



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102835182 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 15

(21) 申请号 201080066071. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 03. 31

H04W 84/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2012. 09. 26

(56) 对比文件

US 2007/0047467 A1, 2007. 03. 01, 说明书第
38 段至第 71 段, 图 2-8, 表 1-5.

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2010/002398 2010. 03. 31

US 2004/0103210 A1, 2004. 05. 27, 全文.

US 2008/0186984 A1, 2008. 08. 07, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据
W02011/121674 JA 2011. 10. 06

US 6963585 B1, 2005. 11. 08, 全文.

(73) 专利权人 富士通株式会社
地址 日本神奈川县

审查员 欧阳洁

(72) 发明人 由良正和 岩尾忠重 山口伸一
森山美由纪

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227
代理人 李伟 舒艳君

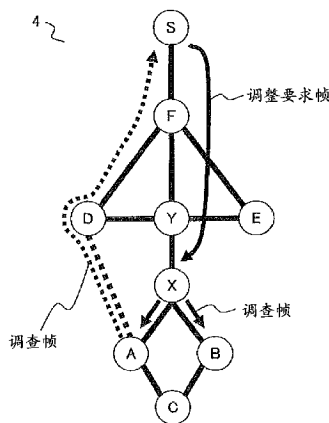
权利要求书3页 说明书62页 附图34页

(54) 发明名称

节点装置以及绕行路径调查方法

(57) 摘要

本发明涉及节点装置和绕行路径调查方法。包含多个节点的自组织网络中的节点装置具有：接收单元，其接收从与自身节点装置邻接的第1节点装置转送来的、将第2节点装置作为发送源的数据；发送数据创建单元，其创建将所述第2节点装置设定为最终发送目的地的发送数据；发送单元，其将所述发送数据向所述第1节点装置以外的与自身节点装置邻接的邻接节点装置发送；和判定单元，在自身节点装置再次接收到向所述第1节点装置以外的与自身节点邻接的所有邻接节点装置发送的所述发送数据、或者向所述邻接节点进行的发送失败时，该判定单元判定为在自身节点装置和所述第2节点装置之间不存在经由所述第1节点装置以外的邻接节点装置收发数据的绕行路径。



1. 一种节点装置,用于包含多个节点装置的自组织网络,其特征在于,具备:

接收单元,其接收从与自身节点装置邻接的第1节点装置转送来的、将第2节点装置作为发送源的数据;

发送数据创建单元,其创建将所述第2节点装置设定为最终发送目的地的发送数据;

发送单元,其将所述发送数据向所述第1节点装置以外的与自身节点装置邻接的邻接节点装置发送;和

判定单元,在自身节点装置再次接收到向所述第1节点装置以外的与自身节点邻接的所有邻接节点装置发送的所述发送数据、或者向所述邻接节点进行的发送失败时,该判定单元判定为在自身节点装置和所述第2节点装置之间不存在经由所述第1节点装置以外的邻接节点装置收发数据的绕行路径。

2. 根据权利要求1所述的节点装置,其特征在于,

还具备第1存储单元,该第1存储单元以与自身节点装置邻接的邻接节点装置为单位与数据的最终发送目的地对应地存储发送可能性信息,其中,该发送可能性信息表示从自身节点装置向该最终发送目的地发送数据的可能性,

所述判定单元参照将所述第2节点装置作为所述数据最终发送目的地而对应的所述发送可能性信息,来判定所述第1节点装置以外的所有邻接节点装置的发送可能性信息是否不能发送,由此判定为在自身节点装置和所述第2节点装置之间不存在所述绕行路径。

3. 根据权利要求2所述的节点装置,其特征在于,

所述发送单元基于将所述第2节点装置作为所述最终发送目的地的所述邻接节点装置各自的所述发送可能性信息,在所述第1节点装置以外选择该发送可能性信息表示能够发送的邻接节点装置,并向该邻接节点装置发送所述发送数据。

4. 根据权利要求2所述的节点装置,其特征在于,还具备:

第2存储单元,其将识别所述发送数据的数据识别信息和发送目的地邻接节点识别信息对应地进行存储,其中,该发送目的地邻接节点识别信息识别作为所述发送数据的发送目的地的邻接节点装置;和

更新单元,在自身节点装置接收到由所述发送单元向所述第1节点装置以外的邻接节点装置发送的所述发送数据时,该更新单元参照所述第2存储单元,确定与该接收到的发送数据的数据识别信息对应的邻接节点识别信息,在所述第1存储单元中,将所述第2节点装置是所述最终发送目的地的所述发送可能性信息中该确定的邻接节点识别信息的所述发送可能性更新为不能发送。

5. 根据权利要求1所述的节点装置,其特征在于,

在所述接收单元接收到的接收数据所设定的最终发送目的地是自身节点装置的情况下,所述数据创建单元创建所述发送数据。

6. 根据权利要求1所述的节点装置,其特征在于,

还具备通知单元,该通知单元基于所述判定单元做出的不存在所述绕行路径的判定,将所述第2节点装置设定为最终发送目的地来将表示该绕行路径不存在的通知数据向所述第1节点装置发送。

7. 根据权利要求1所述的节点装置,其特征在于,

所述接收单元基于所接收到的数据是来自所述第2节点装置的表示将自身节点设定

为最终发送目的地并且该第 2 节点装置接收到所述发送数据的意思的接收响应数据的情况,来结束由所述发送单元进行的所述发送数据的发送。

8. 一种节点装置,用于包含多个节点装置的自组织网络,其特征在于,具备:

要求发送单元,其将特定的其他节点装置设定为最终发送目的地来创建并发送调查要求数据,其中,该调查要求数据要求从该其他节点装置向自身节点装置发送用于确定两节点间的通信路径的调查数据;和

判定单元,其基于接收到所述自身节点装置被设定为最终发送目的地并且所述其他节点装置被设定为发送源的所述调查数据的情况,判定为在自身节点装置和该其他节点装置之间存在能够分别经由与其他特定的节点装置邻接的至少 2 个以上的邻接节点来收发数据的绕行路径,

在从所述要求发送单元发送了所述调查要求数据时开始在规定时间内接收到所述调查数据的情况下,所述判定单元判定为存在所述绕行路径,而在从所述要求发送单元发送了所述调查要求数据时开始在规定时间内没有接收到所述调查数据的情况下,所述判定单元判定为不存在所述绕行路径。

9. 根据权利要求 8 所述的节点装置,其特征在于,

还具备响应单元,在接收到所述调查数据时,该响应单元发送将所述其他节点装置设定为最终发送目的地的、表示该调查数据的接收的响应数据。

10. 一种绕行路径调查方法,由包含多个节点装置的自组织网络中的节点装置使用,其特征在于,

接收从与自身节点装置邻接的第 1 节点装置转送来的、将第 2 节点装置作为发送源的数据,

创建将所述第 2 节点装置设定为最终发送目的地的发送数据,

将所述发送数据向所述第 1 节点装置以外的与自身节点装置邻接的邻接节点装置发送,

在自身节点装置再次接收到向所述第 1 节点装置以外的与自身节点邻接的所有邻接节点装置发送的所述发送数据、或者向所述邻接节点进行的发送失败时,判定为在自身节点装置和所述第 2 节点装置之间不存在经由所述第 1 节点装置以外的邻接节点装置收发数据的绕行路径。

11. 根据权利要求 10 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

以与自身节点装置邻接的邻接节点装置为单位与数据的最终发送目的地对应地将发送可能性信息存储于第 1 存储单元,其中,该发送可能信息表示从自身节点装置向该最终发送目的地发送数据的可能性,

参照将所述第 2 节点装置作为所述数据最终发送目的地而对应的所述发送可能性信息,来判定所述第 1 节点装置以外的所有邻接节点装置的发送可能性信息是否不能发送,由此判定为在自身节点装置和所述第 2 节点装置之间不存在所述绕行路径。

12. 根据权利要求 11 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

基于将所述第 2 节点装置作为所述最终发送目的地的所述邻接节点装置各自的所述发送可能性信息,在所述第 1 节点装置以外选择所述发送可能性信息表示能够发送的邻接节点装置,并向该邻接节点装置发送所述发送数据。

13. 根据权利要求 11 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

将识别所述发送数据的数据识别信息和发送目的地邻接节点识别信息对应地存储于第 2 存储单元,其中,该发送目的地邻接节点识别信息识别作为所述发送数据的发送目的地的邻接节点装置,

在自身节点装置接收到向所述第 1 节点装置以外的邻接节点装置发送的所述发送数据时,参照所述第 2 存储单元,确定与该接收到的发送数据的数据识别信息对应的邻接节点识别信息,在所述第 1 存储单元中,将所述第 2 节点装置是所述最终发送目的地的所述发送可能性信息中该确定的邻接节点识别信息的所述发送可能性更新为不能发送。

