを識別する値に更に移し替える（図22（b）参照）。これにより、ノードAの経路テーブルは、新しい経路の情報で確立される。

[0127] 続いて、図23（a）に示すように、ノードAは、新しい接続先であるノードBに対して、接続要求イベントデータを送信する。ノードBは、接続要求イベントを受信すると、自ノードBの経路テーブル内の各ノードの経路情報と、接続要求イベントデータに含まれる経路テーブル内の自ノードの経路情報24とを比較する。この場合、ノードBは、接続先にノードXがなくなり、ノードAに変わっている、と判断する。

[0128] そこで、ノードBは、自ノードの経路テーブルにおいて、ノードXの経路情報23（図23（a）参照）を、ノードAの経路情報25に置き換える。また、このとき、ノードBは、経路情報25における空欄28には、接続要求イベントデータの欄26の値を書き込み、経路情報25における空欄29には、接続要求イベントデータの欄27の値を書き込む。

[0129] 図22～図23の例を、図24及び図25を用いて説明する。図24は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図25は、ネットワーク中のタイプ2のノードが離脱した後に新経路が構築される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0130] 図24においては、図13に示したノード100の構成のうち、図25の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード200及び300においても、図25の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード100～300それぞれの各機能ブロックにおいて、符号の下2桁が同一の機能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図25においては、ノード100はノードAと表記し、ノード200はノードXと表記し、ノード300はノードBと表記する。

[0131] まず、図24及び図25の例において、ノードAとノードXとの間に経路

があり、そして、ノードXに異常が生じているとする。そして、図25に示すように、ノードAにおいて、定期データ作成部102が定期データを作成し、定期データ送信部101が定期データをノードXへと送信する（ステップD1）。

[0132] ノードXには異常が生じているため、定期データ送信部101は、送信エラーに基づいて障害を検出し（ステップD2）、検出した異常についての異常情報を、障害処理部115に通知する。障害処理部115は、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある経路テーブル情報（図7参照）からノードXの経路テーブルを取得する。また、障害処理部115は、取得した経路テーブルの内容より、新しい接続先としてノードBを特定する。

[0133] そして、障害処理部115は、経路テーブル操作部113を介して、ノードAの経路テーブルを更新し（ステップD3）、更新後のノードAの経路テーブルを、特定ノード向けイベントデータ作成部106に渡す。特定ノード向けイベントデータ作成部106は、受け取った更新後のノードAの経路テーブルを用いて、接続要求イベントデータを作成する。このとき、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、イベントキー（図7参照）に接続要求イベントを格納し、更に、障害情報（図7参照）に検出した障害ノードの情報（障害ノードを識別する値）を格納する。

[0134] 次に、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、作成した接続要求イベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部105から、ノードBへと送信する（ステップD4）。

[0135] 次に、ネットワーク内のノードBにおいては、特定ノード向けイベントデータ受信部307が、接続要求イベントデータを受信する（ステップD5）。特定ノード向けイベントデータ解析部308は、特定ノード向けイベントデータ受信部307から接続要求イベントデータを受け取り、これを解析する。本例では、特定ノード向けイベントデータ解析部308は、データ内のイベントキーより、接続要求イベントであると判断する。よって、特定ノード

ド向けイベントデータ解析部 308 は、経路テーブル操作部 313 を介して、経路テーブル格納部 314 に格納されている、ノード B の経路テーブルを更新する（ステップ D6）。

[0136] また、本例では、ノード B は、接続要求イベントデータの受信前に、ノード X に対して定期データを送信し（ステップ D7）、送信エラーに基づいて、ノード X における障害を検出することができる（ステップ D8）。但し、ノード B は、ノード A からの接続要求イベントデータの障害情報によって、ノード X に障害が発生している旨の通知を受けている。従って、この場合、ノード B は、障害検出に対して、何ら処理を実行しない。

[0137] なお、図 25 の例と異なり、ノード B において、接続要求イベントデータを受信する前（ステップ D4 の前）に、送信エラー（ステップ D8）が発生していた場合は、ノード B においても、ノード A と同様に経路の更新処理が行われるが、更新結果は同じとなるので、特に問題となることはない。

[0138] [システム動作：ノード離脱（2）]

続いて、図 26～図 30 を用いて、ネットワークシステムにおけるタイプ 3 i のノードの離脱について説明する。

[0139] 図 1（f）及び図 1（g）を用いて説明したように、タイプ 3 には、接続先ノードにタイプ 2 を含むタイプ 3 i とタイプ 2 を含まないタイプ 3 c がある。本例では、上述したようにタイプ 3 i のノードの離脱について説明する。

[0140] 図 26 は、ネットワーク中のタイプ 3 i のノードが離脱し、タイプ 2 のノードが最初に離脱を検知する例を示す図である。図 26（a）は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図 26（b）は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0141] 図 27 は、図 26 に示したノードの離脱の検知を説明する図である。図 27（a）は、ノードの離脱を検知した状態を示し、図 27（b）は、ノードの離脱を検知した後の状態を示している。

[0142] 図28は、図26に示したノードの離脱の後に行われる通知を説明する図である。図28(a)は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図28(b)は、通知後の状態を示している。

[0143] 図26(a)及び図26(b)に示すように、タイプ3iのノードXがネットワークから離脱すると、離脱するノードXに接続されている3つのノードのうち、タイプ2のノードAから、タイプ3のノードB及びCへと新しい経路が作成される。

[0144] また、ノードXが離脱する際、その離脱を検知するのは、経路にあるノードA、ノードB、及びノードCの3つのノードであるが、この3つのノードは等価ではない。即ち、離脱を検知したノードが、タイプ2の場合と、タイプ3の場合とがあるが、それぞれにおいて方式が異なる。本例では、離脱を最初に検知したノードが、タイプ2のノードAである場合について説明する。

[0145] 図27(a)に示すように、まず、タイプ2のノードAは、ノードXの離脱を検知すると、自ノードA内にあるノードXの経路テーブルから、ノードXがタイプ3iであることと、自ノード以外の接続先ノードが、ノードB、ノードCであることを特定する。

[0146] 次に、図27(b)に示すように、ノードAは、ノードXの経路テーブル内のノードBの経路情報30を、自ノードAの経路テーブルにおける、離脱するノードXの経路情報31の位置に移し替える。更に、ノードAは、ノードXの経路テーブル内のノードCの経路情報32を、自ノードAの経路テーブルの空き領域33に移し替える。

[0147] また、上記の移し替えを実行しても、図27(b)に示すように、ノードAの経路テーブルにおいては、ノードB及びノードCの経路情報の欄34及び35には、離脱したノードXの情報（ノードXを識別する値）が残っている。このため、ノードAは、欄34及び35にあるノードXの情報を、自ノードであるノードAの情報に差し替える。

[0148] 以上により、ノードAの経路テーブルにおいて新経路の情報が確立される

。よって、図28(a)及び図28(b)に示すように、ノードAは、新経路での接続先となるノードB及びノードCに対して、接続要求イベントデータを送信する。

[0149] 続いて、ノードBおよびノードCは、ノードAから接続要求イベントデータを受信すると、自ノードの経路の接続先がノードXからノードAに変わっており、接続要求イベントデータがノードAから送られてきているため、経路の変更を行う。

[0150] 例えば、図28(a)及び図28(b)に示すように、ノードBは、接続要求イベントデータを受信すると、自ノードBの経路テーブル内の各ノードの経路情報と、受信した接続要求イベントデータ中の経路テーブル内の自ノードの経路情報37とを比較する。そして、ノードBは、接続先にノードXがなくなり、ノードXがノードAに変わっていると判断する。

[0151] そこで、図28(b)に示すように、ノードBは、自ノードの経路テーブルのうち、ノードXの経路情報36をノードAの経路情報に置き換える。また、このとき、ノードBは、図28(b)のノードAの経路情報の空欄40には、接続要求イベントデータの欄38の値を書き込み、ノードAの経路情報の空欄41には、接続要求イベントデータの欄39の値を書き込む。

[0152] 図26～図28の例を、図29及び図30を用いて説明する。図29は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱した後に新経路が構築される場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図30は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱した後に新経路が構築される場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0153] 図29においては、図13に示したノード100の構成のうち、図30の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード200～400においても、図30の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード100～400それぞれの各機能ブロックにおいて、符号の下2桁が同一の機能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図30においては、ノード100はノードAと表記し、ノード200はノードXと表記し、ノード3

00はノードBと表記し、ノード400はノードCと表記する。

[0154] まず、図29及び図30の例において、ノードAとノードXとの間に経路があり、ノードXに異常が生じているとする。ノードAは、タイプ2のノードである。そして、ノードAは、定期データ作成部102で作成した定期データを定期データ送信部101から、ノードXに送信する（ステップE1）。

[0155] ノードXには異常が生じているため、定期データ送信部101は、送信エラーに基づいて障害を検出し（ステップE2）、検出した異常についての異常情報を、障害処理部115に通知する。障害処理部115は、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある経路テーブル情報（図7参照）からノードXの経路テーブルを取得する。また、障害処理部115は、取得した経路テーブルの内容に基づき、新しい接続先をノードB及びノードCと判断する。

[0156] そして、障害処理部115は、ノードAの経路テーブルを更新し（ステップE3）、更新後のノードAの経路テーブルを、特定ノード向けイベントデータ作成部106に渡す。特定ノード向けイベントデータ作成部106は、受け取った更新後のノードAの経路テーブルを用いて、接続要求イベントデータを作成する。このとき、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、イベントキー（図7参照）に接続要求イベントを格納し、更に、障害情報（図7参照）に検出した障害ノードの情報（障害ノードを識別する値）を格納する。

[0157] 次に、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、作成した接続要求イベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部105から、ノードBおよびノードCへと送信する（ステップE4）。

[0158] 次に、ネットワーク内のノードBにおいては、特定ノード向けイベントデータ受信部307が、接続要求イベントデータを受信する（ステップE5）。特定ノード向けイベントデータ解析部308は、特定ノード向けイベントデータ受信部307から接続要求イベントデータを受け取り、これを解析す

る。本例では、特定ノード向けイベントデータ解析部308は、データ内のイベントキーより、接続要求イベントであると判断する。よって、特定ノード向けイベントデータ解析部308は、経路テーブル操作部313を介して、経路テーブル格納部314に格納されている、ノードBの経路テーブルを更新する（ステップE6）。

[0159] また、ノードCにおいても、ノードBと同様に、受信処理（ステップE7）及び更新処理（ステップE8）が実行され、ノードCの経路テーブルが更新される。結果、ノードXの離脱後、ノードAとノードBとの間、ノードAとノードCとの間に新たな経路が構築される。

[0160] [システム動作：ノード離脱処理（3）]

続いて、図31～図35を用いて、ネットワークシステムにおけるタイプ3iのノードの離脱について別の例を説明する。本例では、ノード離脱処理（2）と異なり、ネットワークにあるノードA、ノードB、ノードCの3つのノードのうち、タイプ3のノードBが最初にノードXの離脱を検出した例について説明する。

[0161] 図31は、ネットワーク中のタイプ3iのノードが離脱し、タイプ3のノードが最初に離脱を検知する例を示す図である。図31（a）は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図31（b）は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0162] 図32は、図31に示したノードの離脱の後に行われる通知の一例を説明する図である。図32（a）は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図32（b）は、通知後の状態を示している。

[0163] 図33は、図31に示したノードの離脱の後に行われる通知の他の例を説明する図である。図33（a）は、ノードの離脱後に通知を行っている状態を示し、図33（b）は、通知後の状態を示している。

[0164] 図31（a）に示すように、まず、タイプ3のノードBは、ノードXの離脱を検知すると、自ノードB内にあるノードXの経路テーブルから、ノード

Xがタイプ3 iであることと、自ノード以外の接続先ノードが、ノードA、ノードCであることを特定する。

[0165] 次に、ノードBは、ノードXの経路テーブル内のノードA（タイプ2）の経路情報50を、自ノードの経路テーブルにおける、離脱するノードXの経路情報51の位置に移し替える。

[0166] また、上記の移し替えを実行しても、図31（b）に示すように、ノードBの経路テーブルにおいては、ノードAの経路情報の欄52には、離脱したノードXの情報（ノードXを識別する値）が残っている。このため、ノードBは、欄52にある離脱したノードXの情報を、自ノードであるノードBの情報に差し替える。

[0167] 更に、ノードAはタイプ2であったため、経路に空きがあり、ノードAの経路情報の欄53は空欄となっている。このため、ノードBは、欄53に、ノードXに接続されていた残りのノードであるノードCの情報を格納する。以上により、ノードBの経路テーブルにおいて新経路の情報が確立される。

[0168] 続いて、図32（a）及び図33（a）に示すように、ノードBは、新しい接続先であるノードAとノードCとに対して、接続要求イベントデータを送信する。

[0169] 図32（a）及び図32（b）に示すように、ノードAは、ノードBから接続要求イベントデータを受信すると、自ノードAの経路テーブル内の各ノードの経路情報と、受信した接続要求イベントデータ中の経路テーブル内の自ノードの経路情報58とを比較する。そして、ノードAは、接続先にノードXがなくなり、ノードXが、接続要求イベントデータの送信元のノードBに変わっていると判断する。更に、このとき、ノードBは、接続先にノードCが追加されていることも判断する。

[0170] 次に、図32（b）に示すように、ノードAは、自ノードAの経路テーブルのうち、ノードXの経路情報56をノードBの経路情報に置き換える。続いて、ノードAは、新たな接続先となるノードCの経路情報を、ノードXの経路テーブル内のノードCの経路情報55から取得し、これを空き経路情報

５７に置き換える（図３１の４）。その際、ノードＣの経路情報５５の欄５９には、離脱したノードＸの情報（ノードＸを識別する値）が残っている。このため、ノードＡは、欄５９にあるノードＸの情報を、自ノードであるノードＡの情報に差し替える。

[0171] 以上により、ノードＡの経路テーブルにおいて新経路の情報が確立される。

[0172] また、図３３（ａ）及び図３３（ｂ）に示すように、ノードＣは、ノードＢから接続要求イベントデータを受信すると、自ノードＣの経路テーブル内の各ノードの経路情報と、受信した接続要求イベントデータ中の経路テーブル内の自ノードの経路情報６２とを比較する。そして、ノードＣとノードＢとの間には経路が存在しないため、ノードＣは、受信した接続要求イベントデータ内にノードＣの経路情報が存在しないと判断する。

[0173] 更に、ノードＣは、受信した接続要求イベントデータ内に自ノードＣの情報が存在しているかどうかを確認し、ノードＡがノードＣとの間に経路を有していることを特定する（経路情報６２の欄６３）。

[0174] また、ノードＢから送信されてきた接続要求イベントデータには、障害情報として、ノードＸに障害が発生したことを示す情報が格納されている。従って、ノードＣは、自ノードＣの経路テーブル内のノードＸの経路情報６１と、ノードＸの経路テーブル内のノードＡの経路情報６０とを比較する。そして、ノードＣは、ノードＡがタイプ２のノードであり、ノードＡの経路内で、ノードＸからノードＢに変わり、更にノードＣが追加されていると判断する。

[0175] そこで、ノードＣは、自ノードの経路テーブル内の、ノードＸの経路情報６１を、受信した接続要求イベントデータ中のノードＡの経路情報６２に置き換える。

[0176] 以上により、ノードＣの経路テーブルにおいて新経路の情報が確立される。

[0177] 図３１～図３３の例を、図３４及び図３５を用いて説明する。図３４は、

ネットワーク中のタイプ3 i のノードが離脱した後に新経路が構築される他の場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図35は、ネットワーク中のタイプ3 i のノードが離脱した後に新経路が構築される他の場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0178] 図34においては、図13に示したノード100の構成のうち、図35の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード200～400においても、図35の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード100～400それぞれの各機能ブロックにおいて、符号の下2桁が同一の機能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図35においては、ノード100はノードBと表記し、ノード200はノードXと表記し、ノード300はノードAと表記し、ノード400はノードCと表記する。

[0179] まず、図34及び図35の例において、ノードBとノードXとの間に経路があり、ノードXに異常が生じているとする。ノードBは、タイプ3のノードである。そして、ノードBは、定期データ作成部102で作成した定期データを定期データ送信部101から、ノードXに送信する（ステップF1）。

[0180] ノードXには異常が生じているため、定期データ送信部101は、送信エラーに基づいて障害を検出し（ステップF2）、検出した異常についての異常情報を、障害処理部115に通知する。障害処理部115は、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある経路テーブル情報（図7参照）からノードXの経路テーブルを取得する。また、障害処理部115は、取得した経路テーブルの内容より、新しい接続先をノードAと判断する。ここで、ノードAは、タイプ2のノードであり、ノードCは、タイプ3のノードとする。

[0181] そして、障害処理部115は、ノードBの経路テーブルを更新し（ステップF3）、更新後のノードBの経路テーブルを、特定ノード向けイベントデータ作成部106に渡す。特定ノード向けイベントデータ作成部106は、受け取った更新後のノードBの経路テーブルを用いて、接続要求イベントデ

ータを作成する。このとき、特定ノード向けイベントデータ作成部 106 は、イベントキー（図 7 参照）に接続要求イベントを格納し、更に、障害情報（図 7 参照）に検出した障害ノードの情報（障害ノードを識別する値）を格納する。

[0182] 次に、特定ノード向けデータ作成部 106 は、作成した接続要求イベントデータを、特定ノード向けイベントデータ送信部 105 から、ノード A およびノード C へと送信する（ステップ F 4）。

[0183] 次に、ネットワーク内のノード A においては、特定ノード向けイベントデータ受信部 307 が、接続要求イベントデータを受信する（ステップ F 5）。特定ノード向けイベントデータ解析部 308 は、特定ノード向けイベントデータ受信部 307 から接続要求イベントデータを受け取り、これを解析する。本例では、特定ノード向けイベントデータ解析部 308 は、データ内のイベントキーより、接続要求イベントであると判断する。よって、特定ノード向けイベントデータ解析部 308 は、経路テーブル操作部 313 を介して、経路テーブル格納部 314 に格納されている、ノード A の経路テーブルを更新する（ステップ F 6）。

[0184] また、ノード C においても、ノード A と同様に、受信処理（ステップ F 7）及び更新処理（ステップ F 8）が実行され、ノード C の経路テーブルが更新される。結果、ノード X の離脱後、ノード A とノード B との間、ノード A とノード C との間に新たな経路が構築される。

[0185] [システム動作：ノード離脱処理（4）]

続いて、図 36 及び図 37 を用いて、ネットワークシステムにおけるタイプ 3c のノードの離脱について説明する。

[0186] 具体的には、離脱するタイプ 3c のノードの接続先の 3 つのノードのうち、1 つがタイプ 3i の場合について図 36 及び図 37 を用いて説明する。図 36 は、タイプ 3c の 2 つのノードとタイプ 3i の 1 つのノードとを接続先とする、タイプ 3c のノードがネットワークから離脱する例を示す図である。図 36（a）は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テ-

ブルとを示し、図36(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0187] 図36(a)に示すように、離脱するタイプ3cのノードXにおいて、全ての接続先は、タイプ3のノードとなっている。具体的には、接続先となるノードA及びノードCはタイプ3cであり、ノードBはタイプ3iである。よって、このタイプ3cのノードXがネットワークから離脱すると、図36(b)に示すように、ノードAはネットワークから切り離され、残るノードB及びノードCは、両者の間に新しい経路を構築する。

[0188] このとき、ノードAに接続されているノードが、いくつかのノードを経由して、ノードBまたはノードCに接続される可能性はあるが、ノードAは、それを認識できなし、認識する必要もない。

[0189] そこで、本例では、このような状態において、ノードAは、ノードB及びノードCのネットワークに再度接続することができる。この点について図37を用いて以下に説明する。図37は、図36に示したノードの離脱によってネットワークから切り離されたノードのネットワークへの復帰を示す図である。図37(a)は離脱の発生前の状態を示し、図37(b)は離脱発生後にノードがネットワークに復帰した状態を示している。

[0190] まず、離脱するノードXの接続先であるノードA、ノードB、およびノードCについて、これらの更なる接続先ノードを検討する。例えば、図37(a)および図37(b)に示すように、ノードBが、接続先としてタイプ2のノードを含むタイプ3iだとする。

[0191] ノードXが離脱した際、それを知るのは、ノードXの接続先であるノードA、ノードB、およびノードCであるが、この3つのノードは、自ノード以外のノードタイプはわからない。そこで、ノードA、ノードB、およびノードCは、ノードXの離脱を検知すると、自ノードがタイプ3iでない場合(ノードA、ノードC)は、すぐに新経路作成の処理を行わず、待機状態となる。一方、ノードA、ノードB、およびノードCは、自ノードがタイプ3iである場合は、自ノードと残りの2つのノードのうち1つとの間に新たな経

路を確立する。

[0192] 具体的には、図37(b)に示すように、ノードBは、タイプ3iであるので、ノードCとの間に新たな経路15を確立する。また、ネットワークから分離されてしまったノードAは、ノードBに接続されているタイプ2のノードとの間に、新たな経路16を確立する。

[0193] [システム動作：ノード離脱処理(5)]

続いて、図38～図40を用いて、ネットワークシステムにおけるタイプ3cのノードの離脱の別の例について説明する。

[0194] 具体的には、離脱するタイプ3cのノードの接続先の3つのノード全てがタイプ3cの場合について図38～図40を用いて説明する。図38は、タイプ3cの3つのノードを接続先とする、タイプ3cのノードがネットワークから離脱する例を示す図であり、図38(a)は、ノードの離脱前のノード間の構成を示し、図38(b)は、ノードの離脱後のノード間の構成を示している。

[0195] 図38(a)に示すように、離脱するタイプ3cのノードXにおいて、全ての接続先はタイプ3cのノードとなっている。従って、図38(a)および図38(b)に示されるネットワークの範囲内にタイプ2のノードが存在していないので、図38(b)に示すように、ノードXが離脱すると、タイプ2のノードが3つ作成され、ネットワークが分断されることになる。

[0196] そこで、本例では、まず、ネットワークの分断を防ぐため、タイプ2となった3つのノードのうち、任意の2ノードによって仮の経路が作成される。その後、作成された仮の経路に代わる経路が存在しているかどうかを確認され、存在している場合は、仮の経路は取り除かれる。この確認処理について、図39および図40に基づいて以下に説明する。

[0197] 図39は、図38に示したノードの分離が発生した場合の仮の経路の作成処理と確認処理との一例を説明する図である。図39(a)は仮の経路の作成処理および確認処理の実行中の状態を示す図であり、図39(b)は処理終了後を示す図である。

[0198] 図39(a)に示すように、まず、ノードAとノードBとの間に仮の経路が作成される。次いで、ノードAおよびノードBは、それぞれの経路テーブルを用いて、共通の接続先となるノードが存在するかどうかを確認する。

[0199] 本例では、図39(a)および図39(b)に示すように、ノードAおよびノードBの共通の接続先として、ノードDが存在している。従って、ノードAとノードDとの経路、ノードBとノードDとの経路が存在するため、ノードAとノードBとの間の仮の経路を取り除いても、ネットワークの分断は起きないので、仮の経路は取り除かれる。