14. 根据权利要求 10 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

在所述接收数据所设定的最终发送目的地是自身节点装置时,创建所述发送数据。

15. 根据权利要求 10 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

基于不存在所述绕行路径的判定,将所述第 2 节点装置设定为最终发送目的地来将表示该绕行路径不存在的通知数据向所述第 1 节点装置发送。

16. 根据权利要求 10 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

基于所接收到的数据是来自所述第 2 节点装置的表示将自身节点设定为最终发送目的地并且该第 2 节点装置接收到所述发送数据的意思的接收响应数据的情况,来结束所述发送数据的发送。

17. 一种绕行路径调查方法,由包含多个节点装置的自组织网络中的节点装置使用,其特征在于,

将特定的其他节点装置设定为最终发送目的地来创建并发送调查要求数据,其中,该调查要求数据要求从该其他节点装置向自身节点装置发送用于确定两节点间的通信路径的调查数据,

基于接收到所述自身节点装置被设定为最终发送目的地、所述其他节点装置被设定为发送源的所述调查数据的情况,判定为在自身节点装置和该其他节点装置之间存在能够分别经由与其他特定的节点装置邻接的至少 2 个以上的邻接节点来收发数据的绕行路径,

从发送了所述调查要求数据时开始在规定时间内接收到所述调查数据的情况下,判定为存在所述绕行路径,而在从发送了所述调查要求数据时开始在规定时间内没有接收到所述调查数据的情况下,判定为不存在所述绕行路径。

18. 根据权利要求 17 所述的绕行路径调查方法,其特征在于,

在接收到所述调查数据时,发送将所述其他节点装置设定为最终发送目的地的、表示该调查数据的接收的响应数据。

节点装置以及绕行路径调查方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在包含多个节点装置的网络中调查绕行路径的节点装置以及方法。

背景技术

[0002] 作为包含多个节点装置的网络的 1 个方式,自组织网络正在被实用化。在自组织网络中,在各节点装置中进行自主的路径选择。即,自组织网络的各节点装置具备作为路由器或者交换机进行动作的功能。这里,各节点装置通过与邻接的节点装置交换消息等,能够识别周边的网络构成。因此,若采用自组织(尤其是无线自组织)方式,则不用设置对网络整体进行管理的管理装置,在希望构建网络的环境中仅配置节点装置就能够构建所希望的网络。并且,在自组织网络中,节点装置的追加或者去除容易,能够容易地变更网络构成。另外,以往也提出有一种不用重新构建路径而是通过添加在路径上不存在的新的节点装置就能够更新连接的无线通信系统(例如专利文献 1)。

[0003] 另外,对于网络而言,一般为了即使在发生了故障的情况下也能够继续进行通信,优选具有绕行路径(或者冗余路径或代替路径)。尤其是在无线网络中,根据电波环境的不同有时也会暂时地切断链路,预先确认有无绕行路径非常重要。因此,以往提出了一种在由多个节点装置构成的网络通信中的链路故障时利用分散型的自动绕行路由来恢复故障的技术。(例如专利文献 2)

[0004] 然而,在自组织网络中,在网络整体中准确地识别通信路径比较困难。因此,在自组织网络中,不易确认对于各通信路径是否分别存在绕行路径。

[0005] 专利文献 1:日本特开 2006-135482 号公报

[0006] 专利文献 2:日本特开平 3-117140 号公报

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种在自组织网络中对任意的通信路径调查有无绕行路径的节点装置或者方法。

[0008] 本发明的 1 个方式的节点装置在包含多个节点的自组织网络中,具备:接收单元,其接收从与自身节点装置邻接的第 1 节点装置转送来的、将第 2 节点装置作为发送源的数据;发送数据创建单元,其创建将所述第 2 节点装置设定为最终发送目的地的发送数据;发送单元,其将所述发送数据向所述第 1 节点装置以外的与自身节点装置邻接的邻接节点装置发送;判定单元,在自身节点装置再次接收到向所述第 1 节点装置以外的与自身节点邻接的所有邻接节点装置发送的所述发送数据、或者向所述邻接节点进行的发送失败时,该判定单元判定为在自身节点装置和所述第 2 节点装置之间不存在经由所述第 1 节点装置以外的邻接节点装置来收发数据的绕行路径。

[0009] 本发明的其他方式的节点装置在包含多个节点装置的自组织网络中,具备:要求发送单元,其将特定的其他节点装置设定为最终发送目的地来创建并发送调查要求数据,该调查要求数据要求从该其他节点装置向自身节点装置发送用于确定两节点间的通信路

径的调查数据;判定单元,其基于接收到所述自身节点装置被设定为最终发送目的地、所述其他节点装置被设定为发送源的所述调查数据的情况,判定为在自身节点装置和该其他节点装置之间,存在能够分别经由与其他特定的节点装置邻接的至少 2 个以上的邻接节点来收发数据的绕行路径。

[0010] 根据实施方式的构成或者方法,在自组织网络中,能够对任意的通信路径调查有无绕行路径。

附图说明

- [0011] 图 1 是表示网络构成的第 1 例的图。
- [0012] 图 2 是表示网络构成的第 2 例的图。
- [0013] 图 3 是表示实施方式中的节点装置的构成的功能框图。
- [0014] 图 4 是表示实施方式中的节点装置的硬件构成的图。
- [0015] 图 5 是关注 1 个节点装置来说明权重的学习的图。
- [0016] 图 6 是说明在图 1 的网络中动态且自主分散地选择路径的样子的图。
- [0017] 图 7 是表示帧的例子图。
- [0018] 图 8 是表示图 3 的缓冲部所保存的数据的例子图。
- [0019] 图 9 是表示图 3 的邻接节点管理表的例子图。
- [0020] 图 10 是表示图 3 的加权表的例子图。
- [0021] 图 11 是说明图 10 的加权表的变化图。
- [0022] 图 12 是表示图 3 的 FID 管理表的例子图(其 1)。
- [0023] 图 13 是表示图 3 的 FID 管理表的例子图(其 2)。
- [0024] 图 14 是帧接收处理的流程图。
- [0025] 图 15 是图 14 的步骤 S203 中的问候帧接收处理的流程图。
- [0026] 图 16 是问候帧发送处理的流程图。
- [0027] 图 17 是邻接节点管理表的时效处理的流程图。
- [0028] 图 18 是加权表的时效处理的流程图。
- [0029] 图 19 是 FID 管理表的时效处理的流程图。
- [0030] 图 20 是图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理的流程图(其 1)。
- [0031] 图 21 是图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理的流程图(其 2)。
- [0032] 图 22 是图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理的流程图(其 3)。
- [0033] 图 23 是图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理的流程图(其 4)。
- [0034] 图 24 是图 21 的步骤 S812a 中的加权表调整处理的流程图。
- [0035] 图 25 是图 14 的步骤 S206 中的 ACK 帧接收处理的流程图。
- [0036] 图 26 是表示 ACK 帧在到超时时刻之前没有被接收时的处理的流程图。
- [0037] 图 27 是节点装置作为 GS 来发送数据帧时的发送处理的流程图(其 1)。
- [0038] 图 28 是节点装置作为 GS 发送数据帧时的发送处理的流程图(其 2)。
- [0039] 图 29 是也能作为 GS 的节点装置代替进行图 23 的处理作为数据帧接收处理的一部分的处理的流程图。
- [0040] 图 30 是表示基于问候帧的收发的邻接节点的识别以及图 6 的路径选择的时序图。

- [0041] 图 31 是说明绕行路径的图。
- [0042] 图 32 是说明调整绕行路径的方法的概要的图。
- [0043] 图 33 是表示调查要求节点装置的动作的流程图。
- [0044] 图 34 是表示调查执行节点装置的动作的流程图。
- [0045] 图 35 是调查执行节点装置所具备的邻接节点管理表的实施例。
- [0046] 图 36 是表示绕行路径存在时的调查顺序的图。
- [0047] 图 37 是表示绕行路径不存在时的调查顺序的图。

具体实施方式

[0048] 以下参照附图对发明的实施方式进行说明。具体而言,首先对实施方式涉及的网络的构成、各节点装置的构成以及动作进行说明。然后,对在实施方式涉及的网络中对任意的通信路径检测有无绕行路径的方法进行说明。

[0049] 图 1 是表示网络构成的第 1 例的图。图 1 的网络 1 是能够使用以下的实施方式的自组织网络的一例,包含多个节点装置。另外,以下在根据网络拓扑的观点进行的说明中,有时也将“节点装置”简称为“节点”。