[0200] 図40は、図38に示したノードの分離が発生した場合の仮の経路の作成処理と確認処理とその他の例を説明する図である。図40(a)は仮の経路の作成処理および確認処理の実行中の状態を示す図であり、図40(b)は処理終了後を示す図である。

[0201] 図40(a)に示すように、まず、ノードAとノードBとの間に仮の経路が作成される。次いで、ノードAおよびノードBは、それぞれの経路テーブルを用いて、共通の接続先となるノードが存在するかどうかを確認するが、共通の接続先となるノードが存在しないとする。

[0202] この場合、ノードAおよびノードBは、それぞれ、接続先のノードの接続先によって、ノードAとノードBとを最終的に接続する経路が存在しているかどうかを確認する。具体的には、ノードAおよびノードBは、それぞれ、ノードCとノードEとの間、ノードCとノードFとの間、ノードDとノードEとの間、ノードDとノードFとの間のいずれか1つでも経路が存在するかどうかを確認する。そして、図40(b)に示すように、経路が存在する場合は、ノードAとノードBとの間の仮の経路を取り除いても、ネットワークの分断は起きないので、仮の経路は取り除かれる。

[0203] 具体的には、図40(a)に示すように、ノードAは、ノードAの経路テーブルから、ノードA→ノードB→ノードE→ノードC→ノードAの巡回経路が存在することを確認する(図40(a)下段)。

[0204] また、図39および図40に示した作成処理および確認処理は、図38に

おけるノードAとノードBとの間、ノードBとノードCとの間、ノードCとノードAとの間のうち、いずれかについて行われる。そして、任意の2ノード間について上記の経路が確認できた場合は、確認対象となった任意の2ノードのうち的一方（タイプ2）と、残りの1ノード（タイプ2）の間には、新たな経路が作成される。

[0205] また、この場合の2つのタイプ2のノードによる経路の作成は、図17～図19を用いて説明したように、一方のタイプ2のノードが、定期的に経路追加イベントデータを送信して、ネットワーク中の他のタイプ2のノードを探索することによって行われる。

[0206] [システム動作：ノード離脱処理（6）]

続いて、図41～43を用いて、ネットワークシステムから離脱するノード自体が離脱処理を開始する場合について説明する。

[0207] 図41は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する例を示す図である。図41（a）は、ノードの離脱前のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示し、図41（b）は、ノードの離脱後のノード間の構成と各ノードの経路テーブルとを示している。

[0208] 図41（a）および図41（b）に示すように、タイプ2のノードXが離脱を行う場合、ノードXと経路を持つノードAとノードBの間に新経路17が作成される。

[0209] 図41の例を、図42及び図43を用いて説明する。図42は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する場合のネットワークシステムにおける情報の流れを示す図である。図43は、ネットワーク中のノードが自ら離脱処理を開始する場合のシーケンスと各経路テーブルの遷移とを示す図である。

[0210] 図42においては、図13に示したノード100の構成のうち、図43の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード200および300においても、図43の説明に必要な構成のみが示されている。また、ノード100～300それぞれの各機能ブロックにおいて、符号の下2桁が同一の機

能ブロックは、同一であることを意味している。更に、図43においては、ノード100はノードXと表記し、ノード200はノードAと表記し、ノード300はノードBと表記する。

[0211] 図42のように、まず、ノードXは、経路テーブル操作部113を介して、経路テーブル格納部114にある経路テーブル情報から、ノードXの経路テーブル、ノードAの経路テーブル、ノードBの経路テーブルを取得する。そして、経路テーブル操作部113は、取得した接続先ノードの経路テーブルを更新する（ステップG1）。

[0212] 次に、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、イベントキーに経路決定イベントを格納し、イベントデータの送信先に合わせて、更新した経路テーブルを元に経路決定イベントデータを作成する。そして、特定ノード向けイベントデータ作成部106は、特定ノード向けイベントデータ送信部105から、送信先となるノードに向けて、経路決定イベントデータを送信する（ステップG2）。

[0213] 次に、経路決定イベントデータの受信先であるノードAは、特定ノード向けイベントデータ受信部207によって、この経路決定イベントデータを受信する（ステップG3）。そして、ノードAにおいて、特定ノード向けイベントデータ解析部208は、特定ノード向けイベントデータ受信部207から受け取ったデータを解析し、データ内のイベントキーより、経路決定イベントであると判断する。

[0214] 次に、特定ノード向けイベントデータ解析部208は、経路決定イベントデータに基づいて、経路テーブル操作部213を介して、経路テーブル格納部214の経路テーブル情報を更新する（ステップG5）。

[0215] 同様に、経路決定イベントデータの受信先であるノードBも、受信処理（ステップG4）および経路テーブル情報の更新処理（ステップG6）を実行する。

[0216] 以上により、ノードXが離脱した後は、ノードAとノードBとの間に経路が確立される。なお、離脱するノードがタイプ3である場合も、上記と同様

に、ノードが離脱した後に、経路が決定され、離脱したノードから接続先の各ノードに離脱後の経路テーブルが送信される。

[0217] [実施の形態による効果]

以上のように、本実施の形態では、各ノードの経路の本数は2本または3本に制限され、ノードのネットワークへの参加について定義がなされている。これにより、各ノードで管理する隣接ノードの経路情報のデータ量が固定化され、ノードの参加時およびノードの離脱時における新経路の作成は、論理的に自動化される。

[0218] また、本実施の形態では、ノード間の通信に用いられる送信データ内に、接続先のノードの経路テーブルが含まれるため、ノード間において、接続先のノードの情報が常に交換され、各ノードは互いに経路の接続状況を確認し合う。このため、自律したノードの参加および離脱の制御が実現される。

[0219] [プログラム]

本実施の形態におけるプログラムは、コンピュータに、上述した各ステップを実行させるプログラムであれば良い。このプログラムをコンピュータにインストールし、実行することによって、本実施の形態におけるノードを実現することができる。

[0220] この場合、コンピュータのCPU (Central Processing Unit) は、特定ノード向けイベントデータ送信部と、特定ノード向けイベントデータ作成部と、特定ノード向けイベントデータ受信部と、特定ノード向けイベントデータ解析部として機能する。また、CPUは、不特定ノード向けイベントデータ送信部と、不特定ノード向けイベントデータ作成部と、不特定ノード向けイベントデータ受信部と、不特定ノード向けイベントデータ解析部としても機能する。更に、CPUは、経路テーブル操作部および障害処理部としても機能する。また、コンピュータに備えられたハードディスク等の記憶装置は、経路テーブル格納部として機能する。

[0221] ここで、本実施の形態におけるプログラムを実行することによって、ノードを実現するコンピュータについて図44を用いて説明する。図44は、本

発明の実施の形態におけるノードを実現するコンピュータの一例を示すブロック図である。

[0222] 図44に示すように、コンピュータ510は、CPU511と、メインメモリ512と、記憶装置513と、入力インターフェイス514と、表示コントローラ515と、データリーダ／ライタ516と、通信インターフェイス517とを備える。これらの各部は、バス521を介して、互いにデータ通信可能に接続される。

[0223] CPU511は、記憶装置513に格納された、本実施の形態におけるプログラム（コード）をメインメモリ512に展開し、これらを所定順序で実行することにより、各種の演算を実施する。メインメモリ512は、典型的には、DRAM（Dynamic Random Access Memory）等の揮発性の記憶装置である。また、本実施の形態におけるプログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体520に格納された状態で提供される。なお、本実施の形態におけるプログラムは、通信インターフェイス517を介して接続されたインターネット上で流通するものであっても良い。

[0224] また、記憶装置513の具体例としては、ハードディスクの他、フラッシュメモリ等の半導体記憶装置が挙げられる。入力インターフェイス514は、CPU511と、キーボード及びマウスといった入力機器518との間のデータ伝送を仲介する。表示コントローラ515は、ディスプレイ装置519と接続され、ディスプレイ装置519での表示を制御する。

[0225] データリーダ／ライタ516は、CPU511と記録媒体520との間のデータ伝送を仲介し、記録媒体520からのプログラムの読み出し、及びコンピュータ510における処理結果の記録媒体520への書き込みを実行する。通信インターフェイス517は、CPU511と、他のコンピュータとの間のデータ伝送を仲介する。

[0226] また、記録媒体520の具体例としては、CF（Compact Flash（登録商標））及びSD（Secure Digital）等の汎用的な半導体記憶デバイス、フレキシブルディスク（Flexible Disk）等の磁気記憶媒体、又はCD-ROM（Co

mpact Disk Read Only Memory)などの光学記憶媒体が挙げられる。

[0227] 上述した実施の形態の一部又は全部は、以下に記載する（付記１）～（付記２０）によって表現することができるが、以下の記載に限定されるものではない。

[0228] （付記１）

複数のノードを備えたネットワークを有するシステムであって、
前記複数のノードそれぞれは、
当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する経路テーブル情報を格納する、経路テーブル格納部と、
前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、を備え、
前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とするネットワークシステム。

[0229] （付記２）

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル情報は、当該ノードに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブルと、当該ノードに直接接続された他のノードそれぞれに接続されているノードを特定する他ノード経路テーブルとを含む、
付記１に記載のネットワークシステム。

[0230] （付記３）

前記ネットワークへの参加のために、前記経路テーブル情報に含まれる前記自ノード経路テーブルを含むノード参加イベントデータを作成する、不特定ノード向けイベントデータ作成部と、

前記ノード参加イベントデータを、当該ノード以外のノードへと送信する

、不特定ノード向けイベントデータ送信部と、を更に備え、

前記経路テーブル操作部は、前記ノード参加イベントデータの送信後に、当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、その自ノード経路テーブルを含む候補ノードイベントデータを受信した場合に、受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと当該ノード以外のノードとの間に新たな経路を構築する、付記 1 または 2 に記載のネットワークシステム。

[0231] (付記 4)

前記複数のノードそれぞれが、更に、
当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、前記ノード参加イベントデータを受信した場合に、受信元のノードの参加を認めるかどうかを判断する、イベントデータ解析部と、
受信元のノードの参加が認められる場合に、自ノード経路テーブルを含む前記候補ノードイベントデータを作成する、特定ノード向けイベントデータ作成部と、
前記候補ノードイベントデータを、前記受信元のノードに送信する、特定ノード向けイベントデータ送信部と、を備え、

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、前記候補ノードイベントデータの送信後に、前記受信元のノードから受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと受信元のノードとの間に新たな経路を構築する、付記 3 に記載のネットワークシステム。

[0232] (付記 5)

前記複数のノードそれぞれが、更に、
当該ノードに接続されているノードが障害によって前記ネットワークから離脱する場合に、前記経路テーブル情報に基づいて新しい接続先を特定する、障害処理部を備え、

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、前記障

害処理部によって新しい接続先が特定された場合に、特定された前記新しい接続先に基づいて、前記経路テーブル情報を更新する、
付記 1 ～ 4 のいずれかに記載のネットワークシステム。

[0233] (付記 6)

複数のノードを備えたネットワークを構築するノードであって、
当該ノードは、
自身の接続先を特定し且つ接続先の数を制限する経路テーブル情報を格納する、経路テーブル格納部と、
前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、を備え、

前記経路テーブル操作部は、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とするノード。

[0234] (付記 7)

前記経路テーブル情報は、当該ノードに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブルと、当該ノードに直接接続された他のノードそれぞれに接続されているノードを特定する他ノード経路テーブルとを含む、
付記 6 に記載のノード

[0235] (付記 8)

前記ネットワークへの参加のために、前記経路テーブル情報に含まれる前記自ノード経路テーブルを含むノード参加イベントデータを作成する、不特定ノード向けイベントデータ作成部と、

前記ノード参加イベントデータを、当該ノード以外のノードへと送信する、不特定ノード向けイベントデータ送信部と、を更に備え、

前記経路テーブル操作部は、前記ノード参加イベントデータの送信後に、当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、その自ノード経路テ

ブルを含む候補ノードイベントデータを受信した場合に、受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと当該ノード以外のノードとの間に新たな経路を構築する、付記 6 または 7 に記載のノード。

[0236] (付記 9)

当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、前記ノード参加イベントデータを受信した場合に、受信元のノードの参加を認めるかどうかを判断する、イベントデータ解析部と、

受信元のノードの参加が認められる場合に、自ノード経路テーブルを含む前記候補ノードイベントデータを作成する、特定ノード向けイベントデータ作成部と、

前記候補ノードイベントデータを、前記受信元のノードに送信する、特定ノード向けイベントデータ送信部と、を備え、

前記経路テーブル操作部は、前記候補ノードイベントデータの送信後に、前記受信元のノードから受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと受信元のノードとの間に新たな経路を構築する、

付記 8 に記載のノード。

[0237] (付記 10)

当該ノードに接続されているノードが障害によって前記ネットワークから離脱する場合に、前記経路テーブル情報に基づいて新しい接続先を特定する、障害処理部を更に備え、

前記経路テーブル操作部は、前記障害処理部によって新しい接続先が特定された場合に、特定された前記新しい接続先に基づいて、前記経路テーブル情報を更新する、

付記 6 ～ 9 のいずれかに記載のノード。

[0238] (付記 11)

複数のノードを備えるネットワークシステムにおける、ネットワーク管理

方法であって、

(a) 前記複数のノードそれぞれにおいて、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを有する、ことを特徴とするネットワーク管理方法。

[0239] (付記 1 2)

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル情報は、当該ノードに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブルと、当該ノードに直接接続された他のノードそれぞれに接続されているノードを特定する他ノード経路テーブルとを含む、

付記 1 1 に記載のネットワーク管理方法。

[0240] (付記 1 3)

(b) 前記複数のノードそれぞれにおいて、前記ネットワークへの参加のために、前記経路テーブル情報に含まれる前記自ノード経路テーブルを含むノード参加イベントデータを作成し、前記ノード参加イベントデータを、当該ノード以外のノードへと送信する、ステップを更に有し、

前記 (a) のステップにおいて、前記ノード参加イベントデータの送信後に、当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、その自ノード経路テーブルを含む候補ノードイベントデータを受信した場合に、受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと当該ノード以外のノードとの間に新たな経路を構築する、

付記 1 1 または 1 2 に記載のネットワーク管理方法。

[0241] (付記 1 4)

(c) 前記複数のノードそれぞれにおいて、当該ノード以外のノードから、

前記ノード参加イベントデータを受信した場合に、受信元のノードの参加を認めるかどうかを判断する、ステップと、

(d) 前記複数のノードそれぞれにおいて、前記(c)のステップで、受信元のノードの参加が認められる場合に、自ノード経路テーブルを含む前記候補ノードイベントデータを作成する、ステップと、

(e) 前記複数のノードそれぞれにおいて、前記(d)のステップで作成された前記候補ノードイベントデータを、前記受信元のノードに送信する、ステップと、を有し、

前記(a)のステップにおいて、前記候補ノードイベントデータの送信後に、前記受信元のノードから受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと受信元のノードとの間に新たな経路を構築する、

付記13に記載のネットワーク管理方法。

[0242] (付記15)

(f) 前記複数のノードそれぞれにおいて、当該ノードに接続されているノードが障害によって前記ネットワークから離脱する場合に、前記経路テーブル情報に基づいて新しい接続先を特定する、ステップを更に有し、

前記(f)のステップによって新しい接続先が特定された場合に、前記(a)のステップにおいて、特定された前記新しい接続先に基づいて、前記経路テーブル情報を更新する、

付記11～14のいずれかに記載のネットワーク管理方法。

[0243] (付記16)

コンピュータを、複数のノードを備えたネットワークを構築するノードとして機能させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、

前記コンピュータに、

(a) 当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接

接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、
当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを実行させる、
命令を含むプログラムを記録しているコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[0244] (付記 17)

前記経路テーブル情報は、当該ノードに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブルと、当該ノードに直接接続された他のノードそれぞれに接続されているノードを特定する他ノード経路テーブルとを含む、
付記 16 に記載のコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[0245] (付記 18)

前記プログラムが、更に、
(b) 前記ネットワークへの参加のために、前記経路テーブル情報に含まれる前記自ノード経路テーブルを含むノード参加イベントデータを作成、前記ノード参加イベントデータを、当該ノード以外のノードへと送信する、ステップを、前記コンピュータに実行させる命令を更に含み、
前記 (a) のステップにおいて、前記ノード参加イベントデータの送信後に、当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、その自ノード経路テーブルを含む候補ノードイベントデータを受信した場合に、受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと当該ノード以外のノードとの間に新たな経路を構築する、
付記 16 または 17 に記載のプログラム。

[0246] (付記 19)

前記プログラムが、更に、
(c) 当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、前記ノード参加イベントデータを受信した場合に、受信元のノードの参加を認めるかどうか

を判断する、ステップと、

(d) 前記(c)のステップで、受信元のノードの参加が認められる場合に、自ノード経路テーブルを含む前記候補ノードイベントデータを作成する、ステップと、

(e) 前記候補ノードイベントデータを、前記受信元のノードに送信する、ステップと、を前記コンピュータに実行させる命令を更に含み、

前記(a)のステップにおいて、前記候補ノードイベントデータの送信後に、前記受信元のノードから受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと受信元のノードとの間に新たな経路を構築する、

付記18に記載のプログラム。

[0247] (付記20)

前記プログラムが、更に、

(f) 当該ノードに接続されているノードが障害によって前記ネットワークから離脱する場合に、前記経路テーブル情報に基づいて新しい接続先を特定する、ステップを、前記コンピュータに実行させる命令を更に含み、

前記(f)のステップによって新しい接続先が特定された場合に、前記(a)のステップにおいて、特定された前記新しい接続先に基づいて、前記経路テーブル情報を更新する、

付記16～19のいずれかに記載のプログラム。

[0248] 以上、実施の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の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 Scope 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。

[0249] この出願は、2013年3月6日に提出された日本出願特願2013-043742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。

産業上の利用可能性

[0250] 以上のように、本発明によれば、ネットワークにおける処理負担の増加を

抑制しつつ、ノードの参加及び離脱の両方において自律的に通信経路を新たに構築することができる。本発明は、多数のノードを備えるネットワークに有効である。

符号の説明

- [0251] 1 ノード
- 2 経路
- 3 経路
- 4 経路
- 5 経路
- 6 経路
- 7 経路
- 8 経路
- 10 経路テーブル情報
- 11 自ノード経路テーブル
- 12～14 他ノード経路テーブル
- 15 経路
- 16 経路
- 17 経路
- 20 経路情報
- 21 経路情報
- 22 経路情報
- 23 経路情報
- 24 経路情報
- 25 経路情報
- 26、27 接続要求イベントデータの欄
- 28、29 経路情報における空欄
- 30 経路情報
- 31 経路情報

- 3 2 経路情報
- 3 3 空き領域
- 3 4、3 5 経路情報の欄
- 3 6 経路情報
- 3 7 経路情報
- 3 8 欄
- 3 9 欄
- 4 0 欄
- 4 1 欄
- 5 0 経路情報
- 5 1 経路情報
- 5 2 欄
- 5 3 欄
- 5 4 経路情報
- 5 5 経路情報
- 5 6 経路情報
- 5 9 欄
- 6 0 経路情報
- 6 1 経路情報
- 6 2 経路情報
- 6 3 欄
- 1 0 0 ノード
- 1 0 1 定期データ送信部
- 1 0 2 定期データ作成部
- 1 0 3 定期データ受信部
- 1 0 4 定期データ解析部
- 1 0 5 特定ノード向けイベントデータ送信部
- 1 0 6 特定ノード向けイベントデータ作成部

- 1 0 7 特定ノード向けイベントデータ受信部
- 1 0 8 特定ノード向けイベントデータ解析部
- 1 0 9 不特定ノード向けイベントデータ送信部
- 1 1 0 不特定ノード向けイベントデータ作成部
- 1 1 1 不特定ノード向けイベントデータ受信部
- 1 1 2 不特定ノード向けイベントデータ解析部
- 1 1 3 経路テーブル操作部
- 1 1 4 経路テーブル格納部
- 1 1 5 障害処理部
- 2 1 3 経路テーブル操作部
- 2 1 4 経路テーブル格納部
- 2 0 0 ノード
- 3 0 0 ノード
- 3 1 3 経路テーブル操作部
- 3 1 4 経路テーブル格納部
- 4 0 0 ノード
- 4 1 3 経路テーブル格納部
- 4 1 4 経路テーブル操作部
- 5 0 0 ネットワークシステム
- 5 1 0 コンピュータ
- 5 1 1 C P U
- 5 1 2 メインメモリ
- 5 1 3 記憶装置
- 5 1 4 入力インターフェイス
- 5 1 5 表示コントローラ
- 5 1 6 データリーダ／ライタ
- 5 1 7 通信インターフェイス
- 5 1 8 入力機器

5 1 9 ディスプレイ装置

5 2 0 記録媒体

5 2 1 バス

請求の範囲

- [請求項1] 複数のノードを備えたネットワークを有するシステムであって、
前記複数のノードそれぞれは、
当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する経路テーブル
情報を格納する、経路テーブル格納部と、
前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、
を備え、
前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、
当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接
続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノード
に直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、当
該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワーク
システムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とするネットワ
ークシステム。
- [請求項2] 前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル情報は、当
該ノードに直接接続されているノードを特定する自ノード経路テーブ
ルと、当該ノードに直接接続された他のノードそれぞれに接続されて
いるノードを特定する他ノード経路テーブルとを含む、
請求項1に記載のネットワークシステム。
- [請求項3] 前記複数のノードそれぞれが、更に、
前記ネットワークへの参加のために、前記経路テーブル情報に含まれ
る前記自ノード経路テーブルを含むノード参加イベントデータを作成
する、不特定ノード向けイベントデータ作成部と、
前記ノード参加イベントデータを、当該ノード以外のノードへと送信
する、不特定ノード向けイベントデータ送信部と、を備え、
前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、
前記ノード参加イベントデータの送信後に、当該ノードにおいて、当
該ノード以外のノードから、その自ノード経路テーブルを含む候補ノ

ードイベントデータを受信した場合に、受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと当該ノード以外のノードとの間に新たな経路を構築する、
請求項 1 または 2 に記載のネットワークシステム。

[請求項4]

前記複数のノードそれぞれが、更に、
当該ノードにおいて、当該ノード以外のノードから、前記ノード参加イベントデータを受信した場合に、受信元のノードの参加を認めるかどうかを判断する、イベントデータ解析部と、
受信元のノードの参加が認められる場合に、自ノード経路テーブルを含む前記候補ノードイベントデータを作成する、特定ノード向けイベントデータ作成部と、
前記候補ノードイベントデータを、前記受信元のノードに送信する、特定ノード向けイベントデータ送信部と、を備え、

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、前記候補ノードイベントデータの送信後に、前記受信元のノードから受信した自ノード経路テーブルに基づいて、当該ノードにおける前記経路テーブル情報を更新し、当該ノードと受信元のノードとの間に新たな経路を構築する、
請求項 3 に記載のネットワークシステム。

[請求項5]

前記複数のノードそれぞれが、更に、
当該ノードに接続されているノードが障害によって前記ネットワークから離脱する場合に、前記経路テーブル情報に基づいて新しい接続先を特定する、障害処理部を備え、