[0050] 对于网络 1 内的各节点装置,在网络 1 内被预先分配唯一的识别信息(以下称为“节点 ID(identification)”)。以下设为参照符号“ N_i ”表示节点 ID,例如将分配了 N_i 作为节点 ID 的节点装置参照为“节点装置 N_i ”。另外,以下也将对节点装置 N_i 自身分配的节点 ID、即 N_i 称为节点装置 N_i 的“自身节点 ID”(图 1 中 $1 \leq i \leq 7$)。

[0051] 另外,在图 1 中用实线表示链路。具体而言,网络 1 的拓扑如下所述。即,在节点装置 N_1 和 N_2 间,节点装置 N_2 和 N_3 间,节点装置 N_2 和 N_6 间,节点装置 N_3 和 N_4 间,节点装置 N_3 和 N_5 间,节点装置 N_4 和 N_5 间,节点装置 N_4 和 N_7 间,以及节点装置 N_6 和 N_7 间,分别存在链路。

[0052] 另外,以下的“链路”可以是无线链路,也可以是有线链路。在节点装置 N_i 和 N_j 能够不基于其他节点装置 N_k 的中继而直接通过无线方式来相互对信息进行通信时,称为“节点装置 N_i 和 N_j 之间存在无线链路”(图 1 中 $1 \leq i, j, k \leq 7$)。另外,在节点装置 N_i 和 N_j 间由线缆直接连接,节点装置 N_i 和 N_j 能够经由线缆来相互对信息进行通信时,称为“节点装置 N_i 和 N_j 之间存在有线链路”。

[0053] 另外,当节点装置 N_i 和 N_j 之间存在无线或者有线的链路时,称为“节点装置 N_i 和 N_j 相互邻接”。换言之,对于节点装置 N_i 而言节点装置 N_j 是邻接节点装置,对于节点装置 N_j 而言节点装置 N_i 是邻接节点装置。

[0054] 另外,在图 1 的网络 1 中,可以添加新的节点装置,也可以撤掉节点装置 $N_1 \sim N_7$ 中的任意一个使其从网络 1 消失。另外,链路不是固定的,可以动态变化。

[0055] 例如,在受到天气或遮挡物等的影响下,有时在节点装置 N_i 和 N_j 之间会新建立无线链路,或者到目前为止建立的无线链路会消失。若节点装置是可变动方式,则链路的有无有时也会由于节点装置间距离的变动而发生变化。另外,因为线缆的连接替换,有时会建立新的有线链路,或者到目前为止存在的有线链路消失,有时也会因线缆的切断等故障而导致有线链路消失。

[0056] 根据以下说明的实施方式,即使在这样的节点、链路动态地变化的环境中,也根据

数据被发送的时间点的网络 1 的状况,一边动态找出并选择可利用且合适的路径,一边进行数据的发送。并且,在各节点装置 $N_1 \sim N_7$ 无需识别动态地变化的网络 1 整体拓扑的状态下,自主分散地实现对应于动态拓扑变化的路径选择。

[0057] 另外,以下将在节点装置间按照通信流程(协议)被收发的数据的单位、即 PDU(Protocol Data Unit)、以及收发对象的数据本身称为“帧”,详细内容会参照图 7 后述。虽然在网络 1 内的数据收发利用帧来进行,但是下面将帧在网络 1 内最初的发送源的节点装置称为“GS(Global Source)”,并且下面将在该发送源的节点装置(GS)中设定的该帧的发送目的地的节点装置称为“GD(Global Destination)”。另外,GD 在实施方式的网络上的帧传输中代表最终发送目的地节点。

[0058] 例如,在节点装置 N_1 是 GS、节点装置 N_7 是 GD 的情况下,在网络 1 中节点装置 N_1 和 N_7 不邻接,因此帧被其他节点装置中继,其结果,帧到达节点装置 N_7 。例如,帧可能从节点装置 N_1 发送至节点装置 N_2 ,从节点装置 N_2 发送至节点装置 N_6 ,从节点装置 N_6 发送至节点装置 N_7 。以下用 $\langle N_1, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 这样的元组(tuple)来代表路径。

[0059] 在路径 $\langle N_1, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 的例子中,例如在从节点装置 N_1 向节点装置 N_2 发送帧时,帧的最终发送目的地是作为 GD 的节点装置 N_7 ,但是帧的直接发送目的地是与节点装置 N_1 邻接的节点装置 N_2 。以下在帧在这样相互邻接的 2 个节点装置间发送的过程中,将帧的发送源的节点装置称为“LS(Local Source)”,将帧的发送目的地的节点装置称为“LD(Local Destination)”。另外,LS 在实施方式的网络上的帧传输中代表发送源邻接节点。

[0060] 例如,如上述那样帧从节点装置 N_1 经由节点装置 N_2 和 N_6 向节点装置 N_7 中继时的 LS 和 LD 如下所述。即,在最初帧被从也是 GS 的节点装置 N_1 向与节点装置 N_1 邻接的节点装置 N_2 发送时,LS 是节点装置 N_1 ,LD 是节点装置 N_2 。接着,在帧被从节点装置 N_2 向与节点装置 N_2 邻接的节点装置 N_6 发送时,LS 是节点装置 N_2 ,LD 是节点装置 N_6 。并且,在帧被从节点装置 N_6 向与节点装置 N_6 邻接且也是 GD 的节点装置 N_7 发送时,LS 是节点装置 N_6 ,LD 是节点装置 N_7 。

[0061] 另外,网络 1 内的 1 个或者多个节点装置可以与属于与网络 1 不同的网络(以下称为“外部网络”)的未图示的网络设备相连接。

[0062] 例如,在包含数据管理服务器的外部网络的网关装置上可以利用有线链路或者无线链路连接节点装置 N_7 。并且,节点装置 N_7 被指定为 GD 并在网络 1 内发送的数据可以从节点装置 N_7 经由网关装置向数据管理服务器发送,并由数据管理服务器进行管理。

[0063] 接着,参照图 2 说明其他网络的例子。图 2 是表示网络构成的第 2 例的图。图 2 的网络 2 也是可以使用以下的实施方式的自组织网络的一例,包含多个节点装置。另外,与图 1 的网络 1 同样,网络 2 也可以与未图示的外部网络连接。

[0064] 网络 2 包含节点装置 $N_{101} \sim N_{120}$ 。图 2 是在节点装置 $N_{101} \sim N_{120}$ 中着重表现 1 个节点装置 N_{105} 的图。即,由粗实线圆示出的节点装置 N_{105} 只要识别出能够直接通信的、邻接的 3 个节点装置 N_{107} 、 N_{111} 和 N_{112} 的存在和节点 ID 即可,无需识别网络 2 整体的拓扑。节点装置 N_{105} 非但无需识别网络 2 的拓扑,就连网络 2 内存在的节点装置的个数也无需识别,也无需事先了解不与节点装置 N_{105} 邻接的节点装置的节点 ID。

[0065] 在图 2 中,节点装置 N_{105} 所识别的部分由实线表示,节点装置 N_{105} 无需识别的部分由虚线表示。即,在图 2 中,仅有从节点装置 N_{105} 来看存在于跳数为 1 以内的范围内的以下

装置由实线表示。

[0066] ■ 节点装置 N_{105} 自身

[0067] ■ 与节点装置 N_{105} 邻接的 3 个节点装置 N_{107} , N_{111} , 以及 N_{112}

[0068] ■ 将节点装置 N_{105} 与 3 个邻接节点装置 N_{107} , N_{111} , 以及 N_{112} 分别连接的 3 条链路

[0069] 根据以下说明的实施方式,网络内的各节点装置如上述节点装置 N_{105} 那样,只要识别邻接节点装置即可。因此,即使网络的规模增大,也不会陷入“各节点装置为了识别网络拓扑而进行控制信息的通信,由于控制信息的通信而导致网络负荷变大,通信系统整体的性能恶化”这样的情况。

[0070] 以下参照图 3~图 30 对实施方式涉及的网络的构成、各节点装置的构成以及动作进行说明。然后,对在实施方式的网络中调查绕行路径的方法进行说明。

[0071] 图 3 是表示实施方式中的节点装置的构成的功能框图。图 1 或者图 2 的各节点装置具体而言例如是图 3 所示的节点装置 100。

[0072] 节点装置 100 具备接收帧的接收部 101 和发送帧的发送部 102。另外,节点装置 100 为了保存帧的发送所用的各种信息,具备邻接节点管理表 103、加权表 104、FID(Frame Identification) 管理表 105 以及调查历史表 112。

[0073] 节点装置 100 还具备判别接收部 101 所接收的帧的种类的帧分支处理部 106。详细形式会参照图 7 后述,在该实施方式中,至少使用“数据帧”、“问候帧”、以及“ACK(Acknowledgment) 帧”这 3 种帧。