前記複数のノードそれぞれにおいて、前記経路テーブル操作部は、前記障害処理部によって新しい接続先が特定された場合に、特定された前記新しい接続先に基づいて、前記経路テーブル情報を更新する、
請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のネットワークシステム。

[請求項6] 複数のノードを備えたネットワークを構築するノードであって、
当該ノードは、
自身の接続先を特定し且つ接続先の数を制限する経路テーブル情報を格納する、経路テーブル格納部と、
前記経路テーブル情報の内容を書き換える、経路テーブル操作部と、
を備え、

前記経路テーブル操作部は、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、前記経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ことを特徴とするノード。

[請求項7] 複数のノードを備えるネットワークシステムにおける、ネットワーク管理方法であって、

(a) 前記複数のノードそれぞれにおいて、当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを有する、ことを特徴とするネットワーク管理方法。

[請求項8] コンピュータを、複数のノードを備えたネットワークを構築するノードとして機能させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、
前記コンピュータに、

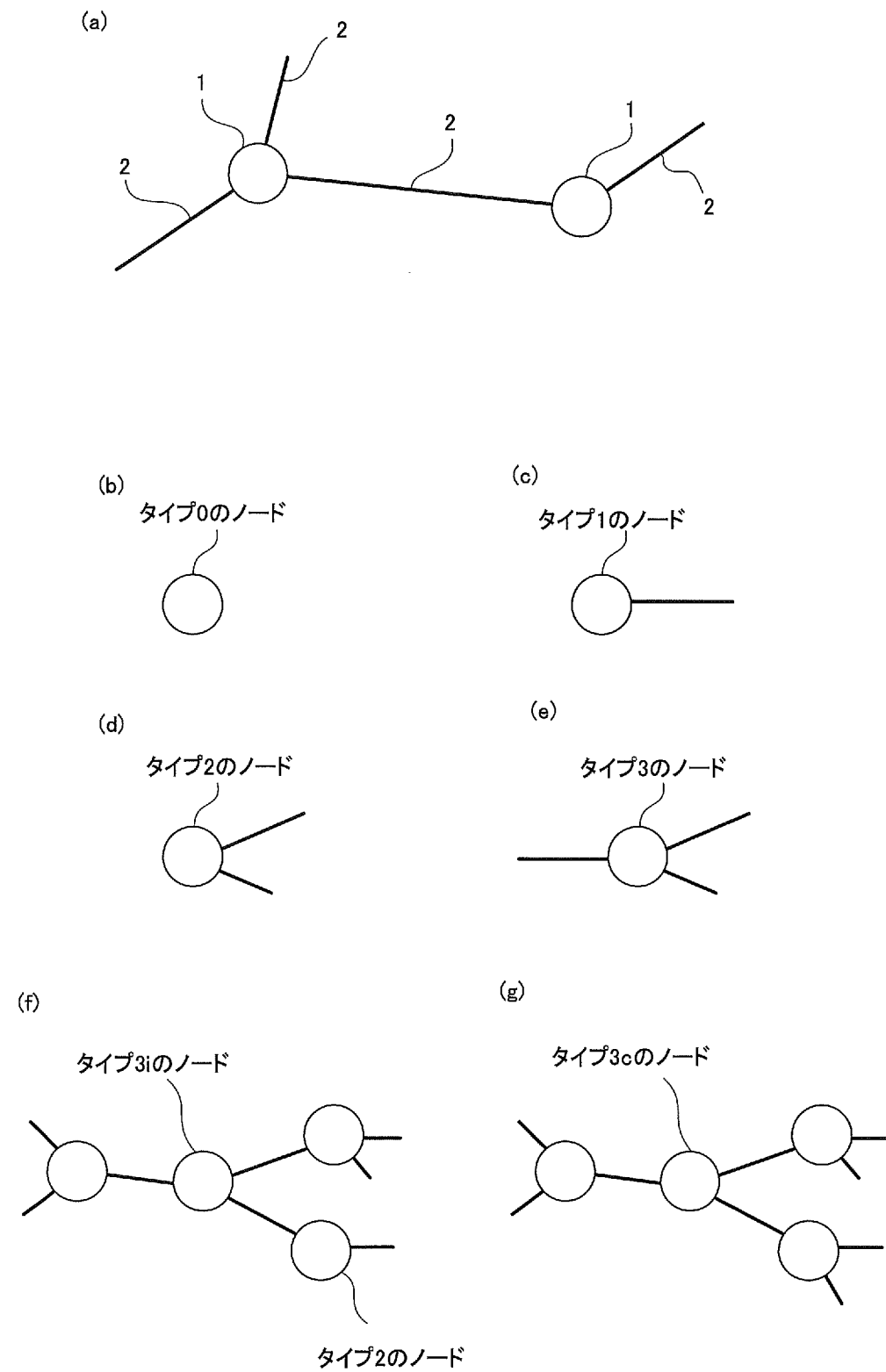
(a) 当該ノードが前記ネットワークに参加する場合、当該ノードに直接接続されるノードが前記ネットワークに参加した場合、及び当該

ノードに直接接続されたノードが前記ネットワークから離脱した場合に、

当該ノードの接続先を特定し且つ接続先の数を制限する、経路テーブル情報を更新し、前記ネットワークシステムにおける新たな経路を構築する、ステップを実行させる、

命令を含むプログラムを記録しているコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

[図1]



[図2]

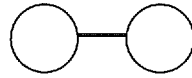
(a)

経路数: 0



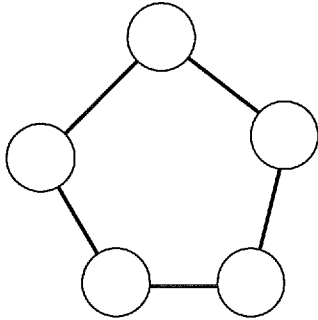
(b)

経路数: 1



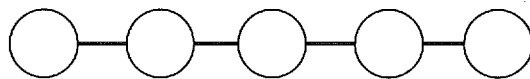
(c)

経路数: 2



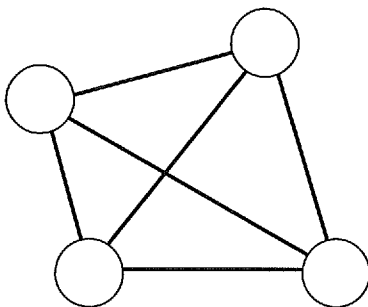
(d)

経路数: 1 or 2



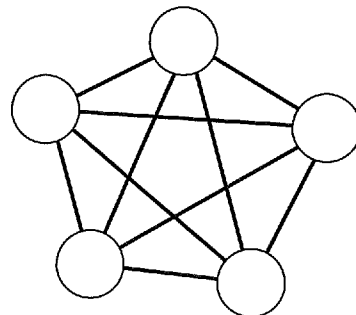
(e)

経路数: 3

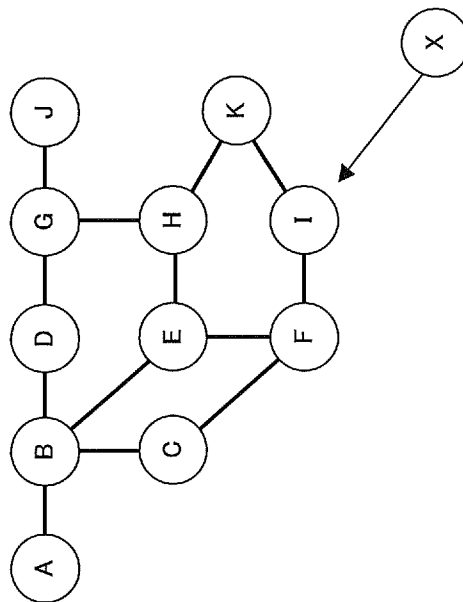
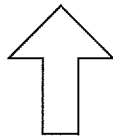
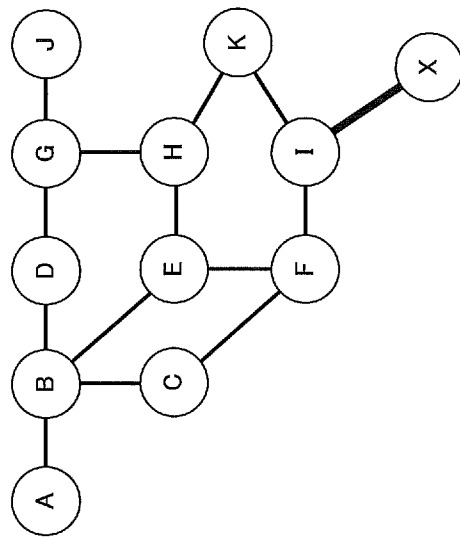


(f)

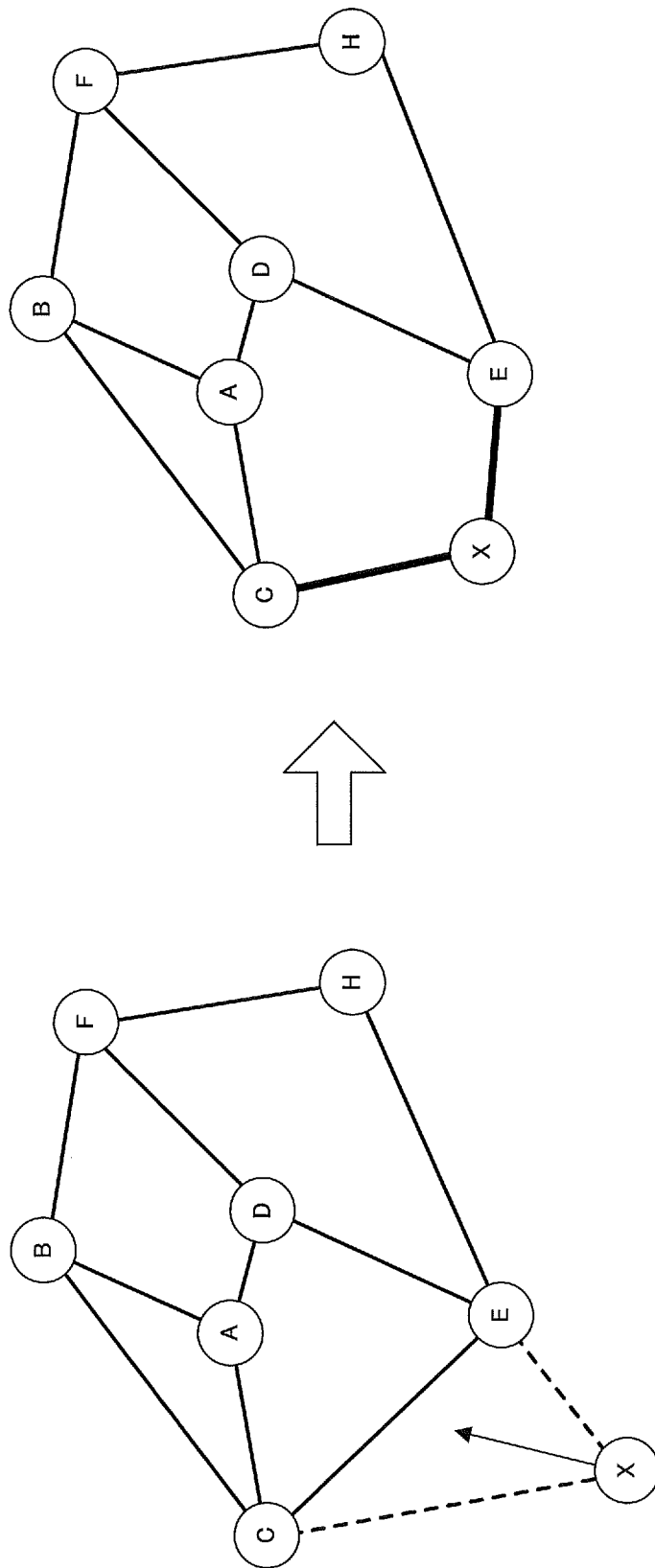
経路数: 4



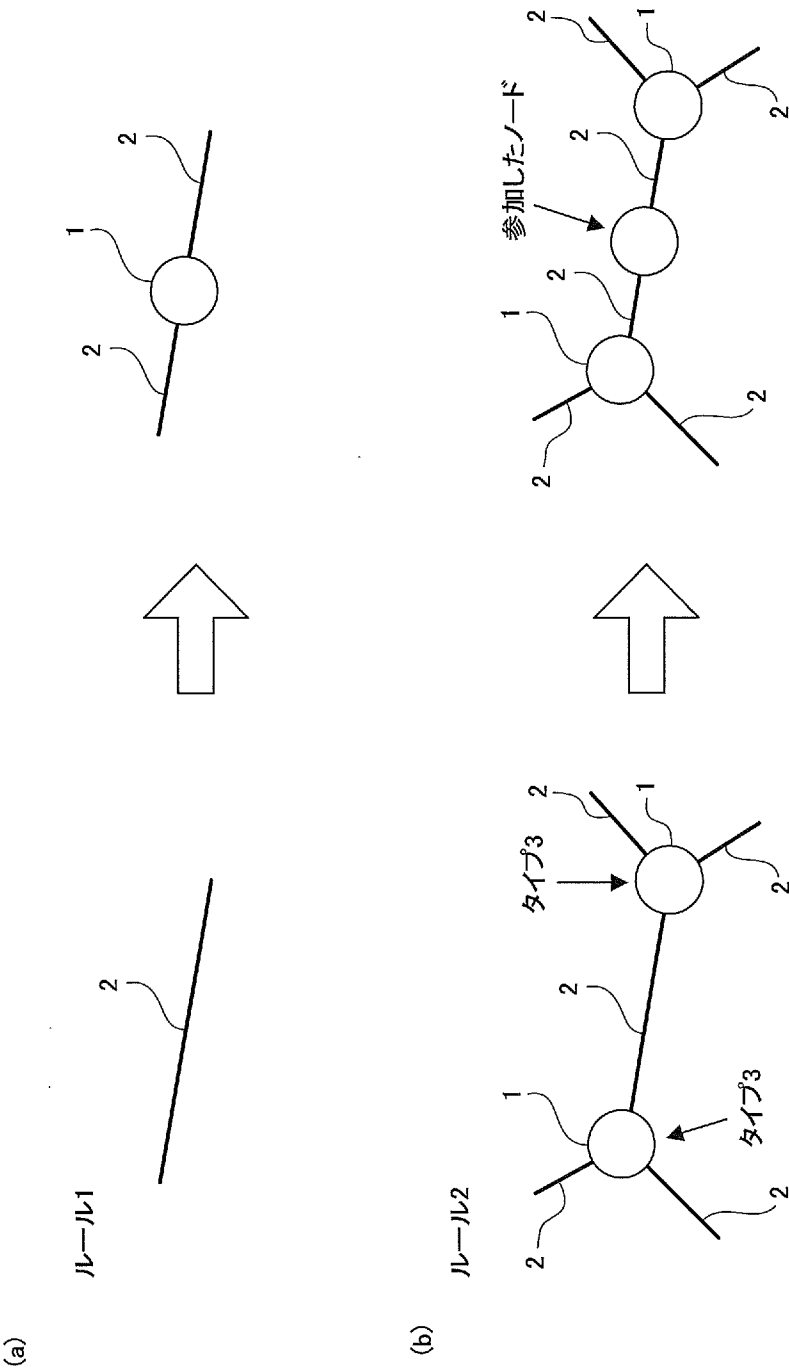
[図3]



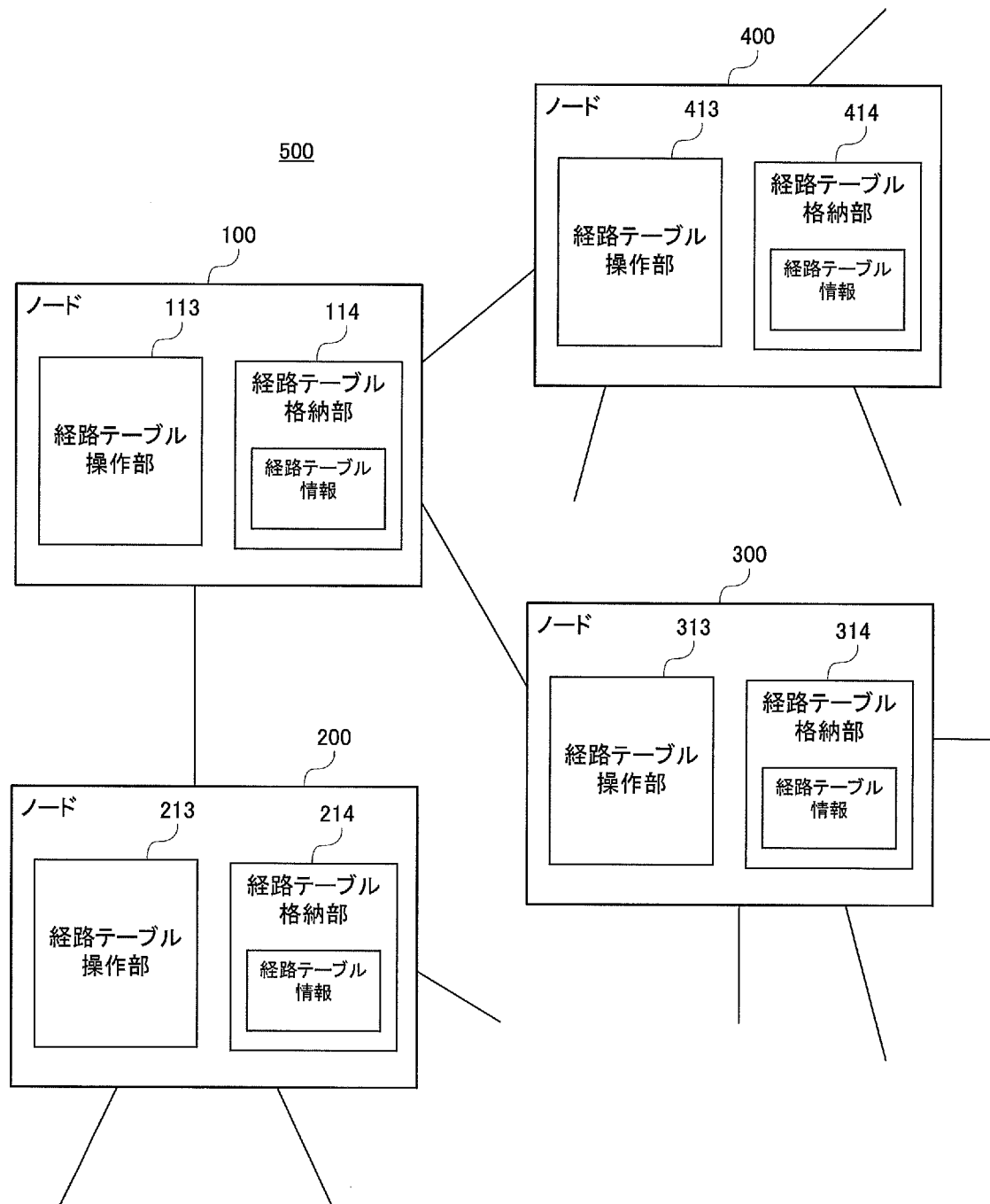
[図4]



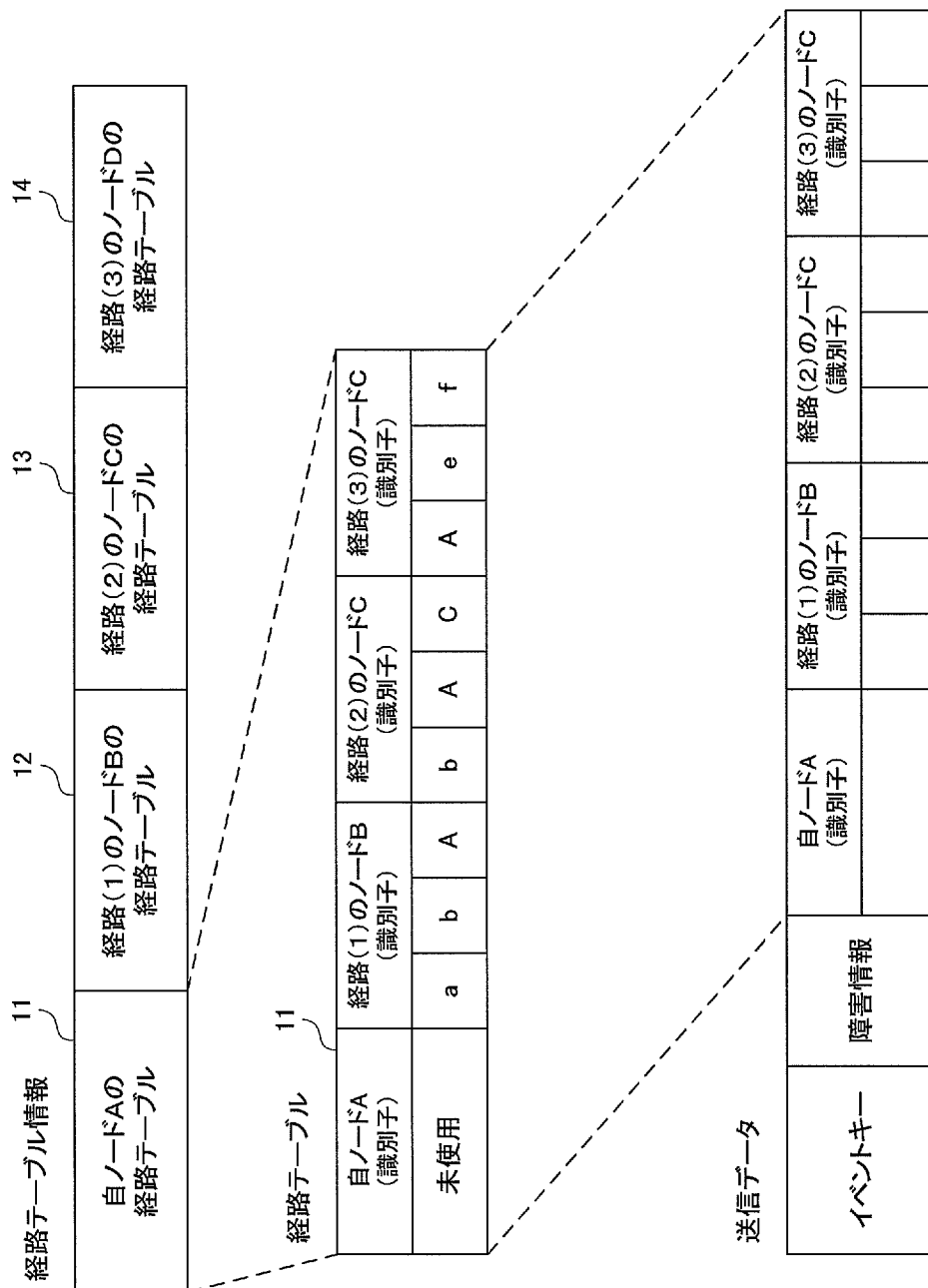
[図5]