[0074] 节点装置 100 具备进行与 ACK 帧有关的处理的 ACK 处理部 107 和对应问候帧的接收进行处理的链路管理部 108。另外,节点装置 100 为了进行对应于数据帧的接收的处理而具备缓冲部 109 和数据帧处理部 110。节点装置 100 还具备上位层处理部 111、问候帧创建部 112 以及 FID 创建部 113。

[0075] 节点装置 100 的各部如下述那样进行动作。

[0076] 接收部 101 接收帧,并将接收到的帧输出至帧分支处理部 106。由此,帧分支处理部 106 判别帧的种类。

[0077] 在接收到问候帧时,帧分支处理部 106 将接收到的问候帧输出至链路管理部 108。链路管理部 108 对邻接节点管理表 103 进行管理,并且也参与加权表 104 的管理。

[0078] 这里,问候帧是用于对控制信息进行通信的控制帧的一种,具体而言,是用于向其他节点装置通知节点装置 100 自身的存在的帧。因此,如参照图 15 详细后述的那样,链路管理部 108 以问候帧的接收为契机来识别邻接节点装置的存在,并将识别结果反映在邻接节点管理表 103 中。即,邻接节点管理表 103 是供节点装置 100 存储与节点装置 100 邻接的其他节点装置的表。

[0079] 另外,由于网络的状况能够动态地变化,所以根据状况的不同,到目前为止作为邻接节点装置而被链路管理部 108 识别到的其他节点装置有可能变得无法被识别为邻接节点装置。因此,如参照图 17 详细后述的那样,链路管理部 108 也进行用于从邻接节点管理表 103 删除与成为不能被识别为邻接节点装置的节点装置有关的项的时效处理。

[0080] 另外,在该实施方式中,链路管理部 108 根据邻接节点装置的变化进行加权表 104 的追加、删除、或者更新。

[0081] 这里,加权表 104 是用于按 GD 来管理用于决定将帧发送至哪个邻接节点装置的信

息的表。图 3 中示出了与 M 个 GD 分别对应设置的加权表 104-1 ~ 104-M。在本说明书中，“加权表 104”是加权表 104-1 ~ 104-M 的总称。另外，在节点装置 100 被开始运用的时间点，加权表 104 并不存在，M = 0。

[0082] 具体而言，加权表 104 按 GD 来管理“为了使帧最终到达 GD，节点装置 100 自身能够将哪个邻接节点装置选择为 LD”这一情况。换言之，加权表 104 按帧的 GD，针对与节点装置 100 邻接的 1 个以上的节点装置，将选择为 LD 时的优先级表示为权重并加以保持。

[0083] 根据其他的观点，某邻接节点装置“能够被选择为 LD”意味着向该邻接节点装置发送帧的可能性是“能够发送”。另外，某邻接节点装置“不能被选择为 LD”意味着向该邻接节点装置发送帧的可能性是“不能发送”，意味着该邻接节点装置的优先级是与“不能发送”对应的规定的最低优先级。

[0084] 因此，若节点装置 100 的邻接节点装置根据网络状况的变化而发生变化，则链路管理部 108 如参照图 15 和图 17 详细后述的那样，根据邻接节点装置的变化来对加权表 104 进行追加、更新或者删除。

[0085] 另外，在接收到 ACK 帧时，帧分支处理部 106 将接收到的 ACK 帧输出至 ACK 处理部 107。这里，ACK 帧是控制帧的一种，是从节点装置 100 所发送的数据帧的 LD、即节点装置向节点装置 100 通知数据帧的接收所用的帧。

[0086] 因此，ACK 帧的接收意味着数据帧的发送成功，经过了规定时间后还没有接收到 ACK 帧从而超时的情况意味着数据帧的发送失败。ACK 处理部 107 进行后述的图 25 所示的 ACK 帧接收的超时监视。

[0087] 缓冲部 109 为了防备数据帧的发送失败和再次发送而保存有数据帧。因此，如参照图 25 详细后述的那样，ACK 处理部 107 若以 ACK 帧的接收为契机而识别到数据帧的发送成功，则成为能够从缓冲部 109 删除不需要的数据帧的状态。然后，在经过了规定时间的时点，从缓冲部 109 删除与 ACK 帧对应的数据帧。另外，ACK 处理部 107 向数据帧处理部 110 通知发送数据帧的成功与否。

[0088] 另外，在接收到数据帧时，帧分支处理部 106 将接收到的数据帧保存到缓冲部 109 中，并且请求数据帧处理部 110 进行后述的图 20 ~ 图 23 的处理。

[0089] 这里，数据帧是包含作为 GS 的节点装置要向作为 GD 的节点装置传输的数据作为净荷的帧。换言之，与定义该实施方式中的帧的层相比靠上位的层中定义的协议的 PDU 作为净荷被包含于数据帧。

[0090] 上位层处理部 111 在节点装置 100 是 GS 或 GD 的情况下，对数据帧中作为净荷而包含的上位层的 PDU 进行处理。这里，上位层处理部 111 为了实现对实施方式的网络上的绕行路径进行调查的功能，而具备要求帧发送部 111a、判定部 111b、响应帧发送部 111c、检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f。另外，在后面对这些要素 111a ~ 111f 的动作进行说明。

[0091] 从帧分支处理部 106 接受到数据帧的处理请求的数据帧处理部 110 的动作概要如下所述。

[0092] 数据帧处理部 110 请求发送部 102 发送针对接收部 101 所接收的数据帧的 ACK 帧。另外，数据帧处理部 110 判断所接收到的数据帧的 GD 的值是否等于节点装置 100 的自身节点 ID。并且，在所接收到的数据帧的 GD 的值与节点装置 100 的自身节点 ID 不同的情况下，

数据帧处理部 110 通过参照 FID 管理表 105, 来判断本次的接收相当于下述 (A1) 和 (A2) 中的哪一个。

[0093] (A1) 在过去节点装置 100 作为 LS 所发送的数据帧在网络内被中继的过程中返回节点装置 100, 并被接收部 101 接收。

[0094] (A2) 上述 (A1) 以外的新的数据帧被接收部 101 接收。

[0095] 数据帧处理部 110 在判断为本次的接收相当于 (A2) 时, 参照加权表 104 来选择为了转送所接收到的数据帧而指定为 LD 的邻接节点装置, 并请求发送部 102 转送数据帧。

[0096] 另一方面, 数据帧处理部 110 在判断为本次的接收相当于 (A1) 时, 识别出过去被选择为 LD 的邻接节点装置不是合适的 LD, 并将识别的结果反映于加权表 104。并且, 数据帧处理部 110 参照加权表 104 来判断是否还存在其他的能够被选择为 LD 的邻接节点装置。

[0097] 数据帧处理部 110 还接受来自 ACK 处理部 107 的数据帧发送成功或者发送失败的通知, 识别被选择为该数据帧的 LD 的邻接节点装置是否合适, 并将该识别结果反映于加权表 104。

[0098] 另外, 与节点装置 100 邻接的某节点装置 N_i “能够被选择为 LD” 意味着在直觉上 “具有试着将邻接节点装置 N_i 选择为 LD 来尝试帧是否成功地到达 GD 的价值”。具体而言, 节点装置 N_i “能够被选择为 LD” 意味着 “即不是下述 (B1) 也不是下述 (B2)”。另外, “能够选择” 这样的用语更详细的意思根据后述的与图 5 有关的说明和与图 22 有关的 (F1) ~ (F2) 与 (G1) ~ (G4) 的说明会更加清楚。

[0099] (B1) 作为节点装置 100 在过去将邻接节点装置 N_i 选择为 LD 的结果, 有时会发生死循环等某种失败, 已经判明 “节点装置 N_i 不适于作为 LD”。

[0100] (B2) 曾经接收部 101 最初接收到本次接收部 101 所接收的数据帧时的 LS (以下称为 “Original Local Source”, 简称为 “OLS”) 是节点装置 N_i 。

[0101] 如果还存在其他的能够被选择为 LD 的邻接节点装置, 则数据帧处理部 110 选择能够选择的邻接节点装置并指定为 LD, 并请求发送部 102 转送数据帧。反之, 如果已经不存在能够被选择为 LD 的邻接节点装置, 则数据帧处理部 110 如下述 (C1) 或 (C2) 那样进行动作。

[0102] (C1) 在本次接收到的数据帧的 GS 是节点装置 100 以外的情况下, 数据帧处理部 110 为了向 OLS 返送数据帧, 将 OLS 选择为 LD, 并请求发送部 102 转送数据帧。该动作是用于识别对于作为 OLS 的邻接节点装置 “将节点装置 100 选择为 LD 是不合适的” 的动作, 如后述那样相当于路径搜索中的回溯。

[0103] (C2) 在本次接收到的数据帧的 GS 是节点装置 100 自身的情况下, 原先创建该数据帧的是上位层处理部 111。因此, 数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 通知数据帧的发送失败, 并废弃缓冲部 109 所保存的数据帧。

[0104] 另外, 为了实现以上那样的数据帧处理部 110 的动作, 数据帧处理部 110 需要区别上述 (A1) 和 (A2)。因此, 在该实施方式中, 能够唯一识别数据帧的帧识别信息包含于各数据帧, 帧识别信息存储于 FID 管理表 105。

[0105] 该实施方式中的帧识别信息具体而言是作为数据帧的 GS 的节点装置的节点 ID 和 FID 的组合。FID 是唯一识别某 1 个节点装置作为 GS 发送的多个帧中的每个帧的识别信息, 例如可以是规定位数的序列号, 也可以是时间戳。

[0106] 也就是说,由于各个节点装置独立地创建 FID,所以也可能会发生不同的多个节点装置偶然创建相同的 FID 的情况。但是,帧识别信息不是单独的 FID,而是作为数据帧的 GS 的节点装置的节点 ID 与 FID 的组合。并且,节点 ID 如上所述是在网络内唯一识别节点装置的信息。因此,即使不同的多个节点装置偶然创建相同的 FID,由于不同的节点装置分别作为 GS 发送的帧具有不同的帧识别信息,所以能够区别。

[0107] 另外,对于帧识别信息而言,即使数据帧经由 1 个以上的节点装置在网络内转送,也不会被中继数据帧的节点装置改写,因此不会变化。数据帧处理部 110 通过将请求发送部 102 发送的数据帧的帧识别信息记录于 FID 管理表 105,能够在之后数据帧返回节点装置 100 自身时,识别为相当于上述 (A1)。

[0108] 另外,节点装置 100 也进行不以帧的接收为契机的其他处理。具体而言,问候帧创建部 112 利用 FID 创建部 113 创建的 FID 来定期地创建问候帧,并输出至发送部 102。由此,发送部 102 发送问候帧,因此节点装置 100 能够将节点装置 100 自身的存在定期地向周围进行通知。

[0109] 另外,上位层处理部 111 能够在任意的定时,将作为净荷包含于数据帧中并发送的对象的数据输出至数据帧处理部 110。由此,数据帧处理部 110 响应上位层处理部 111 的要求而创建数据帧,并指示发送部 102 发送数据帧。这样,节点装置 100 能够使自身成为 GS。

[0110] 图 4 是表示实施方式中的节点装置的硬件构成的图。图 3 的节点装置 100 例如可以由图 4 所示的各种硬件实现。

[0111] 在图 4 的例子中,节点装置 100 具备 MPU(MicroProcessing Unit)201、PHY(PHYSical layer)芯片 202 以及定时器 IC(Integrated Circuit)203。另外,节点装置 100 具备 DRAM(Dynamic Random access Memory)204、闪存 205 以及无线模块 206。

[0112] 连接 MPU201 和 PHY 芯片 202 间的通信接口是 MII/MDIO(Media Independent Interface or Management Data Input/Output)207。MII 和 MDIO 都是物理层和 MAC 子层(Media Access Control sublayer)之间的接口。另外,MPU201 和定时器 IC203 经由 I²C/PIO(Inter-Integrated Circuit or Parallel Input/Output)总线 208 连接。并且,DRAM204、闪存 205 和无线模块 206 经由 PCI(Peripheral Component Interconnect)总线 209 与 MPU201 连接。

[0113] MPU201 将作为非易失性存储装置的一种的闪存 205 所保存的固件等程序加载到 DRAM204,一边将 DRAM204 作为工作存储器使用一边执行各种处理。MPU201 通过执行程序,能够作为图 3 的帧分支处理部 106、ACK 处理部 107、链路管理部 108、数据帧处理部 110、上位层处理部 111、问候帧创建部 112 以及 FID 创建部 113 进行动作。

[0114] 另外,固件等程序可以被保存于计算机可读的存储介质中而被提供,从而被安装于节点装置 100。或者,程序也可以从网络经由 PHY 芯片 202 或者无线模块 206 而被下载,从而被安装于节点装置 100。

[0115] 另外,根据实施方式的不同,也可以利用 DRAM204、闪存 205 以外的其他种类的存储装置。例如,节点装置 100 可以具有 CAM(Content Addressable Memory)、SRAM(Static Random Access Memory)、SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)等存储装置。

[0116] 图 3 的邻接节点管理表 103、加权表 104、FID 管理表 105、缓冲部 109 以及调查历史表 112 由 DRAM204、闪存 205 或者未图示的其他存储装置实现。另外,闪存 205 除了程序以外,还存储节点装置 100 的节点 ID 等节点装置 100 所固有的信息。

[0117] PHY 芯片 202 是进行有线连接下的物理层的处理的电路。由于该实施方式适用于无线网络,所以节点装置 100 也可以不具备 PHY 芯片 202。但是,为了节点装置 100 和外部网络的连接,节点装置 100 也可以具备 PHY 芯片 202。

[0118] 例如,节点装置 100 具备遵循以太网(注册商标)标准的有线 LAN 端口,可以经由与有线 LAN 端口连接的线缆来与外部网络的网关装置等连接。

[0119] 该情况下,MPU201 创建以太网帧,并能够经由 MII/MDIO207 向 PHY 芯片 202 输出。并且,PHY 芯片 202 将来自 MPU201 的输出(即表示以太网帧的逻辑信号)转换成对应于线缆种类的信号(即电信号或者光信号),并向线缆输出。这样,节点装置 100 能够利用 PHY 芯片 202 向外部网络发送数据。

[0120] 另外,PHY 芯片 202 也能够将经由线缆和有线 LAN 端口从外部网络输入的电信号或光信号转换成逻辑信号,并经由 MII/MDIO207 输出至 MPU201。这样,节点装置 100 能够利用 PHY 芯片 202 从外部网络接收数据。

[0121] 无线模块 206 是进行无线连接下的物理层的处理的硬件。无线模块 206 例如包含天线、ADC(Analog-to-Digital Converter)、DAC(Digital-to-Analog Converter)、调制器、解调器、编码器、解码器等。

[0122] 在该实施方式中,图 3 的接收部 101 和发送部 102 由图 4 的无线模块 206 实现。也就是说,在该实施方式中,网络内的链路是无线链路。

[0123] 定时器 IC203 在经过设定的时间之前进行计数动作,当经过了设定的时间时输出中断信号。例如,定时器 IC203 可以输出用于分别以规定间隔执行邻接节点管理表 103、加权表 104、FID 管理表 105 的时效处理的中断信号。

[0124] 另外,根据实施方式的不同,节点装置的硬件构成可以与图 4 不同,也可以将图 4 例示的标准/种类以外的其他硬件利用在节点装置中。

[0125] 例如,图 3 的帧分支处理部 106、ACK 处理部 107、链路管理部 108、数据帧处理部 110、上位层处理部 111、问候帧创建部 112 或者 FID 创建部 113 可以由硬件电路实现。具体而言,也可以代替 MPU201 而通过 FPGA(Field Programmable Gate Array)等可重构电路或 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)等来实现上述图 3 的各部。当然,也可以通过 MPU201 和硬件电路双方来实现图 3 的各部。

[0126] 另外,在以下的说明中,为了明确说明,有时在图 3 和图 4 的各部的参照符号后使用附加了节点 ID 的参照符号。例如,存在以“103- N_1 ”这样的参照符号来参照节点装置 N_1 所具有的图 3 的邻接节点管理表 103 的情况。

[0127] 接着,参照图 5 说明各个节点装置的动作的概要,参照图 6 说明作为各个节点装置的动作的结果而作为网络整体实现的路径选择。

[0128] 图 5 是着重于 1 个节点装置来说明权重的学习的图。图 5 中,网络 3 内的 6 个节点装置被简示为“节点 α ”~“节点 ζ ”。如图 5 所示,对于节点 β 邻接有节点 α 、 γ 、 δ 、 ϵ 以及 ζ ,在图 5 中下述 5 条链路由实线示出。

[0129] ■节点 β 和 α 间的链路 $L_{\beta, \alpha}$

[0130] ■ 节点 β 和 γ 间的链路 $L_{\beta, \gamma}$

[0131] ■ 节点 β 和 δ 间的链路 $L_{\beta, \delta}$

[0132] ■ 节点 β 和 ε 间的链路 $L_{\beta, \varepsilon}$

[0133] ■ 节点 β 和 ζ 间的链路 $L_{\beta, \zeta}$

[0134] 另外,在图 5 中以云的形式示意性表现出的网络 3a 是网络 3 中的一部分。网络 3a 具体而言包含直接连接节点 δ 和 ζ 间的链路、或者经由 1 个以上的未图示的节点和 2 条以上的未图示的链路而间接连接节点 δ 和 ζ 间的路径。