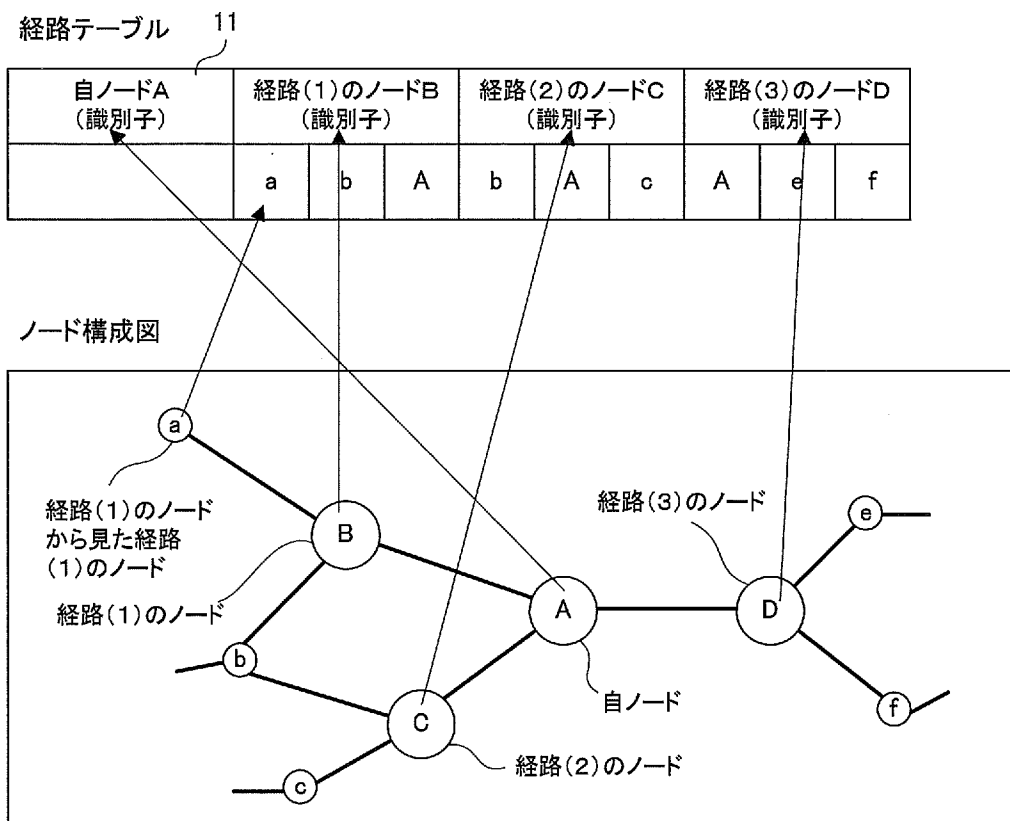
[図6]



10

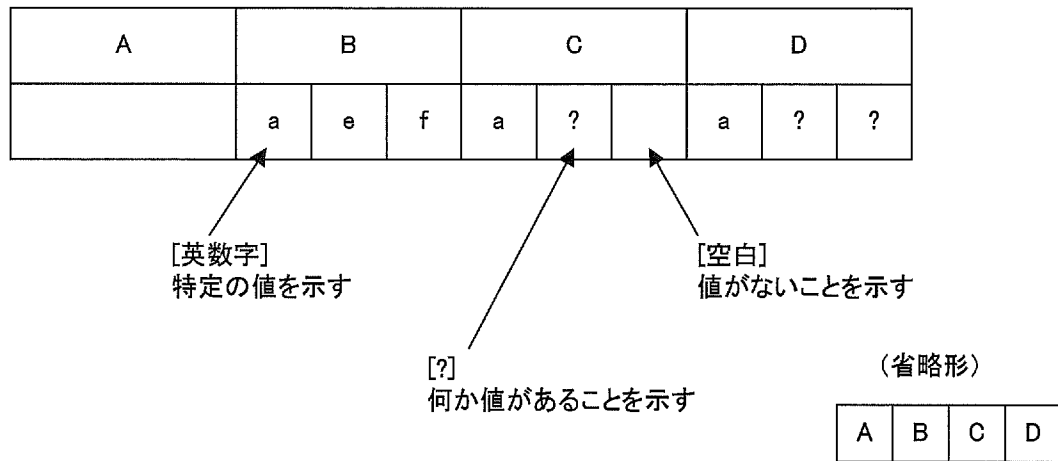


[図8]

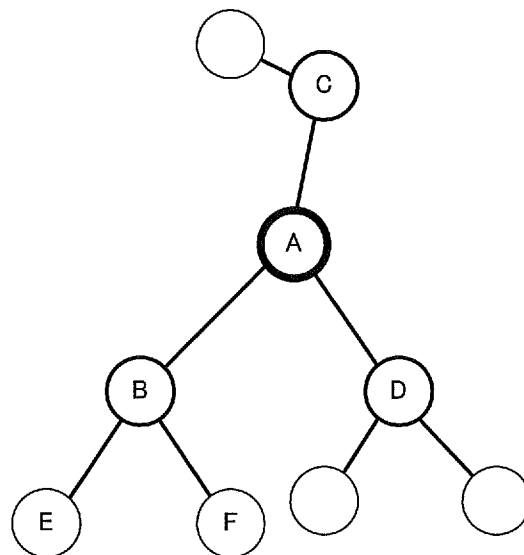


[図9]

(a)



(b)

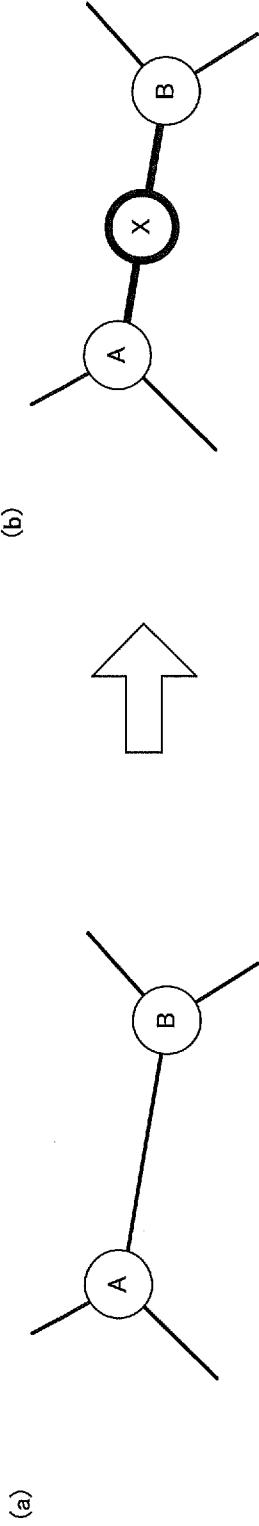


ノードAが管理する範囲

[図10]

項番	説明	種別	送信対象ノード
0	定期データ	定期	特定ノード
1	ノード参加イベント	イベント	不特定ノード
2	候補ノードイベント	イベント	特定ノード
3	経路決定イベント	イベント	特定ノード
4	経路追加イベント	イベント	不特定ノード
5	接続要求イベント	イベント	特定ノード

[図11]



ノードAの経路テーブル

A	B		?		?	
	A	?	A	?	A	?

ノードBの経路テーブル

B	A		?		?	
	B	?	B	?	B	?

ノードAの経路テーブル

A	X		?		?	
	A	B	A	?	A	?

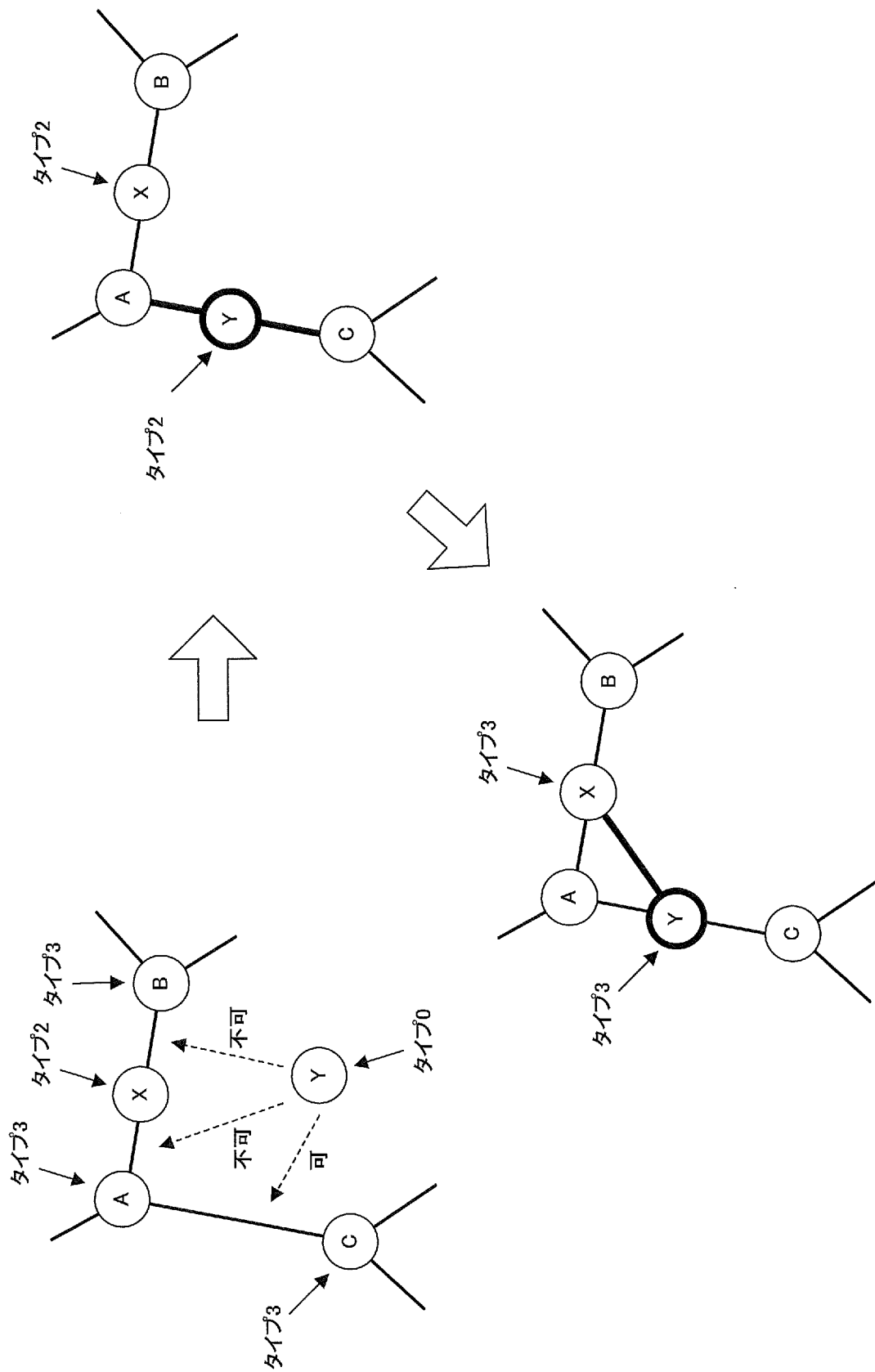
ノードBの経路テーブル

B	X		?		?	
	B	A	B	?	B	?

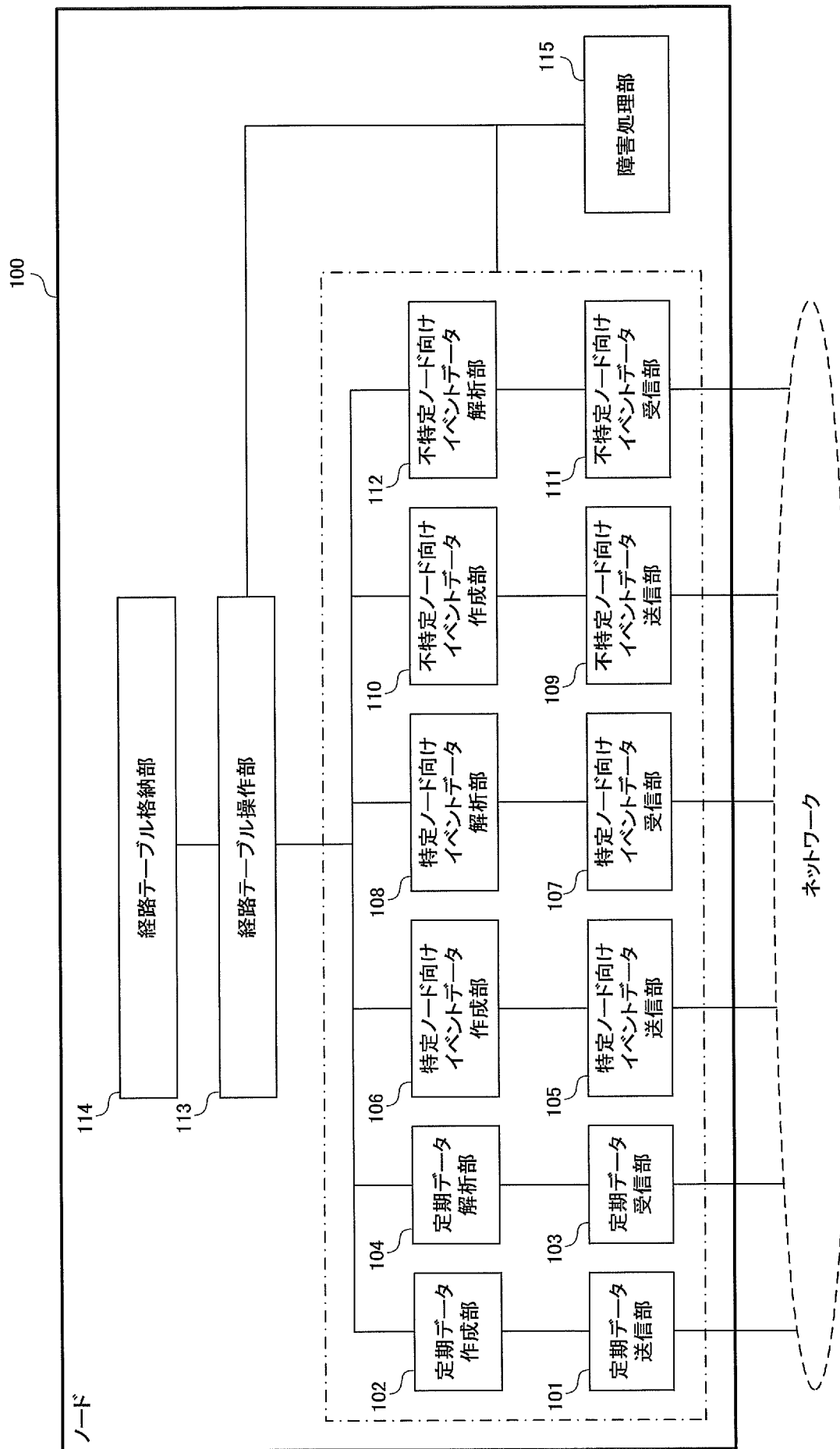
ノードXの経路テーブル

X	A		B			
	X	?	X	?		

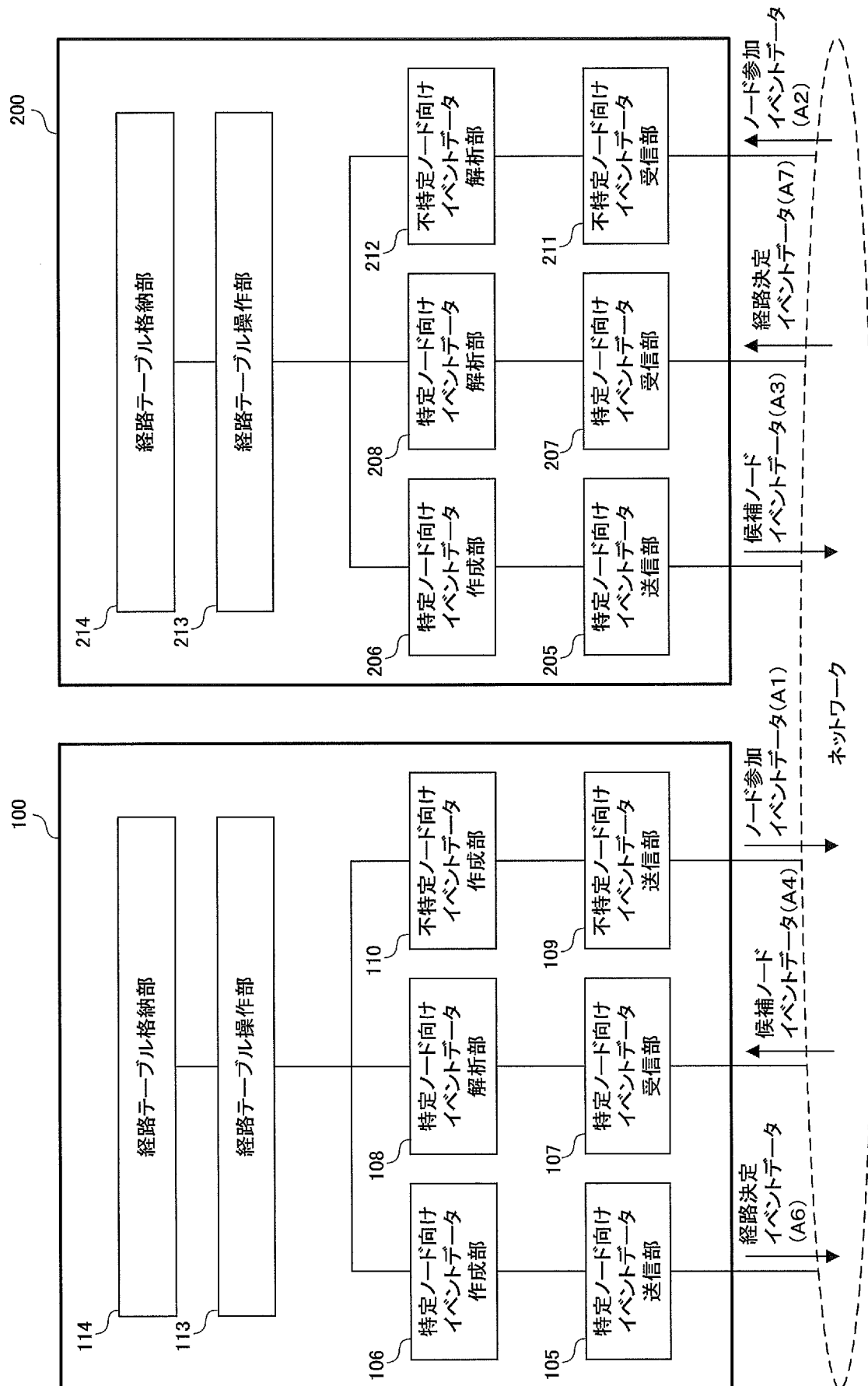
[図12]



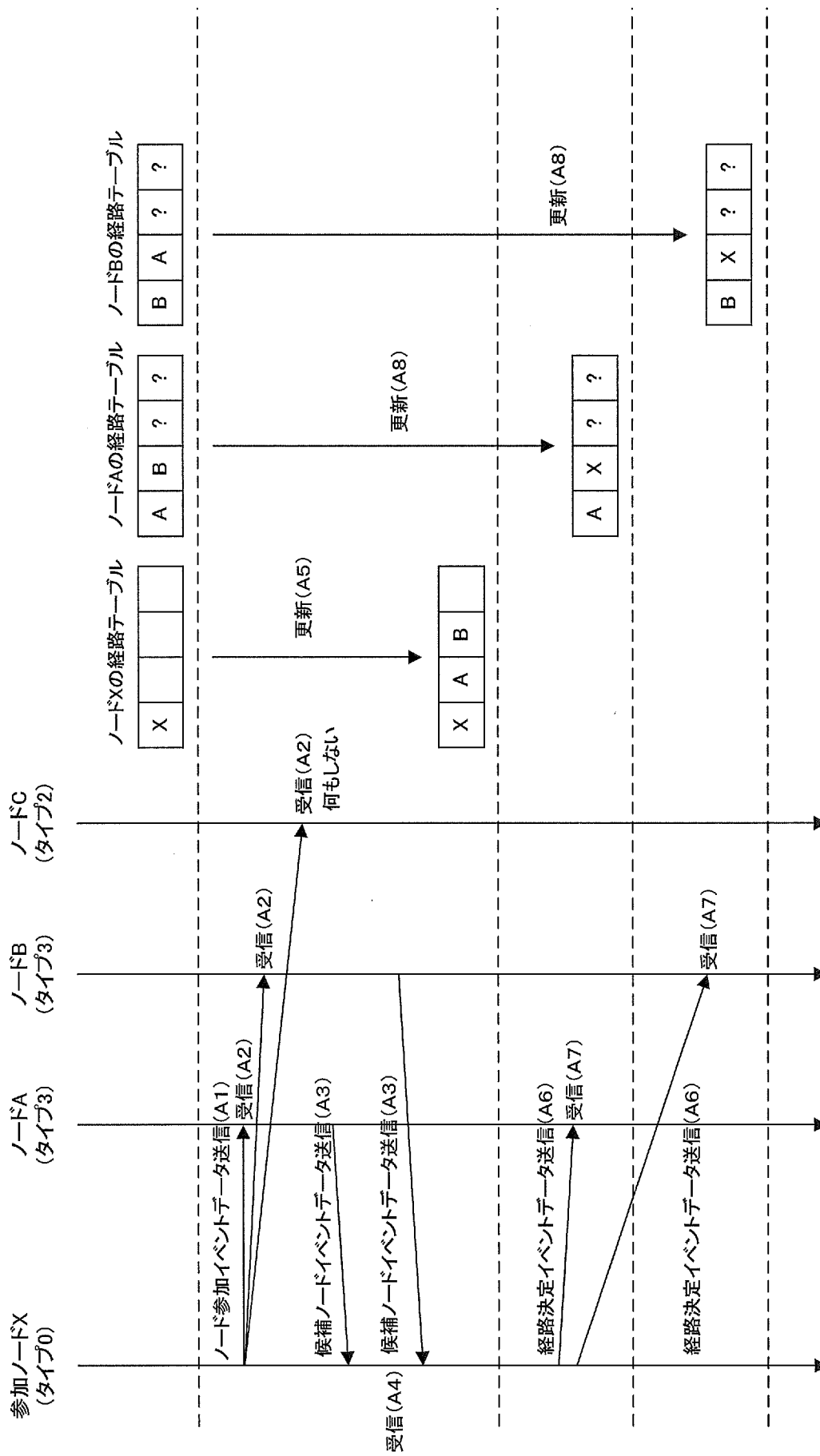
[図13]