[0135] 以下在图 5 中着重于节点 β 来说明节点 β 中的权重的学习。

[0136] 在某个时刻,节点 β 经由链路 $L_{\beta, \alpha}$ 从节点 α 接收将网络 3 内的未图示的某节点 (以下为了方便称为“节点 η ”) 作为 GD 的数据帧 301。节点 β 具有图 3 的加权表 104,在图 5 的说明中为了方便以“104-h”这样的参照符号参照其中与节点 η 对应的加权表。

[0137] 详细内容会参照图 10 和图 11 后述,按 GD 管理的加权表 104 分别存储邻接节点与权重的对应关系。由于对于节点 β ,节点 α 、 γ 、 δ 、 ε 和 ζ 与其邻接,所以在加权表 104-h 中,节点 α 和权重 W_{α} 、节点 γ 和权重 W_{γ} 、节点 δ 和权重 W_{δ} 、节点 ε 和权重 W_{ε} 、以及节点 ζ 和权重 W_{ζ} 分别建立了对应关系。

[0138] 为了便于说明,节点 β 从节点 α 接收到数据帧 301 的时间点的加权关系如式 (1) 所述。

$$[0139] \quad W_{\gamma} < W_{\delta} < W_{\varepsilon} < W_{\zeta} \quad (1)$$

[0140] 以下在该实施方式中为了便于说明,示出了权重取 0 以上 1 以下的值,权重的值越小则与该权重对应的节点的优先级越高。

[0141] 因此,节点 β 根据式 (1) 识别出与最小的权重 W_{γ} 对应的节点 γ 的优先级在邻接节点 γ 、 δ 、 ε 和 ζ 中最高。因此,节点 β 首先从邻接节点 γ 、 δ 、 ε 和 ζ 中选择节点 γ 作为用于转送数据帧 301 的 LD,并向节点 γ 发送数据帧 301。

[0142] 这里,若从节点 β 向节点 γ 的发送失败,则节点 β 学习到“在将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 γ 选择为 LD 是不合适的”。并且,作为学习的结果,节点 β 降低节点 γ 的优先级。即,节点 β 增大权重 W_{γ} 的值。

[0143] 发送失败存在多种,具体而言,节点 β 按照下述 (D1) 或者 (D2) 那样,学习到“在将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 γ 选择为 LD 是不合适的”。

[0144] (D1) 链路故障时

[0145] 在节点 β 将数据帧 301 向节点 γ 转送的时间点,若链路 $L_{\beta, \gamma}$ 或者节点 γ 偶然发生了故障,则节点 β 识别为向节点 γ 的发送失败。

[0146] 例如在链路 $L_{\beta, \gamma}$ 是无线链路的情况下,如果在规定时间内没有从节点 γ 返回针对数据帧 301 的 ACK 帧,则节点 β 超时,判断为“向节点 γ 的数据帧 301 的发送失败”。并且,节点 β 学习到“将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 γ 选择为 LD 是不合适的”,并使与选择为 LD 的节点 γ 对应的权重 W_{γ} 的值增大。

[0147] 另外,由于无线链路的品质环境容易发生变化,所以链路故障可能被重新解决。因此,在该实施方式中,在链路故障时不是一次性地将权重 W_{γ} 设定成最大值,而是增大规定的值。这样,能够防止仅由于 1 次链路故障的发生就导致该 LD 不合适的情况。

[0148] (D2) 数据帧 301 从节点 γ 返回节点 β 时

[0149] 对于节点 β 而言,向节点 γ 的数据帧 301 的发送暂时成功。例如,节点 β 通过从节点 γ 接收针对数据帧 301 的 ACK 帧,来识别为向节点 γ 的数据帧 301 的发送已成功。因此,节点 β 暂时使与被选择为 LD 的节点 γ 对应的权重 W_γ 的值变小。

[0150] 但是,在之后,如果在网络 3 内没有找到能够从节点 γ 向节点 η 转送数据帧 301 的路径,则通过后述的回溯动作,由节点 γ 向节点 β 返送数据帧 301。例如,在节点 γ 仅与节点 β 邻接时,节点 γ 无法发现能够向节点 η 转送数据帧 301 的路径。另外,即使在节点 γ 与节点 β 以外的几个节点邻接的情况下,根据网络 3 的拓扑的不同,有时也无法从节点 γ 到达节点 η 。

[0151] 若节点 γ 进行回溯动作,则由于节点 β 从节点 γ 接收节点 β 自身在过去向节点 γ 发送的数据帧 301,所以能够识别为“向节点 γ 的发送失败”。作为识别的结果,节点 β 学习到“在将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 γ 选择为 LD 是不合适的”,并使与被选择为 LD 的节点 γ 对应的权重 W_γ 的值增大。

[0152] 在该实施方式中,如 (D2) 那样,在通过接收节点 β 自身在过去发送的数据帧 301 来识别为节点 β 发送失败的情况下,节点 β 具体而言将权重 W_γ 的值设定成最大值。

[0153] 以下为了便于说明,在图 5 的例子中,如 (D2) 那样由节点 β 识别发送失败,并将权重 W_γ 的值设定为最大值。其结果,式 (2) 成立。

$$[0154] \quad W_\delta < W_\epsilon < W_\zeta < W_\gamma \quad (2)$$

[0155] 接着,节点 β 为了使数据帧 301 到达作为 GD 的未图示的节点 η ,将判明为不合适的节点 γ 以外的邻接节点选择为 LD,尝试数据帧 301 的再次发送。具体而言,根据式 (2),节点 β 将与在当前时间点最小的权重 W_δ 对应的节点 δ 选择为 LD,并向节点 δ 发送数据帧 301。

[0156] 在图 5 的例子中,节点 β 从节点 δ 接收针对数据帧 301 的 ACK 帧,节点 β 识别发送的成功。若识别到发送成功,则节点 β 使与选择为 LD 的节点 δ 对应的权重 W_δ 的值变小。其结果,式 (2) 也成立。

[0157] 接着,数据帧 301 经由网络 3a 从节点 δ 到达节点 ζ 。并且,节点 ζ 将节点 β 选择为 LD。

[0158] 由此,节点 β 因为从节点 ζ 接收节点 β 自身在过去向节点 δ 发送的数据帧 301,所以能够识别为“向节点 δ 的发送由于死循环的存在而失败”。作为识别的结果,节点 β 学习到“在将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 δ 选择为 LD 是不合适的”,并使权重 W_δ 的值变大。

[0159] 这里,即使在节点 β 从节点 ζ 接收到因死循环而返回的数据帧 301 的情况下,在“通过接收节点 β 自身在过去发送的数据帧 301 来识别节点 β 发送失败”这一点上,也与上述 (D2) 的情况相同。因此,节点 β 学习到“在将节点 η 作为 GD 的数据帧的发送时,将节点 δ 选择为 LD 是不合适的”,并将与被选择为 LD 的节点 δ 对应的权重 W_δ 的值设定成最大值。其结果,式 (3) 成立。

$$[0160] \quad W_\epsilon < W_\zeta < W_\gamma = W_\delta \quad (3)$$

[0161] 在图 5 中,作为从节点 ζ 接收同一数据帧 301 而更新了加权的结果的新的加权的的关系,示出了式 (3)。

[0162] 接着,节点 β 为了使数据帧 301 到达作为 GD 的未图示的节点 η ,将被判明为不合

适的节点 γ 以及 δ 以外的邻接节点选择为 LD, 尝试数据帧 301 的再次发送。具体而言, 根据式 (3), 节点 β 将与在当前时间点最小的权重 W_{ϵ} 对应的节点 ϵ 选择为 LD, 并向节点 ϵ 发送数据帧 301。

[0163] 在图 5 的例子中, 节点 β 从节点 ϵ 接收针对数据帧 301 的 ACK 帧, 节点 β 识别发送的成功。若识别到发送的成功, 则节点 β 使与被选择为 LD 的节点 ϵ 对应的权重 W_{ϵ} 的值变小。其结果, 式 (3) 也成立。

[0164] 这里, 假设不会发生从节点 ϵ 因为回溯而导致数据帧 301 返回节点 β 的情况。另外, 假设也不会发生数据帧 301 在网络 3 内发生死循环, 被从节点 β 的任意一个邻接节点发送到节点 β , 并被节点 β 接收的情况。

[0165] 由此, 根据式 (3), 节点 β 在从邻接节点 α 、 γ 、 δ 、 ζ 的任意一个接收到与数据帧 301 相同地将节点 η 作为 GD 的其他的的数据帧的情况下, 将与最小的权重 W_{ϵ} 对应的节点 ϵ 优先选择为 LD。

[0166] 图 6 是说明在图 1 的网络 1 中动态且自主分散地选择路径的样子的图。具体而言, 图 6 示出了节点装置 N_1 作为 GS 发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧时的网络 1 内的路径选择的样子。