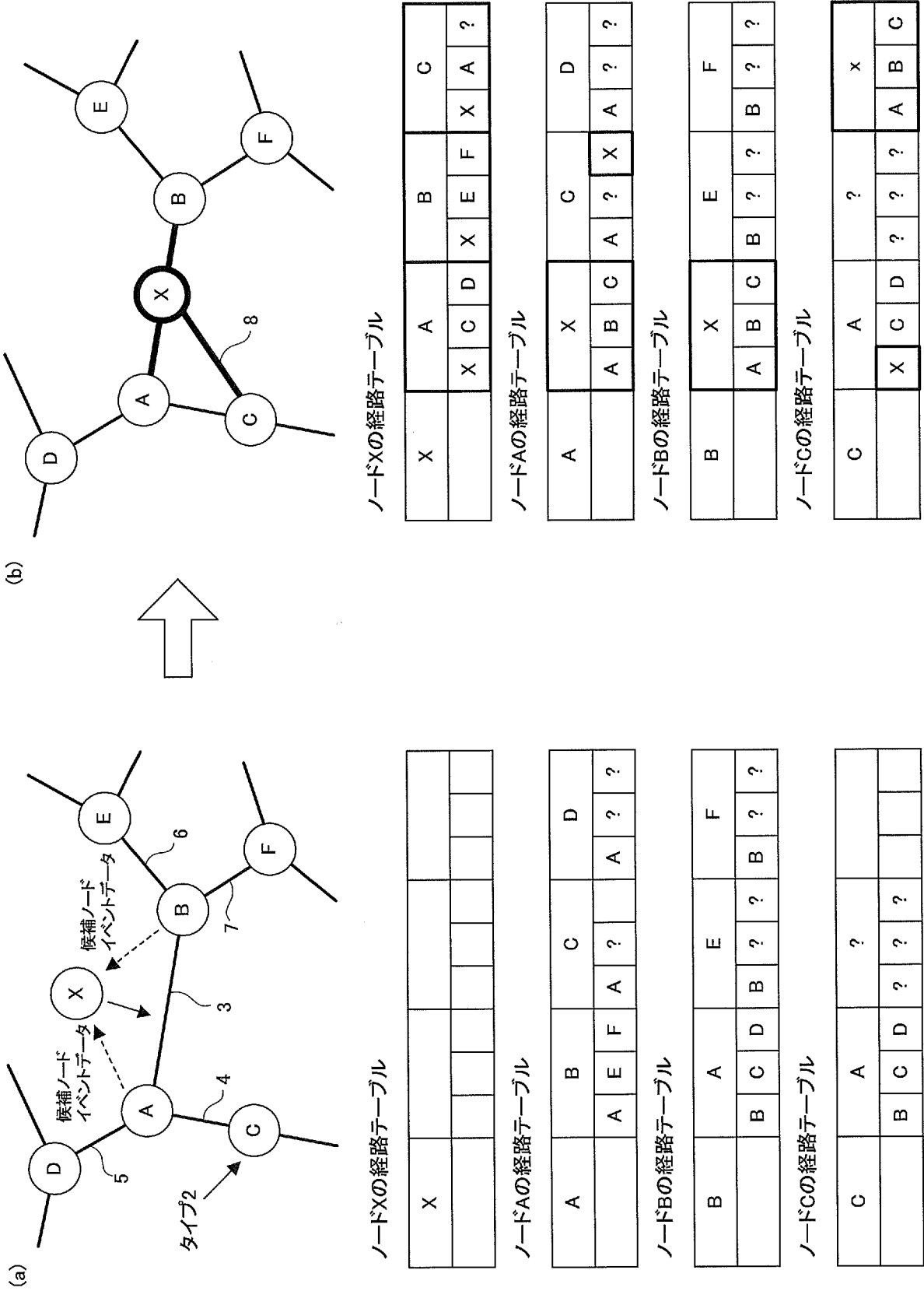
[図14]



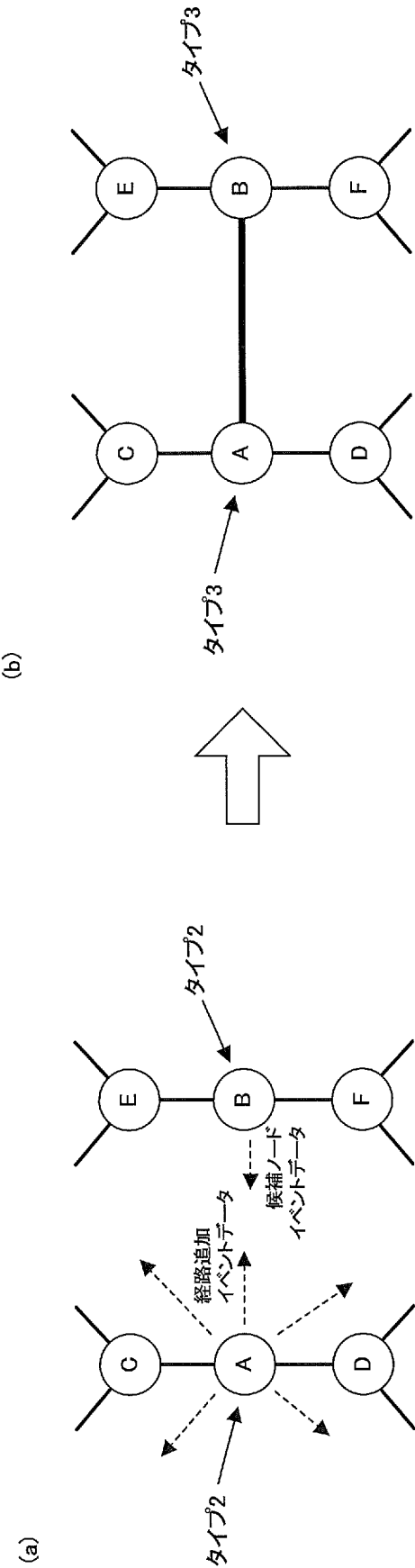
[図15]



[図16]



[図17]



ノードAの経路テーブル

A	C	D		
	A	?	A	?

ノードBの経路テーブル

B	E	F		
	B	?	B	?

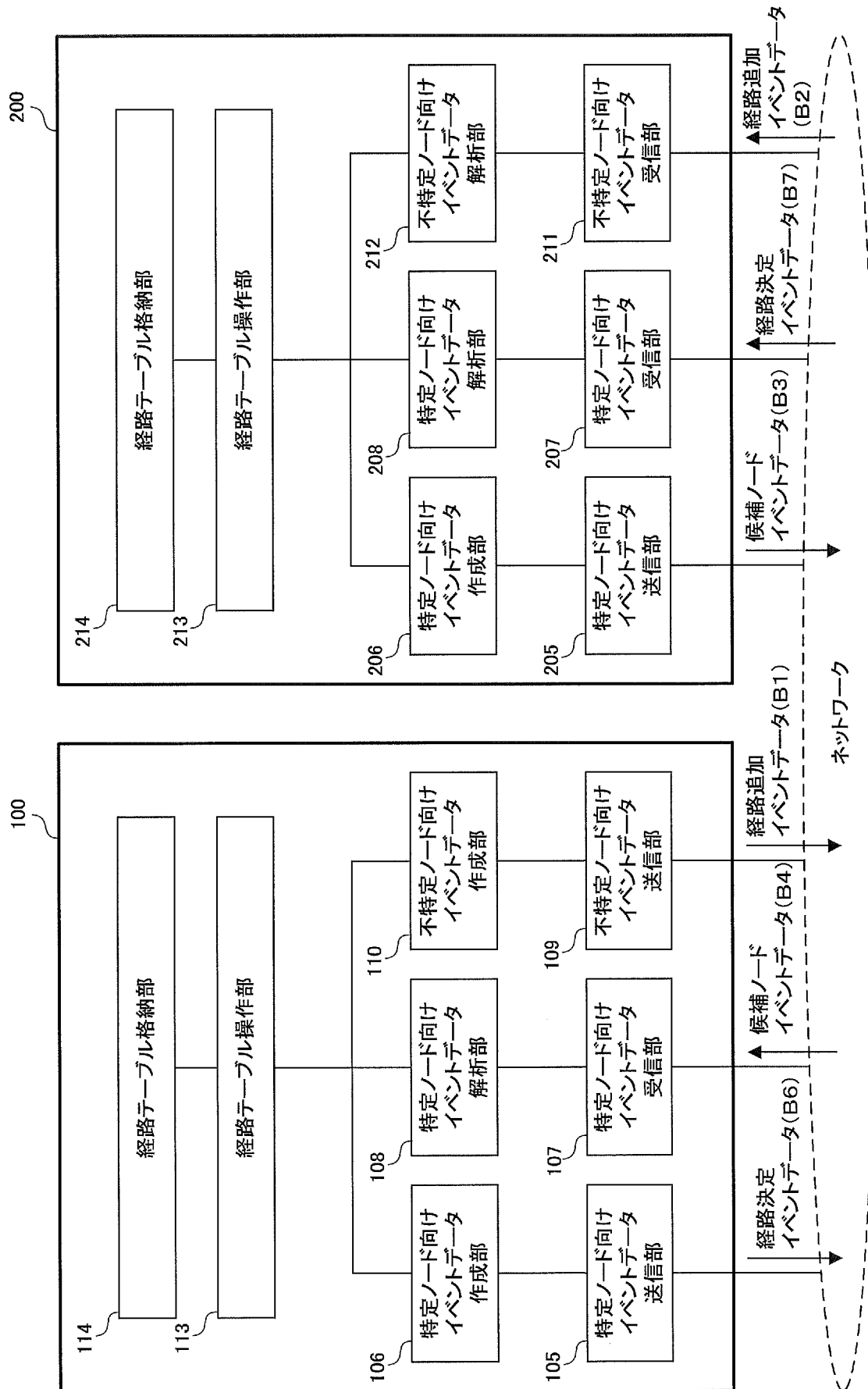
ノードAの経路テーブル

A	C	D	B
	A	?	A
	?	A	E
	?	?	F

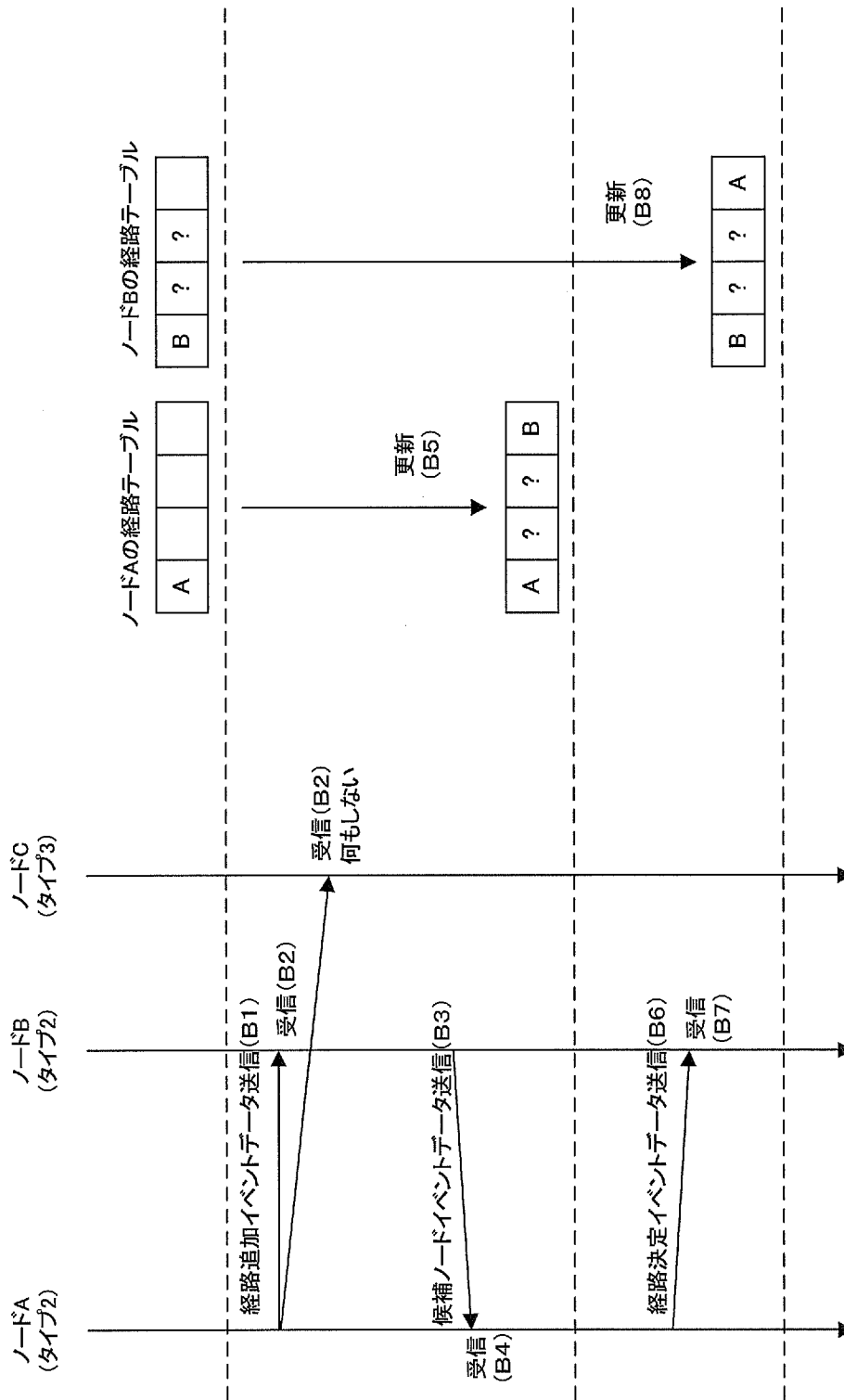
ノードBの経路テーブル

B	E	F	A
	B	?	B
	?	B	C
	?	?	D

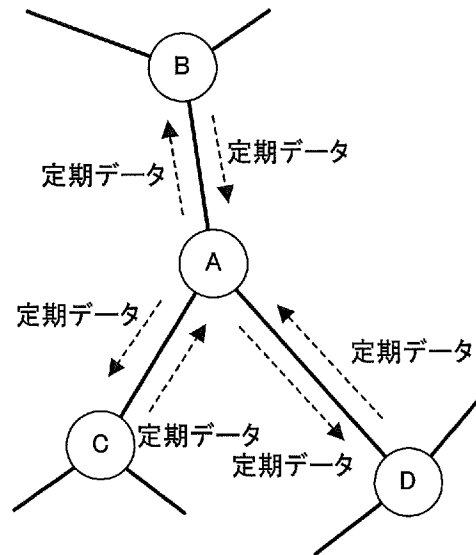
[図18]



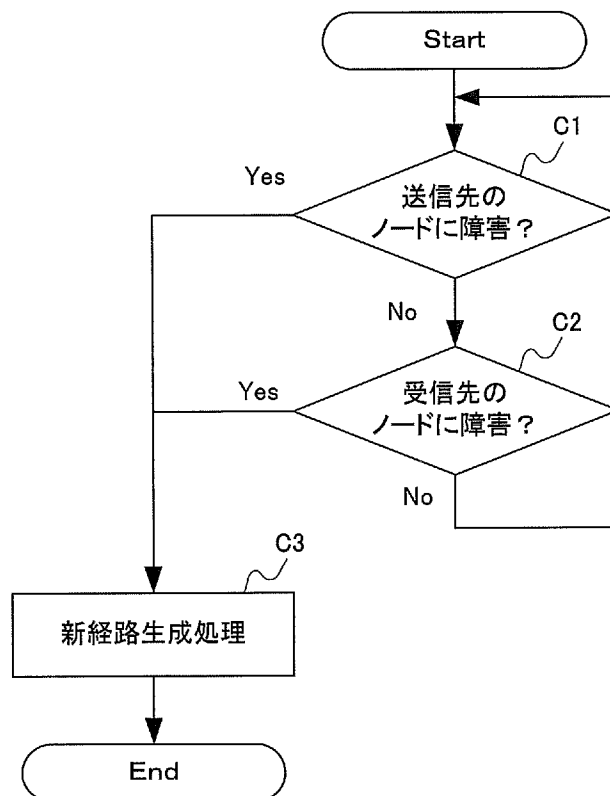
[図19]



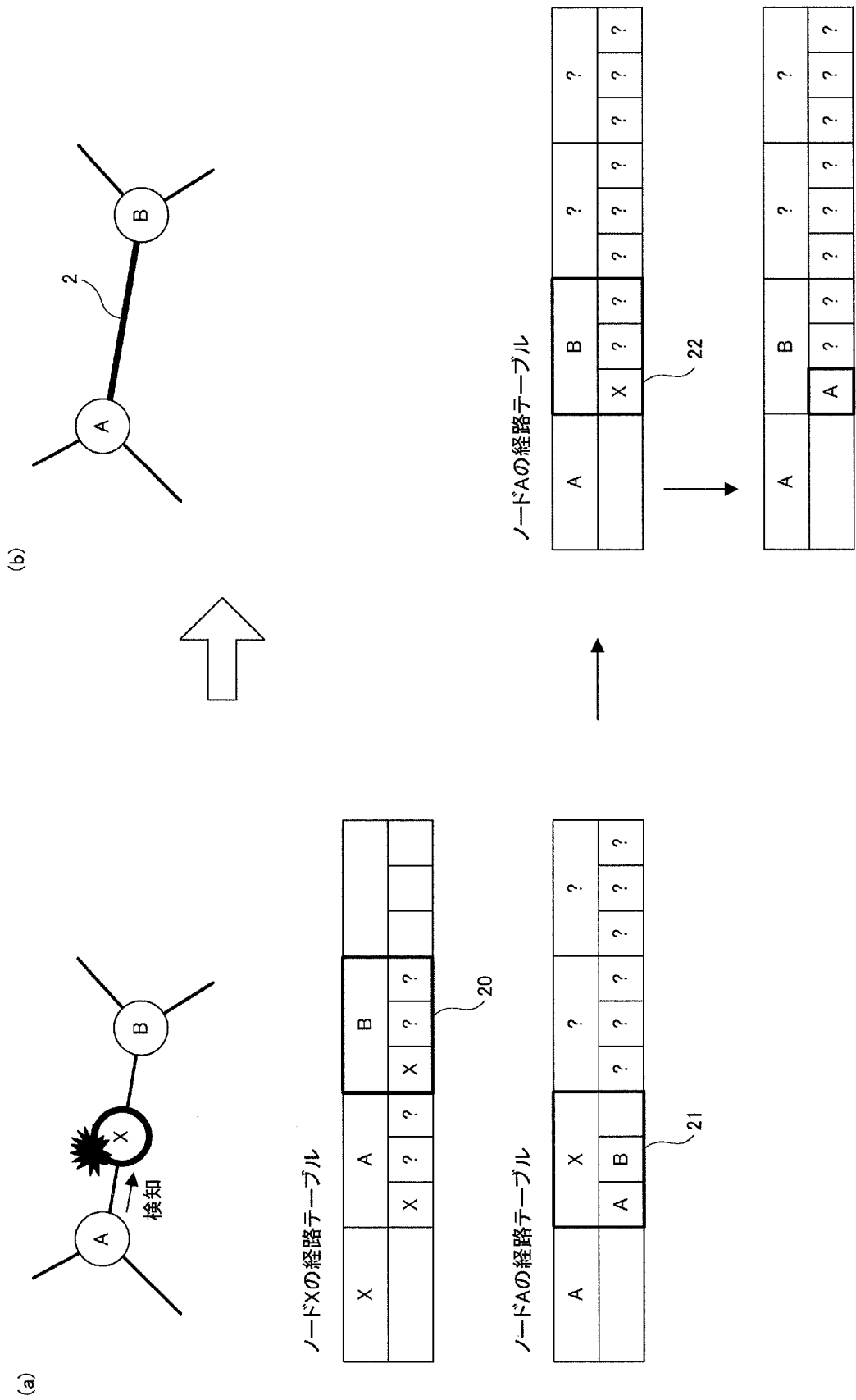
[図20]



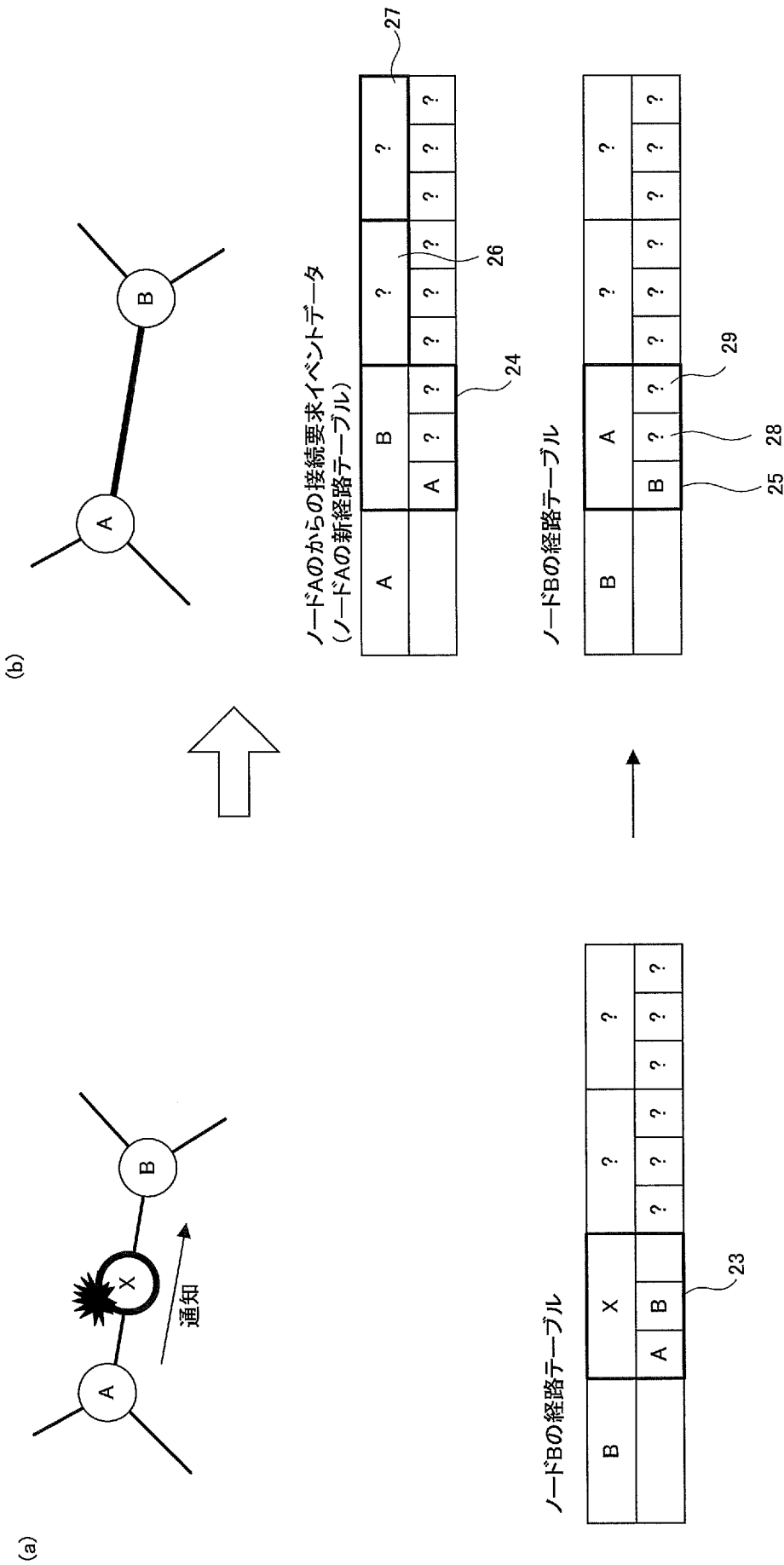
[図21]