[0167] 在图 6 中, 示出了图 1 的网络 1 和节点装置 N_4 与 N_7 间发生的故障。另外, 图 6 的 12 个粗箭头表示在网络 1 内路径被动态选择的同时, 数据帧从 GS (即节点装置 N_1) 转送到 GD (即节点装置 N_7) 的样子。

[0168] 另外, 以下为了便于说明而以“104- h_i - N_i ”这样的参照符号来参照节点装置 N_i 的加权表 104- N_i 中与节点装置 N_7 对应的关系 ($1 \leq i \leq 6$)。

[0169] 另外, 在图 6 的说明中, 只要没有特别说明, 则数据帧的发送成功而返回 ACK 帧, 省略了 ACK 帧的返送来简化说明。包含 ACK 帧的返送在内的一系列的处理的流程参照图 30 后述。

[0170] 在步骤 S101 中, 作为 GS 的节点装置 N_1 将唯一与节点装置 N_1 邻接的节点装置 N_2 选择为 LD, 并将数据帧向节点装置 N_2 发送。

[0171] 对于节点装置 N_2 而言, 除了作为在步骤 S101 中发送的数据帧的 LS 的节点装置 N_1 之外, 还邻接有节点装置 N_3 和 N_6 。并且, 在这 2 个邻接节点装置 N_3 和 N_6 中, 节点装置 N_3 在加权表 104- h_2 - N_2 中与较小的权重对应。

[0172] 由此, 在步骤 S102 中, 节点装置 N_2 将节点装置 N_3 选择为用于转送在步骤 S101 中接收的数据帧的 LD, 并向节点装置 N_3 发送数据帧。

[0173] 对于节点装置 N_3 而言, 除了作为在步骤 S102 中发送的数据帧的 LS 的节点装置 N_2 之外, 还邻接有节点装置 N_4 和 N_5 。并且, 在这 2 个邻接节点装置 N_4 和 N_5 中, 节点装置 N_4 在加权表 104- h_3 - N_3 中与较小的权重对应。

[0174] 由此, 在步骤 S103 中, 节点装置 N_3 选择节点装置 N_4 作为用于转送在步骤 S102 中接收到的数据帧的 LD, 并向节点装置 N_4 发送数据帧。

[0175] 对于节点装置 N_4 而言, 除了作为在步骤 S103 中发送的数据帧的 LS 的节点装置 N_3 之外, 还邻接有节点装置 N_5 和 N_7 。并且, 在这 2 个邻接节点装置 N_5 和 N_7 中, 节点装置 N_7 在加权表 104- h_4 - N_4 中与较小的权重对应。

[0176] 由此, 在步骤 S104 中, 节点装置 N_4 选择也是 GD 的节点装置 N_7 作为用于转送在步

骤 S103 中接收到的数据帧的 LD,并向节点装置 N_7 发送数据帧。

[0177] 但是,如图 6 所示,在由节点装置 N_4 向节点装置 N_7 发送了数据帧的时间点,在节点装置 N_4 和 N_7 之间的链路发生了故障,因此发送失败。即,由于即使待机了规定时间也未从节点装置 N_7 返回 ACK 帧,所以节点装置 N_4 识别为超时而发送失败。

[0178] 另外,步骤 S104 中的节点装置 N_4 相当于在图 5 中在向节点 γ 的数据帧的发送中如上述 (D1) 那样失败的节点 β 。因此,节点装置 N_4 根据发送失败而对加权表 $104-h_4-N_4$ 进行更新(具体而言,使与步骤 S104 的发送中作为 LD 的节点装置 N_7 对应的权重的值变大)。

[0179] 并且,在步骤 S105 中,节点装置 N_4 选择还未尝试的其他邻接节点装置 N_5 作为用于转送在步骤 S103 中接收到的数据帧,并向节点装置 N_5 发送数据帧。

[0180] 对于节点装置 N_5 而言,除了作为在步骤 S105 中发送的数据帧的 LS 的节点装置 N_4 之外,还仅邻接有节点装置 N_3 。

[0181] 于是,在步骤 S106 中,节点装置 N_5 选择节点装置 N_3 作为用于转送在步骤 S105 中接收到的数据帧的 LD,并向节点装置 N_3 发送数据帧。

[0182] 由此,在步骤 S106 中,节点装置 N_3 识别为“接收到与节点装置 N_3 自身在步骤 S103 中发送的数据帧相同的数据帧”。也就是说,步骤 S106 中的节点装置 N_3 相当于在图 5 中从节点 ζ 接收到因死循环而返回的数据帧的节点 β 。因此,节点装置 N_3 与图 5 同样地对加权表 $104-h_3-N_3$ 进行更新(具体而言,将与作为步骤 S103 的发送的 LD 的节点装置 N_4 对应的权重的值设定成最大值)。

[0183] 并且,在步骤 S107 中,节点装置 N_3 从 OLS(即,作为在步骤 S102 中最初由节点装置 N_3 接收到该数据帧时的 LS 的节点装置 N_2) 以外的邻接节点装置中寻找还没有被尝试作为 LD 的节点装置。这里,OLS 以外的邻接节点装置是节点装置 N_4 和 N_5 ,节点装置 N_4 在步骤 S103 中已被选择。

[0184] 因此,在步骤 S107 中,节点装置 N_3 将未选择的节点装置 N_5 选择为 LD,向节点装置 N_5 发送数据帧。也就是说,步骤 S107 中的节点装置 N_3 相当于在图 5 中将节点 ϵ 重选为 LD 来向节点 ϵ 发送数据帧的节点 β 。

[0185] 由此,在步骤 S107 中,节点装置 N_5 识别为“接收到与节点装置 N_5 自身在步骤 S106 中发送的数据帧相同的数据帧”。也就是说,步骤 S107 中的节点装置 N_5 相当于在图 5 中数据帧向节点 γ 的发送中如 (D2) 那样失败的节点 β 。因此,节点装置 N_5 与图 5 同样地对加权表 $104-h_5-N_5$ 进行更新(具体而言,将与作为步骤 S106 的发送的 LD 的节点装置 N_3 对应的权重的值设定为最大值)。

[0186] 并且,对于节点装置 N_5 ,OLS(即作为在步骤 S105 中最初由节点装置 N_5 接收到该数据帧时的 LS 的节点装置 N_4) 以外的邻接的节点装置仅有已经被判明发送失败的节点装置 N_3 。因此,已经没有可被选择为 LD 的邻接节点装置。

[0187] 由此,在步骤 S108 中,节点装置 N_5 向作为 OLS 的节点装置 N_4 返送数据帧。步骤 S108 是回溯动作,通过回溯动作,节点装置 N_5 能够向节点装置 N_4 通知“在将节点装置 N_7 作为 GD 的数据帧的发送中,从节点装置 N_5 自身开始的前面的路径是死路(dead end)”这一情况。

[0188] 由此,在步骤 S108 中,节点装置 N_4 识别为“接收到与节点装置 N_4 自身在步骤 S105 中发送的数据帧相同的数据帧”。也就是说,步骤 S108 中的节点装置 N_4 相当于在图 5 中数

据帧向节点 γ 的发送如 (D2) 那样失败的节点 β 。因此,节点装置 N_4 与图 5 同样地对加权表 $104-h_4-N_4$ 进行更新(具体而言,将与作为步骤 S105 的发送的 LD 的节点装置 N_5 对应的权重的值设定成最大值)。

[0189] 但是,对于图 5 的节点 β 而言,即使数据帧向节点 γ 的发送失败,还存在能够被选择为 LD 的节点 δ 等,但是对于图 6 的步骤 S108 的节点装置 N_4 ,不存在能够被选择为 LD 的邻接节点装置。即,OLS 以外的 2 个邻接节点装置 N_7 和 N_5 在步骤 S104 和 S105 中已经分别被选择为 LD,两者都已经被判明发送失败这一结果。

[0190] 因此,在步骤 S109 中,节点装置 N_4 向作为 OLS 的节点装置 N_3 返送数据帧。步骤 S109 也是回溯动作,节点装置 N_4 能够向节点装置 N_3 通知“在将节点装置 N_7 作为 GD 的数据帧的发送中,从节点装置 N_4 自身开始的前面的路径是死路”这一情况。

[0191] 由此,在步骤 S109 中,节点装置 N_3 识别为“接收到与节点装置 N_3 自身在步骤 S107 中发送的数据帧相同的数据帧”。也就是说,步骤 S109 中的节点装置 N_4 相当于在图 5 中从节点 ζ 接收发生了死循环的数据帧的节点 β 。因此,节点装置 N_3 与图 5 同样地对加权表 $104-h_3-N_3$ 进行更新(具体而言,将与作为步骤 S107 的发送的 LD 的节点装置 N_5 对应的权重的值设定成最大值)。