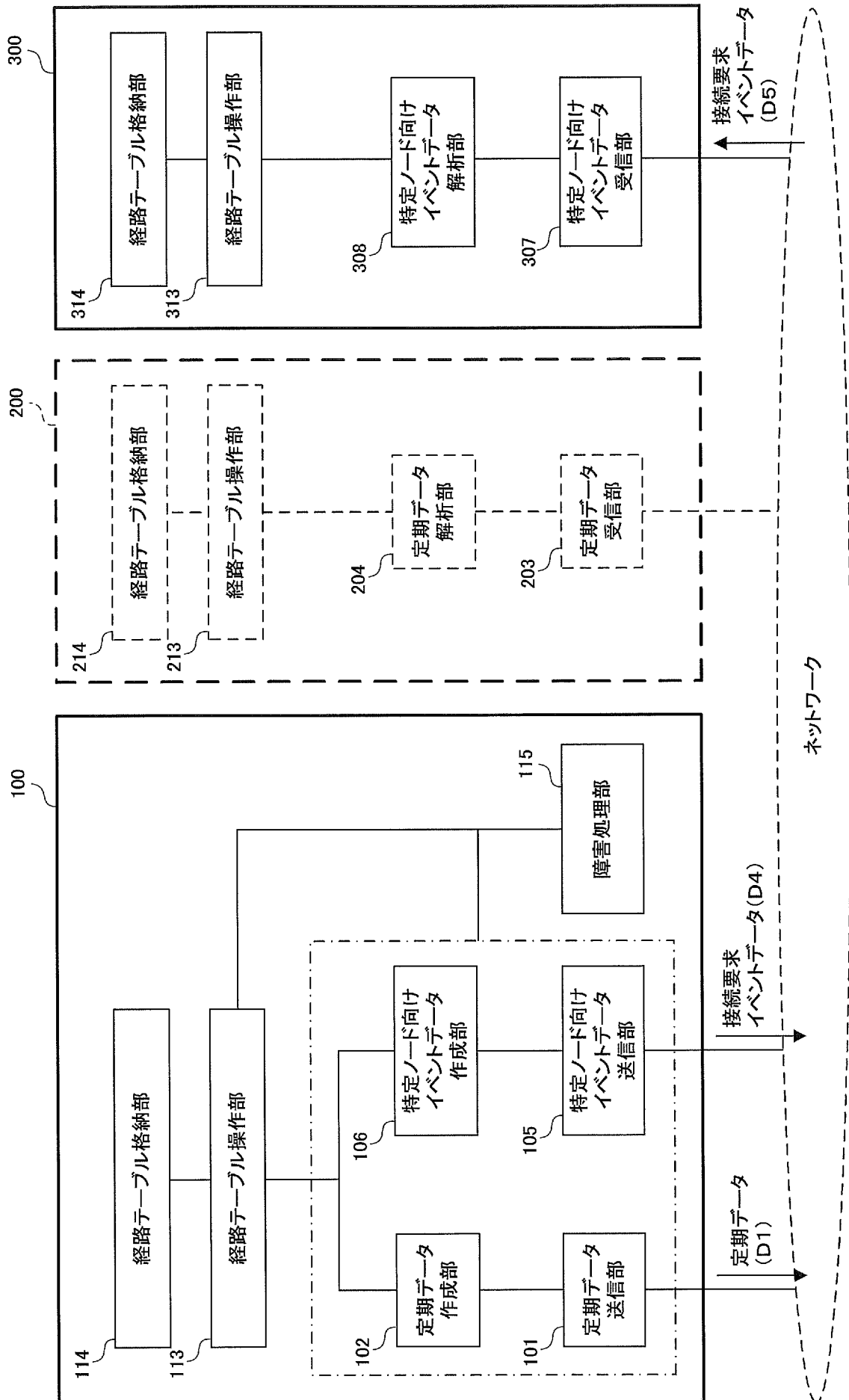
[図22]



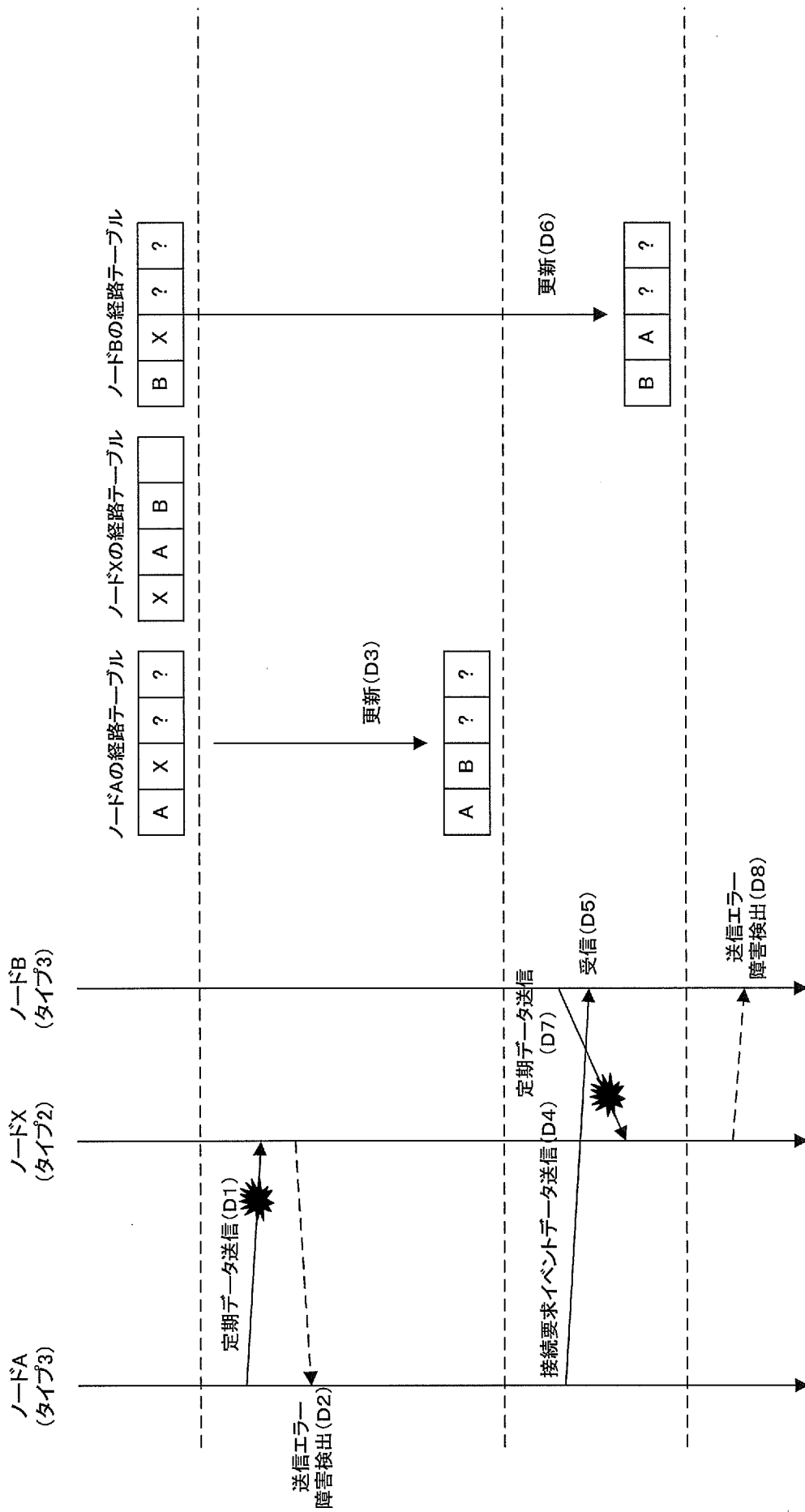
[図23]



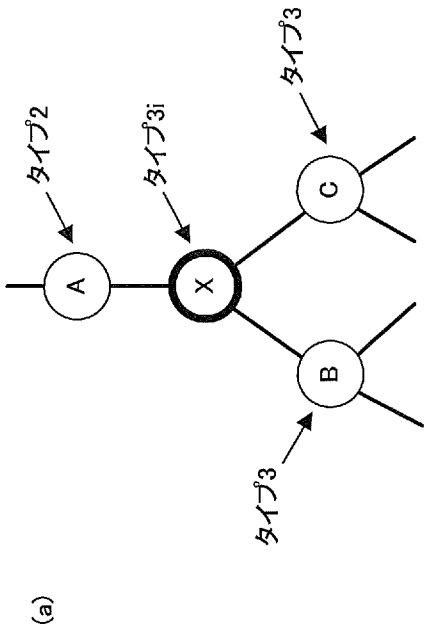
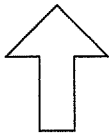
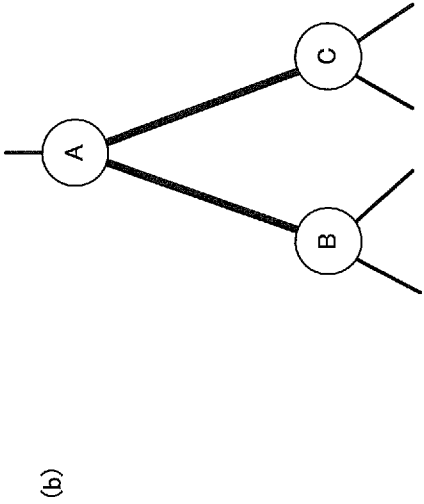
[図24]



[図25]



[図26]



ノードXの経路テーブル

X	A	B	C
	X	?	X

ノードAの経路テーブル

A	X	?
	A	B

ノードBの経路テーブル

B	X	?
	A	B

ノードCの経路テーブル

C	X	?
	A	B

ノードAの経路テーブル

A	B	?	C
	A	?	A

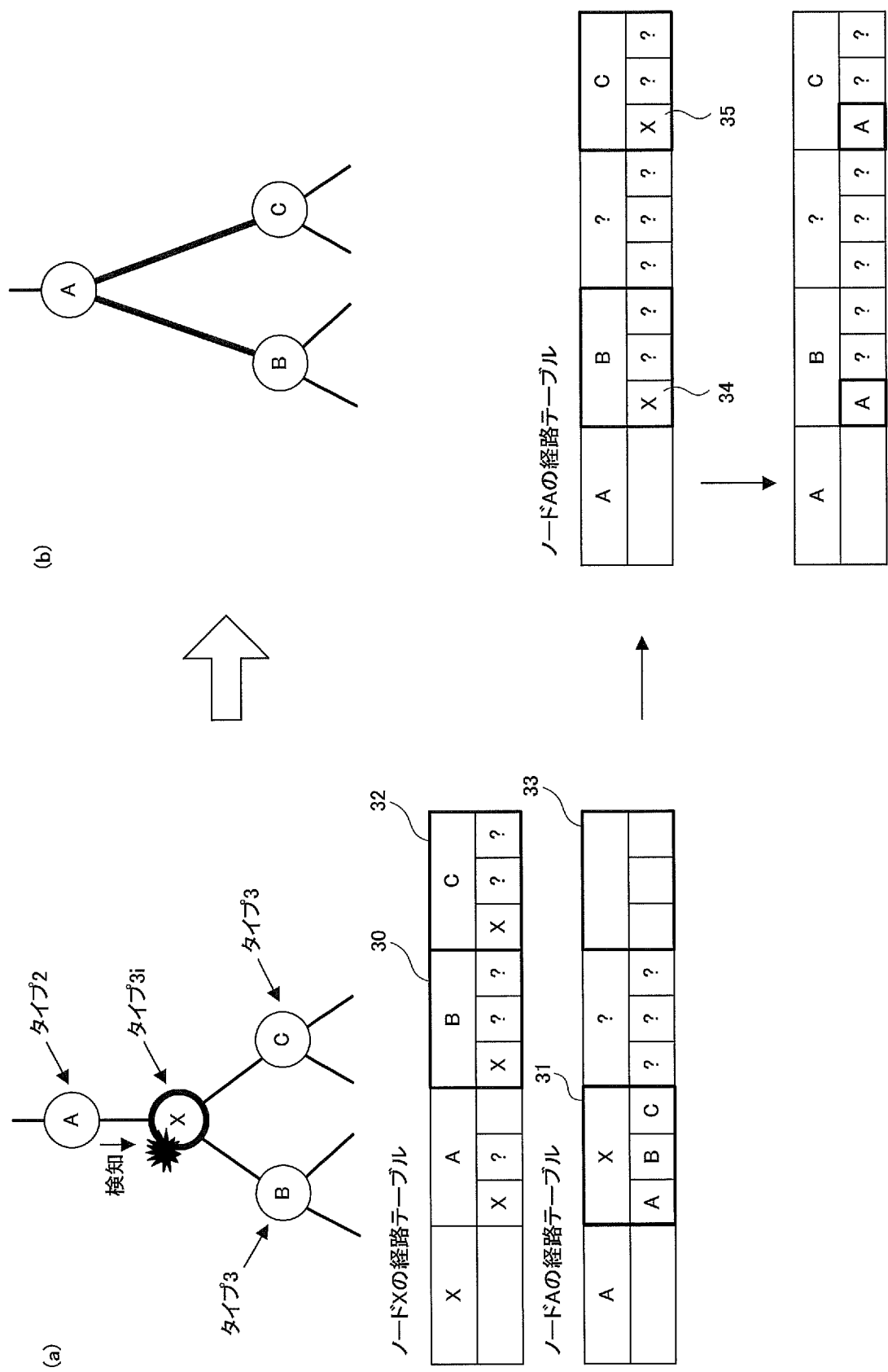
ノードBの経路テーブル

B	A	?	?
	B	C	?

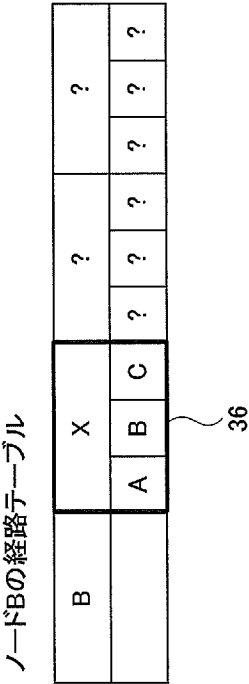
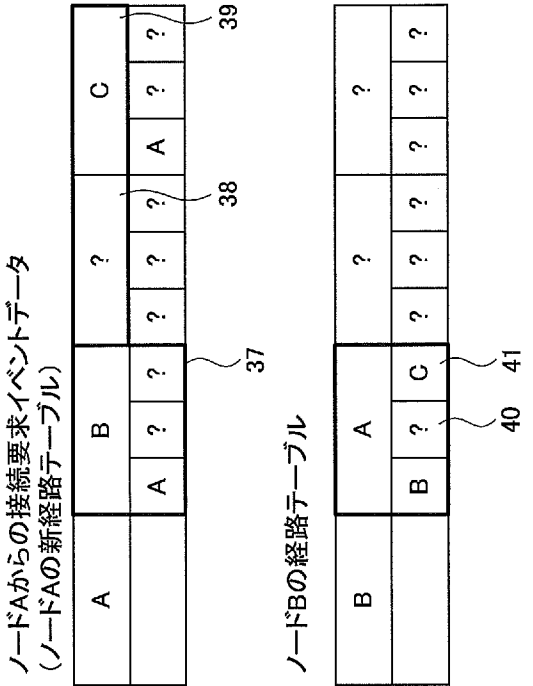
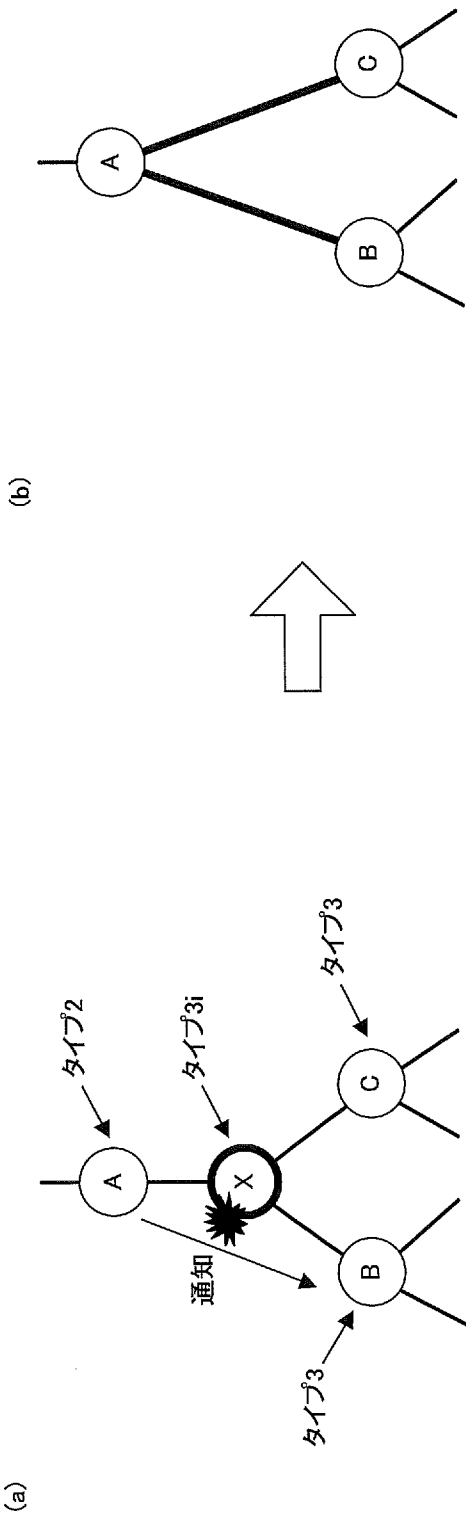
ノードCの経路テーブル

C	A	?	?
	B	C	?

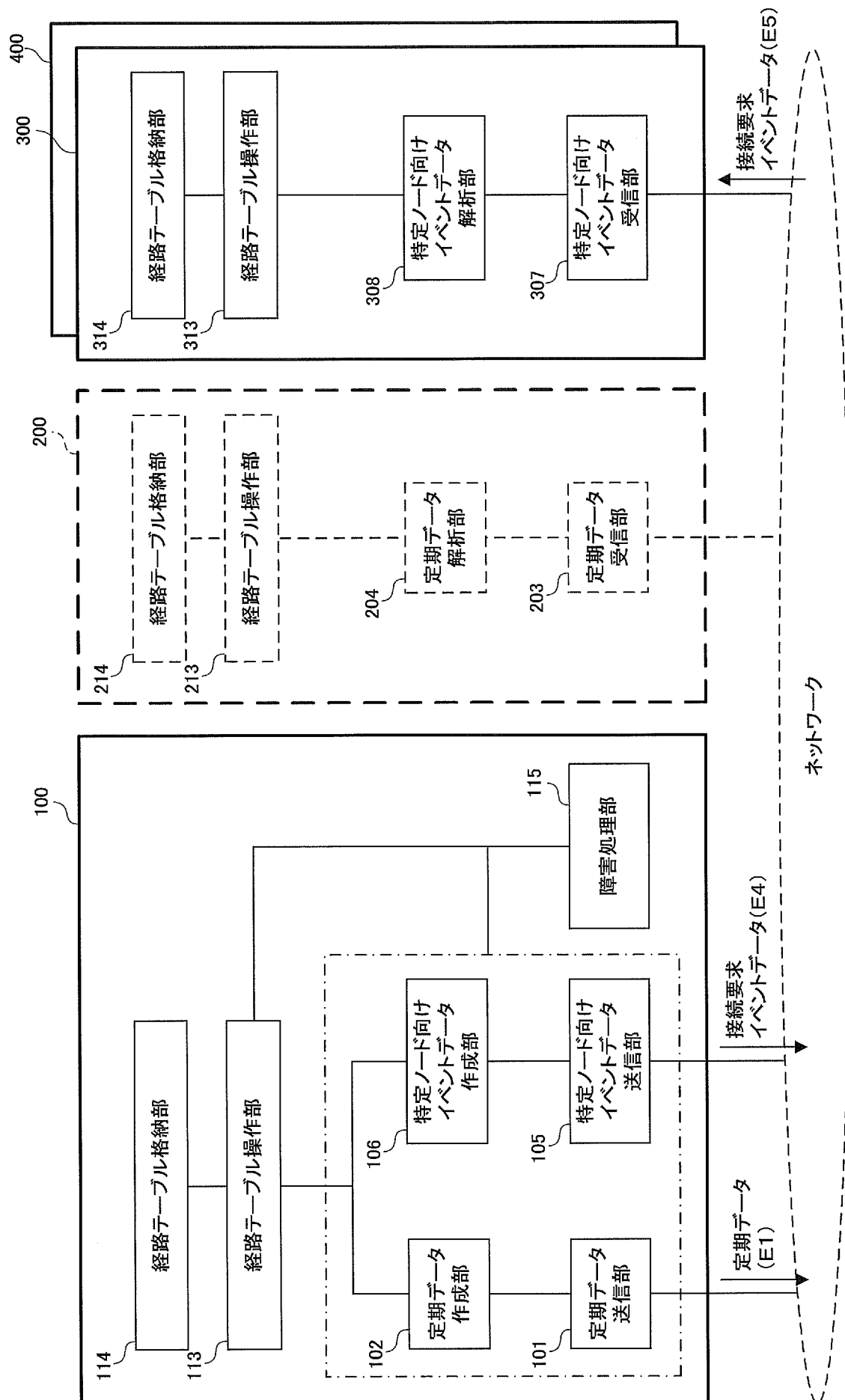
[図27]



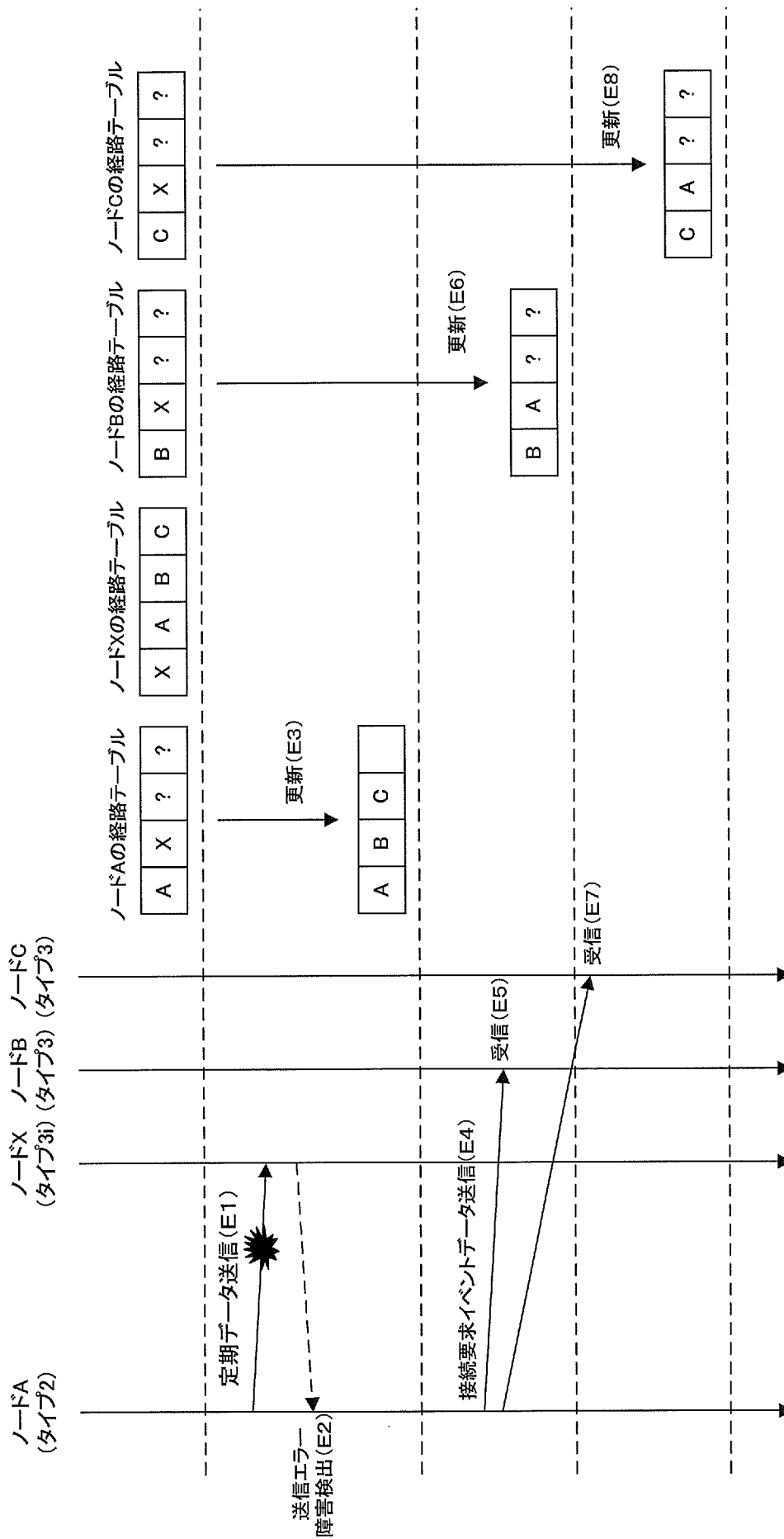
[図28]



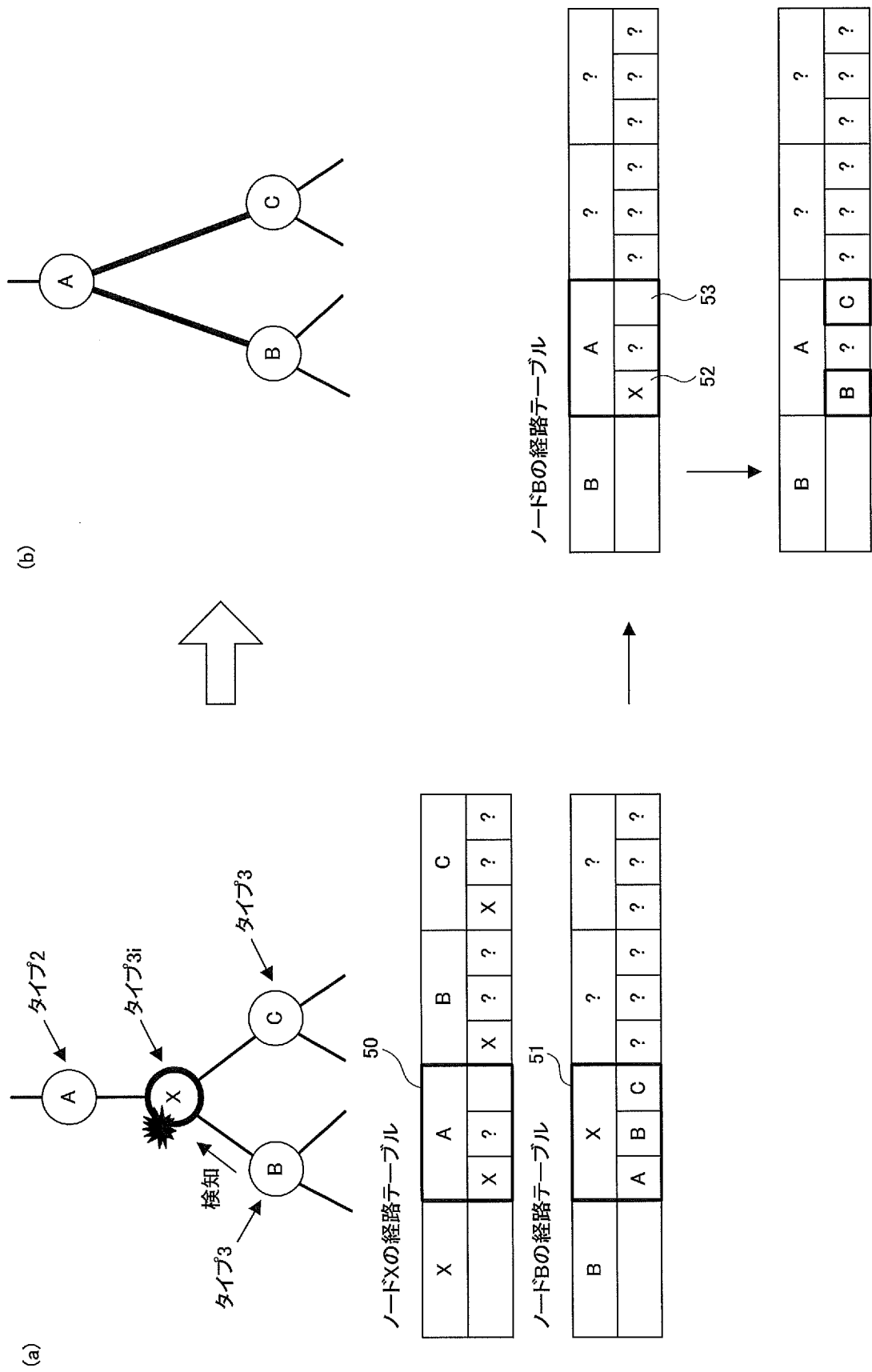
[図29]



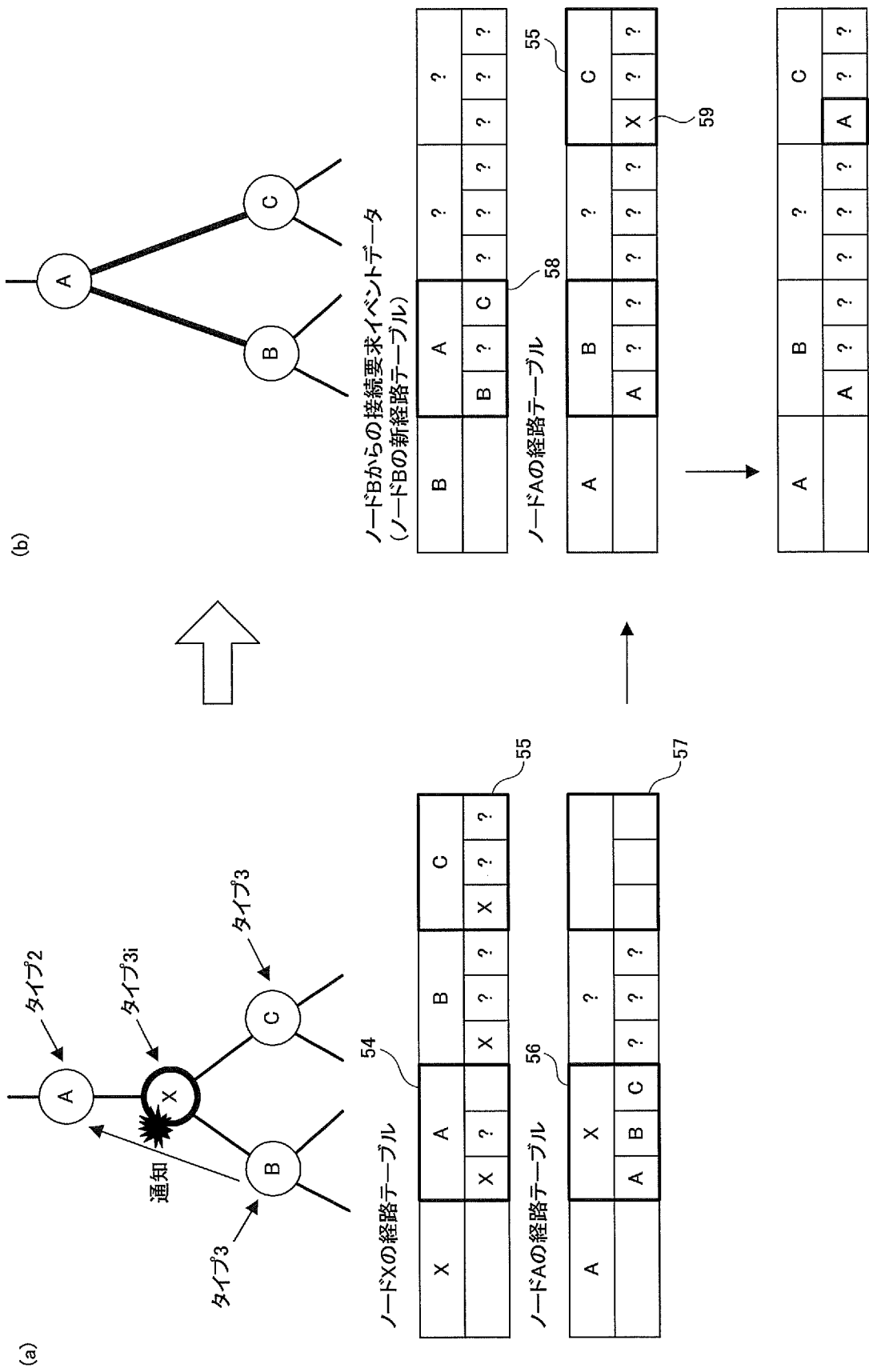
[図30]



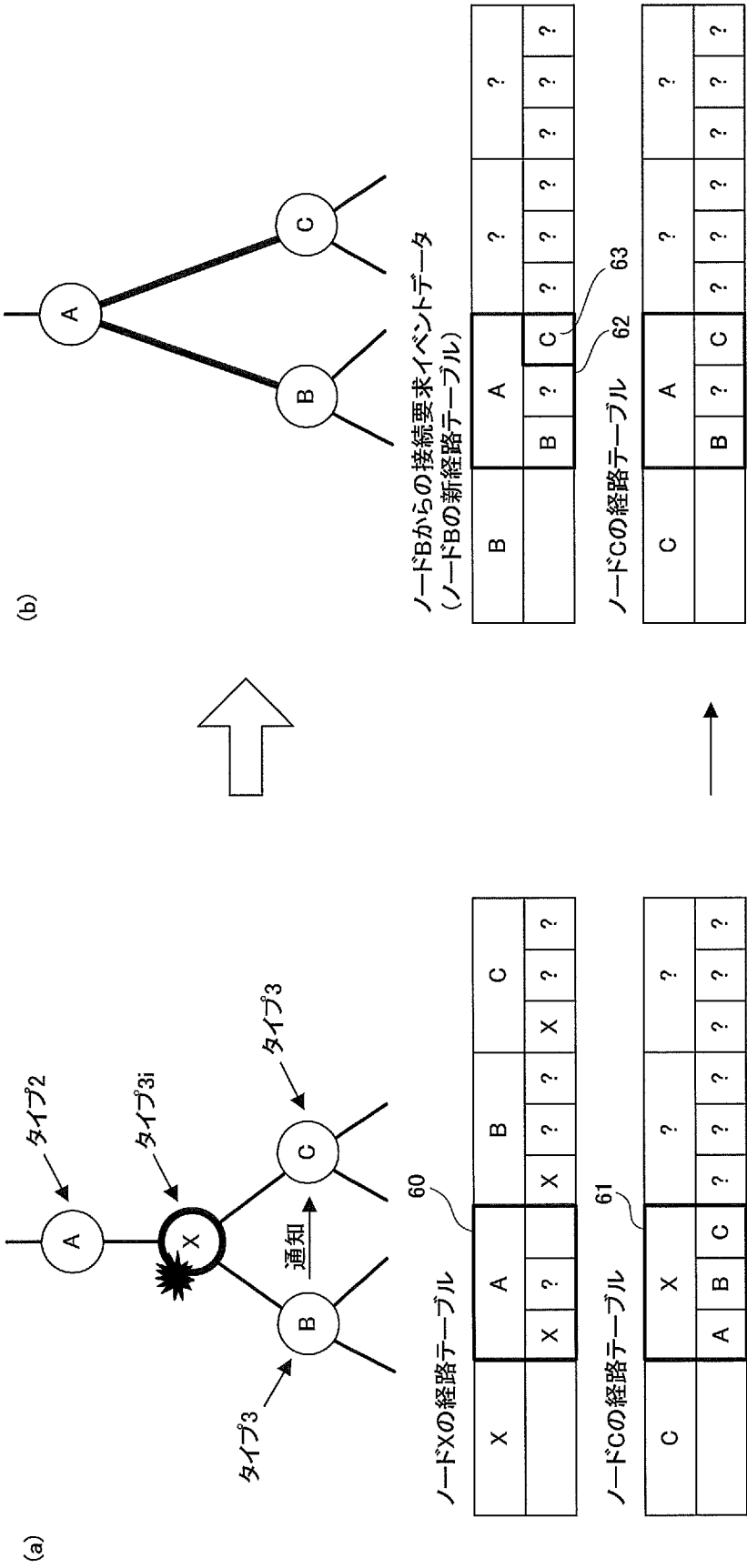
[図31]



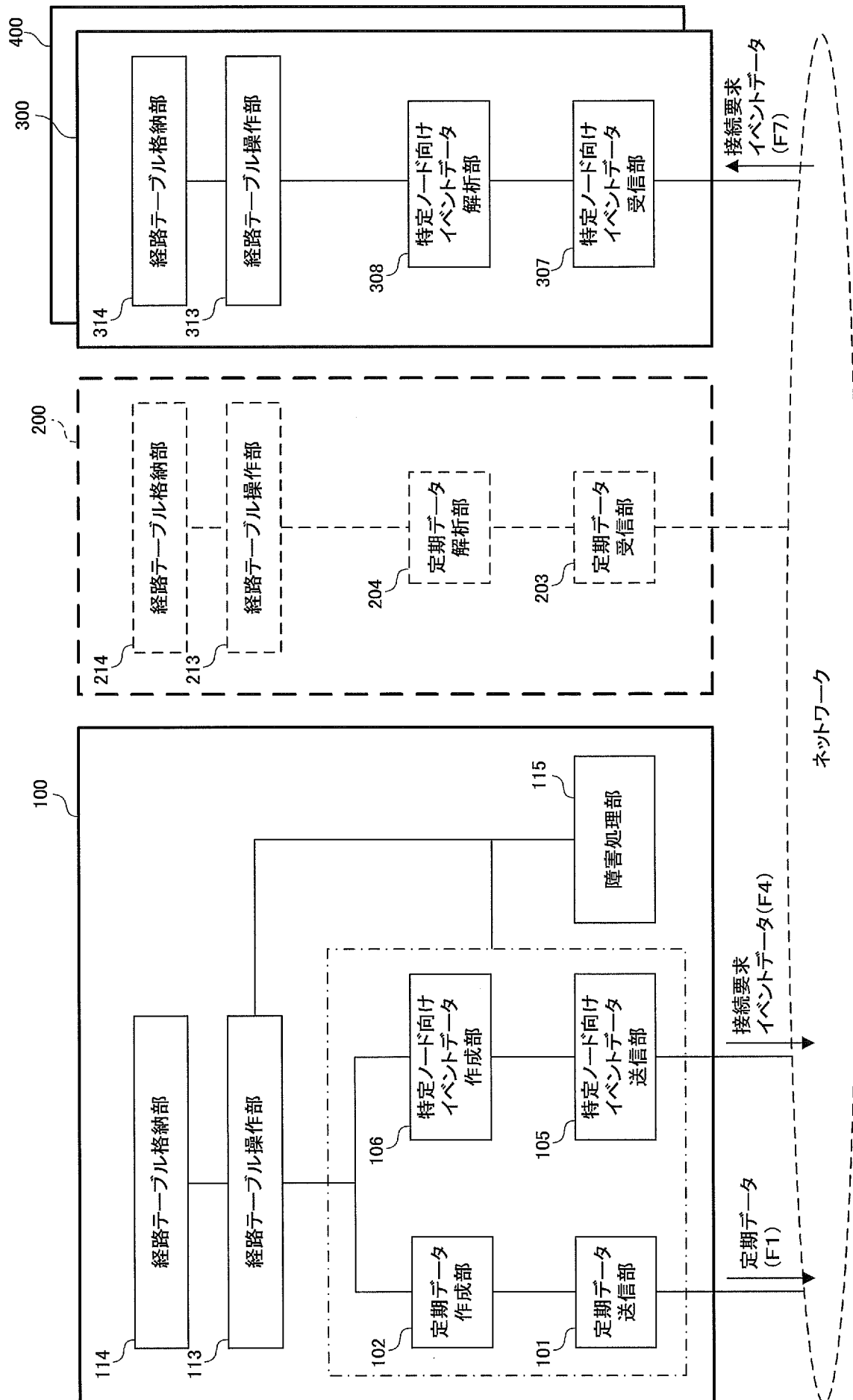
[図32]



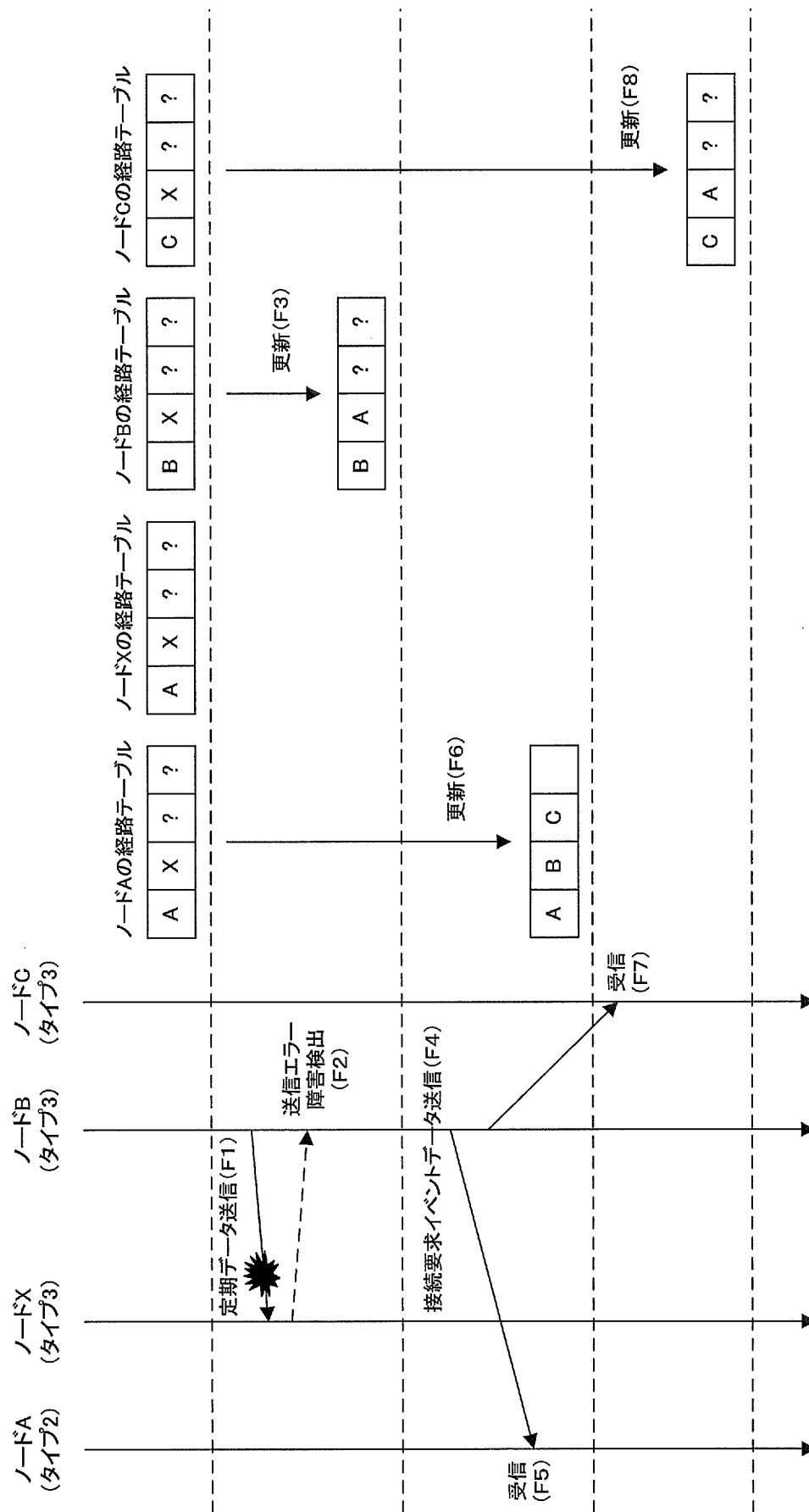
[図33]



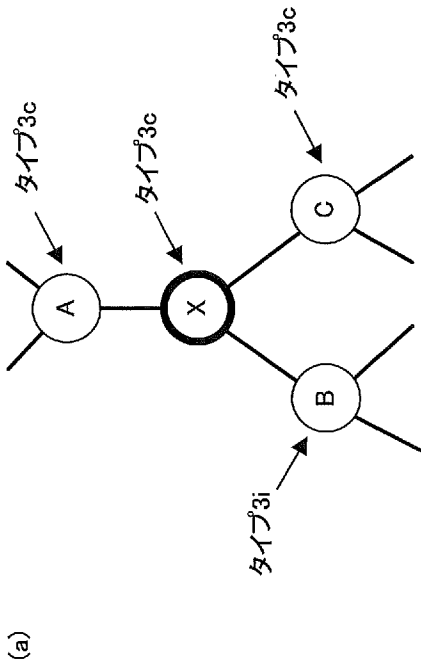
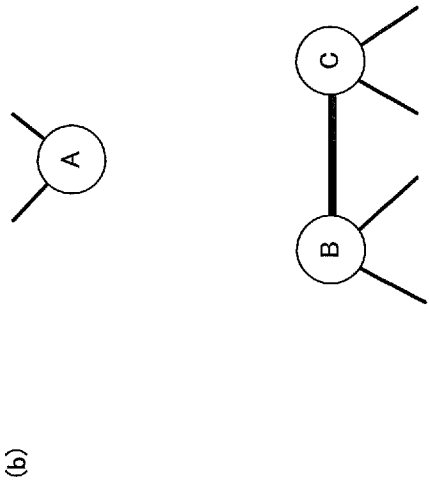
[図34]



[図35]



[図36]



ノードXの経路テーブル

X	A	B	C
	X	?	X

ノードAの経路テーブル

A	X	?	?
	A	B	C

ノードBの経路テーブル

B	X	?	?
	A	B	C

ノードCの経路テーブル

C	X	?	?
	A	B	C

ノードAの経路テーブル

A	?	?	?
	A	?	A

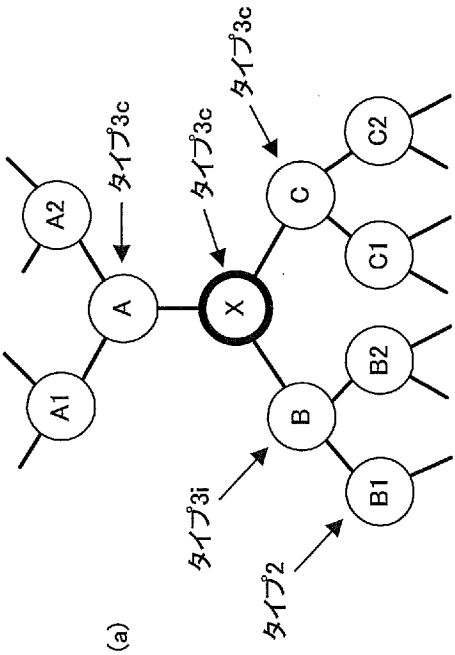
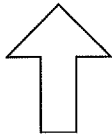
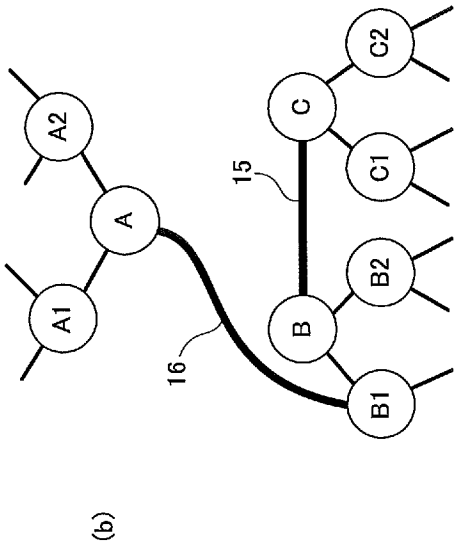
ノードBの経路テーブル

B	C	?	?
	B	?	B

ノードCの経路テーブル

C	B	?	?
	C	?	C

[図37]



ノードXの経路テーブル

X	A	B	C
	X	A1	A2
		X	B1
			X
			C1
			C2

ノードAの経路テーブル

A	X	A1	A2
	A	B	C
		A	?
		?	A
		?	?

ノードBの経路テーブル

B	X	B1	B2
	A	B	C
		B	?
		?	B
		?	?

ノードCの経路テーブル

C	X	C1	C2
	A	B	C
		C	?
		?	C
		?	?

ノードAの経路テーブル

A	B1	A1	A2
	A	B	?
		A	?
		?	A
		?	?

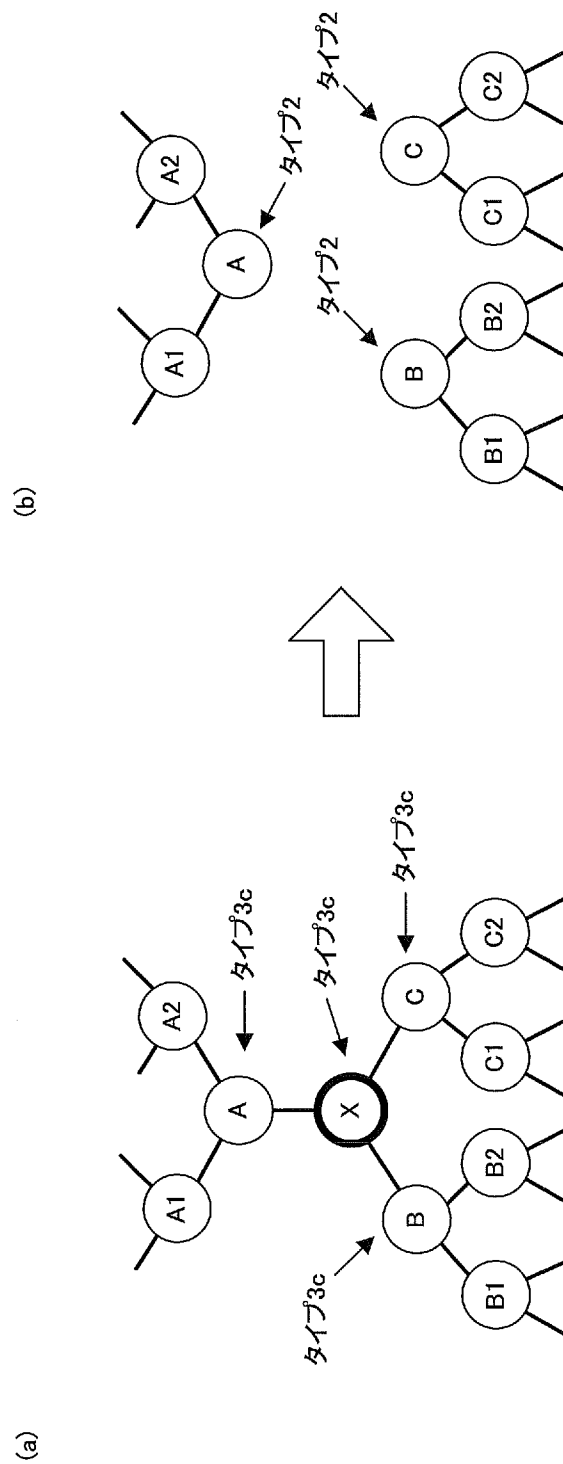
ノードBの経路テーブル

B	C	B1	B2
	B	C1	C2
		B	?
		A	B
		?	?

ノードCの経路テーブル

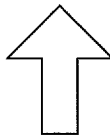
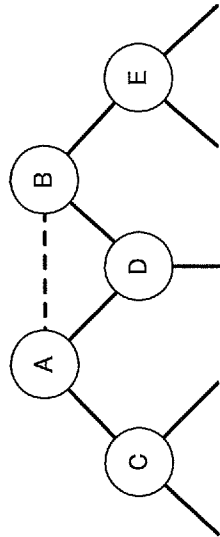
C	B	C1	C2
	C	B1	B2
		C	?
		?	C
		?	?

[図38]

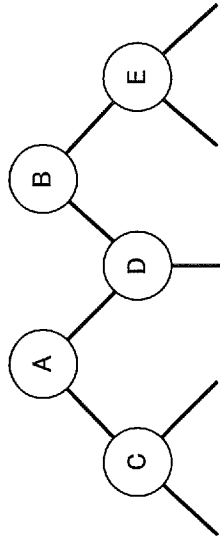


[図39]

(a)



(b)



ノードAの経路テーブル

A	B		C		D	
	A	D	E	A	?	A B ?

ノードBの経路テーブル

B	A		E		D	
	B	C	D	B	?	A B ?

共通ノードあり

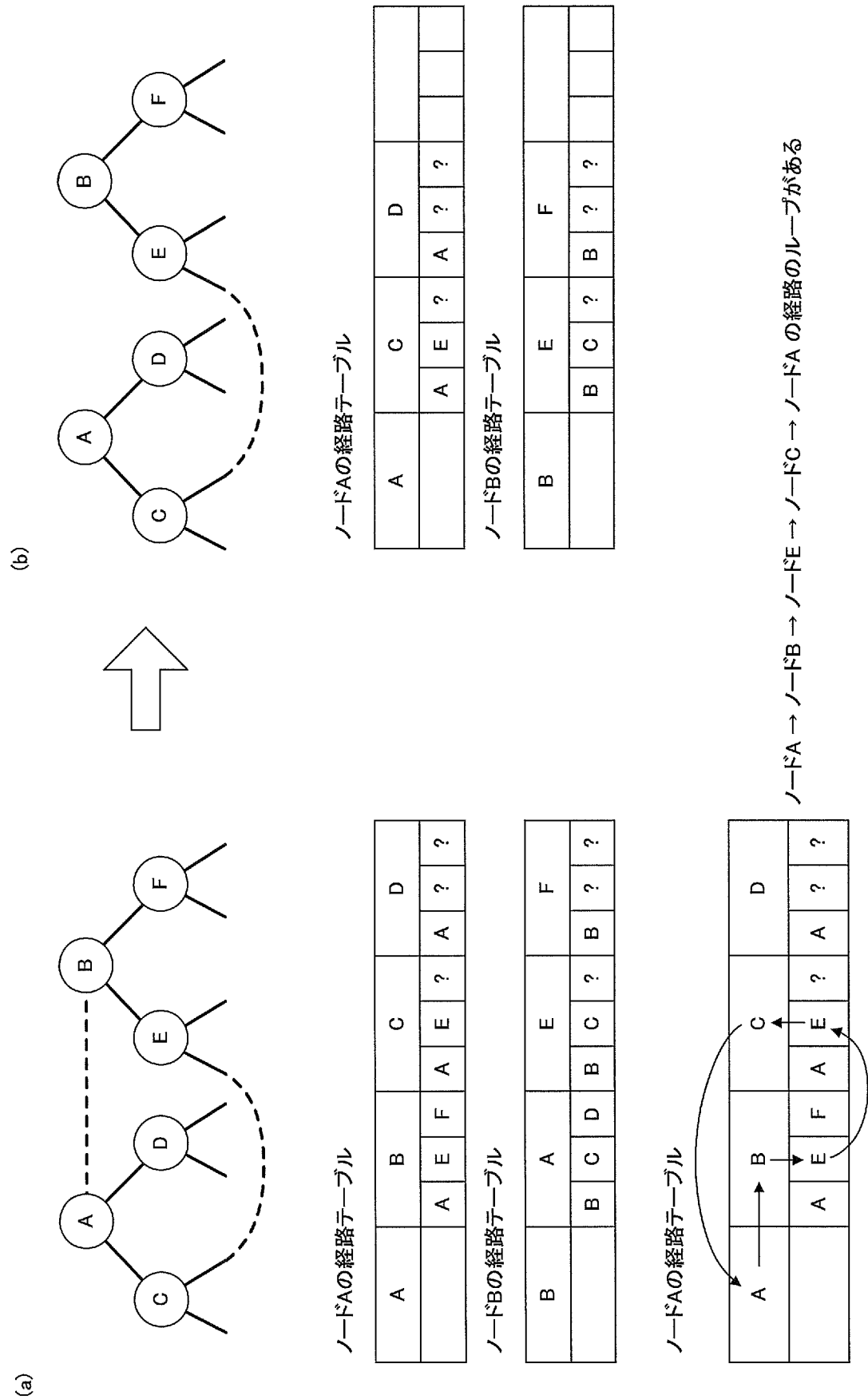
ノードAの経路テーブル

A	C		D			
	A	?	A	B	?	

ノードBの経路テーブル

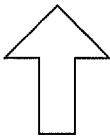
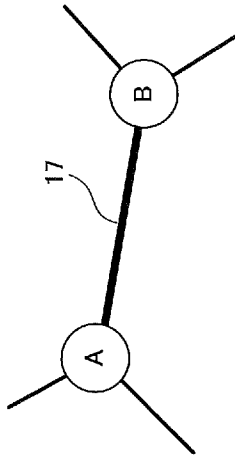
B	E		D			
	B	?	A	B	?	

[図40]



[図41]

(b)



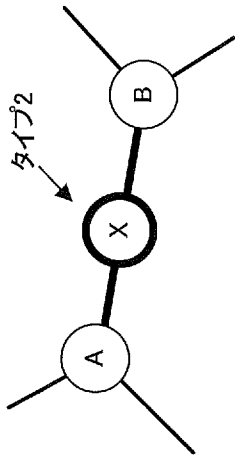
ノードAの経路テーブル

A	B		?	?	
	A	?	A	?	?

ノードBの経路テーブル

B	A	?	?	?	
	B	?	B	?	?

(a)



ノードAの経路テーブル

A	X	?	?	
	A	B	A	?

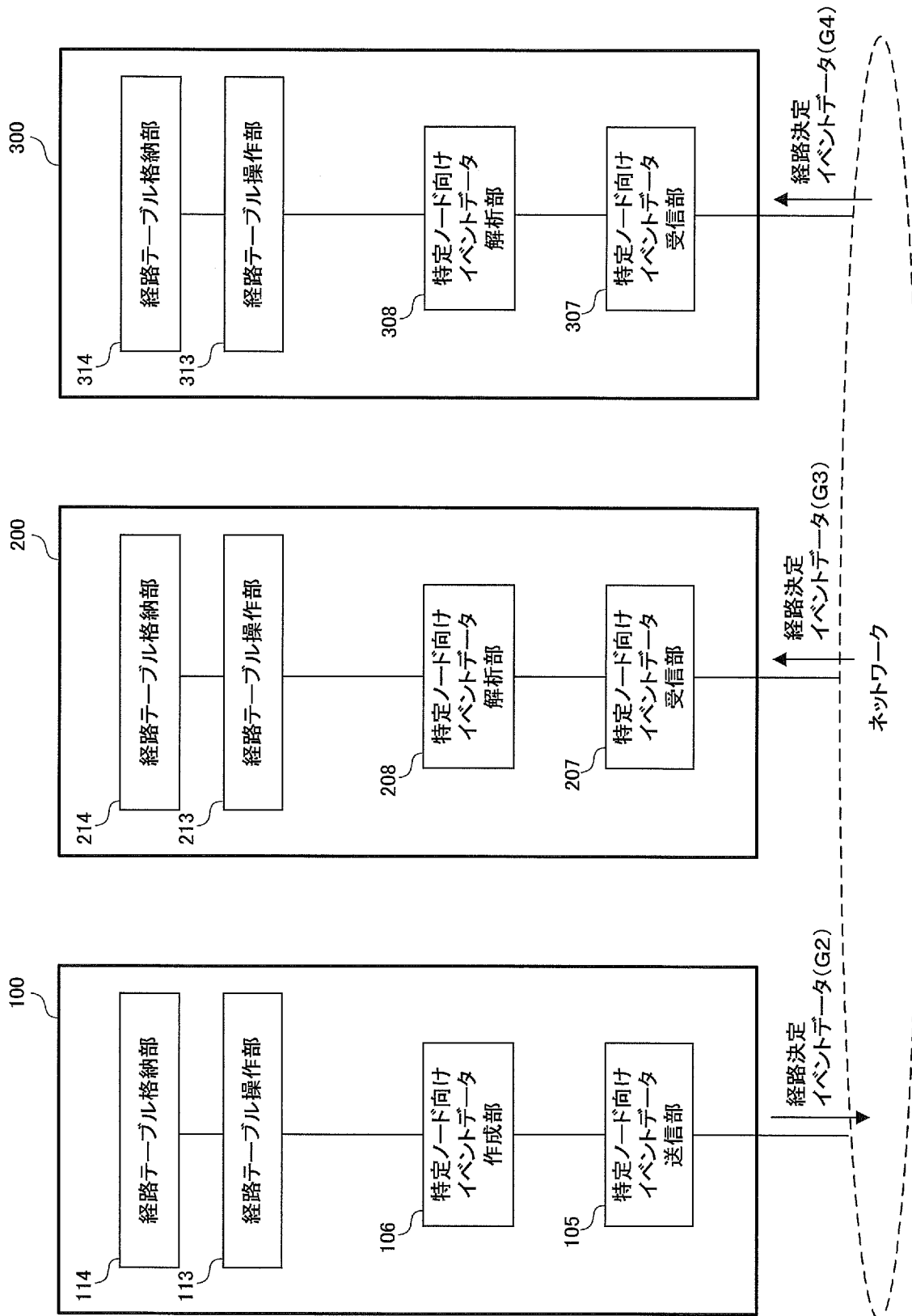
ノードBの経路テーブル

B	X	?	?	?	
	B	A	B	?	?

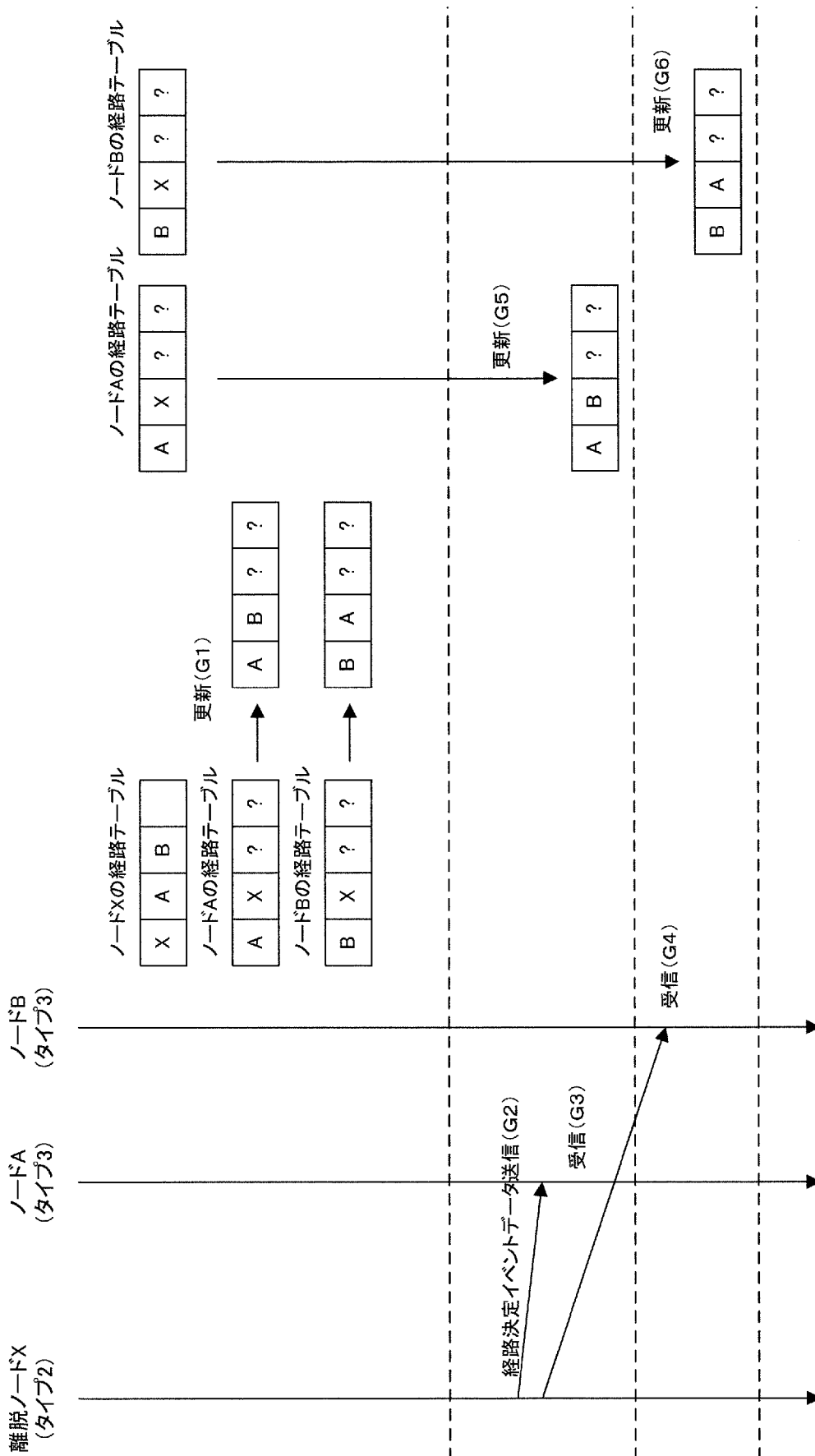
ノードXの経路テーブル

X	A	B		
	X	?	X	?

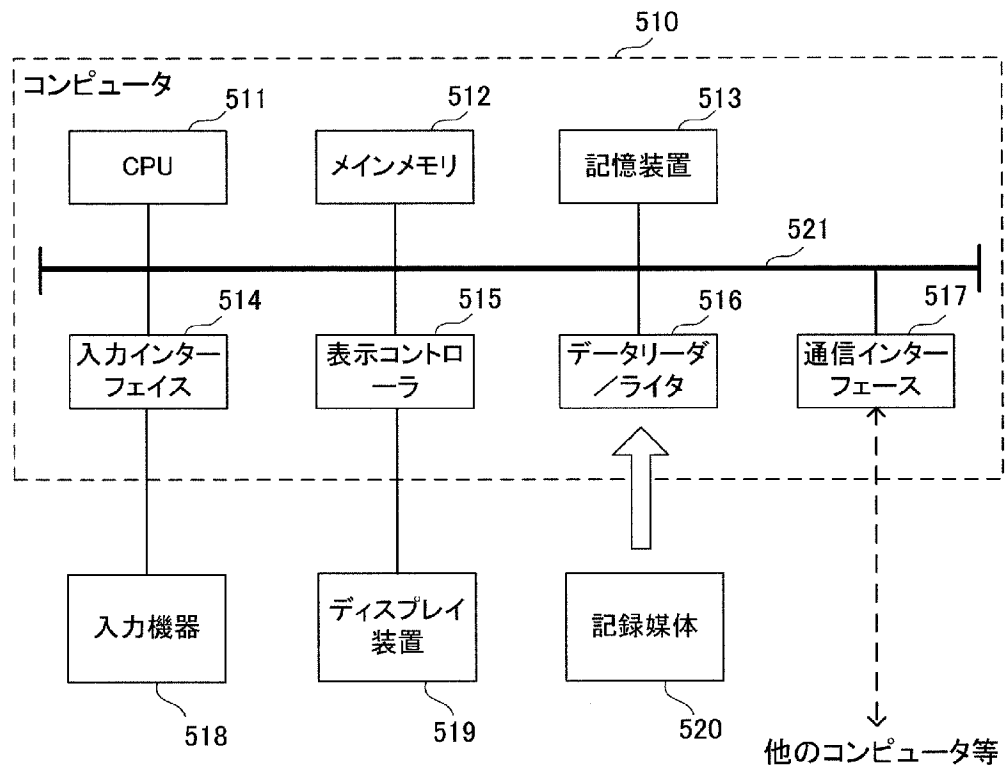
[図42]



[図43]



[図44]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L12/759(2013.01)i, H04L12/28(2006.01)i, H04W40/30(2009.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L12/759, H04L12/28, H04W40/30

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-113186 A (NEC Corp.), 15 May 2008 (15.05.2008), paragraphs [0015] to [0034]; fig. 2 & US 2008/0101227 A1	1-8
Y	JP 2009-531981 A (Motorola, Inc.), 03 September 2009 (03.09.2009), claim 1; paragraphs [0015] to [0024]; fig. 2 & US 2007/0237097 A1 & WO 2007/117821 A2	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 April, 2014 (11.04.14)

Date of mailing of the international search report
22 April, 2014 (22.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L12/759(2013.01)i, H04L12/28(2006.01)i, H04W40/30(2009.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04L12/759, H04L12/28, H04W40/30

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-113186 A（日本電気株式会社）2008.05.15, 段落0015 - 0034, 図2 & US 2008/0101227 A1	1-8
Y	JP 2009-531981 A（モトローラ・インコーポレイテッド）2009.09.03, 請求項1, 段落0015-0024, 図2 & US 2007/0237097 A1 & WO 2007/117821 A2	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

松崎 孝大

5 X

4 0 6 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3596