[0192] 但是,对于图 5 的节点 β 而言,即使判明数据帧向节点 δ 的发送失败,也还存在能够被选择为 LD 的节点 ε ,但是对于图 6 的步骤 S109 的节点装置 N_3 ,不存在能够被选择为 LD 的邻接节点装置。即,OLS 以外的 2 个邻接节点装置 N_4 和 N_5 在步骤 S103 和 S107 中已经分别被选择为 LD,两者都已经被判明发送失败这一结果。

[0193] 因此,在步骤 S110 中,节点装置 N_3 向作为 OLS 的节点装置 N_2 返送数据帧。步骤 S110 也是回溯动作,节点装置 N_3 能够向节点装置 N_2 通知“在将节点装置 N_7 作为 GD 的数据帧的发送中,从节点装置 N_3 自身开始的前面的路径时死路”这一情况。

[0194] 由此,在步骤 S110 中,节点装置 N_2 识别为“接收到与节点装置 N_2 自身在步骤 S102 中发送的数据帧相同的数据帧”。也就是说,步骤 S110 中的节点装置 N_3 相当于在图 5 中数据帧向节点 γ 的发送如 (D2) 那样失败的节点 β 。因此,节点装置 N_2 与图 5 同样地对加权表 $104-h_2-N_2$ 进行更新(具体而言,将与作为步骤 S102 的发送的 LD 的节点装置 N_3 对应的权重的值设定成最大值)。

[0195] 并且,在步骤 S111 中,节点装置 N_2 选择还未尝试的其他邻接节点装置 N_6 作为用于转送数据帧的 LD,并向节点装置 N_6 发送数据帧。

[0196] 对于节点装置 N_6 而言,除了作为在步骤 S111 中发送的数据帧的 LS 的节点装置 N_2 之外,仅邻接有也是 GD 的节点装置 N_7 。

[0197] 于是,在步骤 S112 中,节点装置 N_6 选择节点装置 N_7 作为用于转送在步骤 S111 中接收到的数据帧的 LD,并向节点装置 N_7 发送数据帧。

[0198] 如上所述,即使在网络 1 内发生故障,各节点装置自主分散地进行动作,由此数据帧成功地到达 GD。

[0199] 另外,在数据帧的转送中,即使在局部不合适的节点装置被选择为 LD,最终对于网络整体,选择从 GS 到达 GD 的路径。其原因在于,各节点装置依次选择能够被选择为 LD 的节点装置,如果能够选择的节点装置不再存在,则进行回溯动作。

[0200] 具体而言,在图 6 的例子中,最终在步骤 S110 中判明在步骤 S102 中节点装置 N_2 将

节点装置 N_3 选择为 LD 的情况不合适。但是,通过步骤 S103 ~ S110 的动作,作为网络 1 整体,最终成功选择从 GS 至 GD 的路径 $\langle N_1, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 。

[0201] 这样选择到的路径被学习,有助于下次之后的数据帧的转送的效率化。下面对学习带来的效率化进行具体说明。

[0202] 作为步骤 S110 中的数据帧的接收的结果,节点装置 N_2 进行加权表 104-h₂- N_2 的学习,将与节点装置 N_3 对应的权重设定成最大值。因此,节点装置 N_2 若从邻接节点装置 N_1 接收到将节点装置 N_7 作为 GD 的新的数据帧,则最初将节点装置 N_6 选择为 LD。也就是说,作为网络 1 整体,作为自主分散的学习的结果,能够在没有包含回溯的试行错误的情况下,利用路径 $\langle N_1, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 将数据帧有效地发送至 GD。

[0203] 并且,根据该实施方式,不合适的 LD 的选择的影响或者局部的故障的影响不会波及网络 1 整体而是被限制在局部。即,根据该实施方式,例如即使节点装置 N_4 和 N_7 间的链路发生了故障,用于询问代替路径的控制帧也不会向网络 1 整体的所有节点装置泛滥。因此,根据该实施方式,即使局部地发生故障或死循环,也不会导致网络 1 整体发生广播风暴。

[0204] 另外,在图 6 的例子中,节点装置 N_1 很明显完全不识别节点装置 N_4 和 N_7 间的链路的故障和死循环 $\langle N_3, N_4, N_5, N_3 \rangle$ 。这意味着不合适的 LD 的选择和局部的故障的影响被限制在局部,不会波及到网络 1 整体。

[0205] 问题的影响被限制在局部是指局部的问题不会正反馈到网络 1 整体而扩散,网络 1 作为系统较稳定。问题被限制在局部的其他例子例如如下所述。

[0206] 例如,假设在网络 1 中节点装置 N_5 和 N_7 间也存在链路,在加权表 104-h₅- N_5 中与节点装置 N_3 相比节点装置 N_7 对应于较小的权重。由此,在步骤 S105 刚结束后,节点装置 N_5 将节点装置 N_7 选择为 LD 来将数据帧向节点装置 N_7 发送。其结果,不进行步骤 S108 ~ S112 的发送,不仅是节点装置 N_1 ,节点装置 N_2 和 N_3 也完全不识别故障的发生。这样,链路的故障和死循环的发生等问题根据问题产生的位置而只会影响到最小限度的局部范围。

[0207] 接着,对以上说明的节点装置 100 的构成和动作、以及网络 1 整体中实现的自主分散协调动作进一步详细说明。

[0208] 该实施方式中的数据帧如图 7 的数据帧 302 那样,具有包含 LD、LS、GD、GS、FID、类型、长度的各字段的帧头和净荷。例如图 5 的数据帧 301 也是与数据帧 302 同样的格式。

[0209] 在数据帧 302 的 LD 字段、LS 字段、GD 字段、以及 GS 字段中,作为数据帧 302 的 LD、LS、GD 以及 GS 的各节点装置的节点 ID 被分别指定。另外,在数据帧 302 的 FID 字段中,指定作为数据帧 302 的 GS 的节点装置而被创建并被分配给数据帧 302 的 FID。

[0210] 在数据帧 302 的类型字段中,指定表示“数据帧”这一类型的规定常数。另外,在数据帧 302 的长度字段中指定净荷的长度。数据帧 302 的净荷是比定义数据帧 302 的协议更上位的层的协议的 PDU。

[0211] 例如,假设将 MAC 子层虚拟地进一步分割成 2 个子层。该实施方式的帧可以在该虚拟的 2 个子层中的下方的子层中被定义,即,在 MAC 子层中被定义的其他协议(例如以太网等)的 PDU 可以包含在净荷中。换言之,该实施方式的帧可以是将第 2 层中定义的以太网帧封装的帧。此时,由于上位层处理部 111 是处理以太网帧的处理部,所以也可以利用公知的 MAC 芯片来实现。

[0212] 以下为了便于说明,假设数据帧 302 的净荷是 MAC 层协议的帧(具体而言例如以

以太网帧)。

[0213] 但是,当然根据实施方式的不同,数据帧 302 的净荷可以是在网络层(第 3 层)以上被定义的协议的 PDU,也可以是与特定通信协议无关的原始的数据。例如,数据帧 302 的净荷可以是 IP(Internet Protocol) 数据图。此时,上位层处理部 111 是处理 IP 数据图的处理部。

[0214] 数据帧 302 的格式如上所述,若以具体的值更加详细地例示,则如数据帧 303 和 304 那样。

[0215] 数据帧 303 是在图 6 的步骤 S102 中由节点装置 N_2 向节点装置 N_3 发送的数据帧。数据帧 303 的具体内容如下所述。

[0216] ■在 LD 字段中,指定在步骤 S102 的发送中被选择为 LD 的节点装置 N_3 的节点 ID(即 N_3)。

[0217] ■在 LS 字段中,指定步骤 S102 的发送中作为 LS 的节点装置 N_2 的节点 ID(即 N_2)。

[0218] ■在 GD 字段中,指定作为 GS 的节点装置 N_1 在步骤 S101 的发送时指定的节点装置 N_7 的节点 ID(即 N_7)。

[0219] ■在 GS 字段中,指定作为 GS 的节点装置 N_1 的节点 ID(即 N_1)。

[0220] ■在 FID 字段中,指定作为 GS 的节点装置 N_1 所创建的 FID(以下设为 F_a)。

[0221] ■在类型字段中,指定表示“数据帧”这一类型的规定的常数 D。例如,类型可以由 2 位表示,可以是 $D = (00)_2$ 。

[0222] ■在长度字段中,指常数据帧 302 的净荷的长度 P_a 。另外,长度例如可以由字节单位表示,也可以由其他的单位表示。

[0223] ■作为净荷,包含 MAC 层协议的帧(例如以太网帧)。

[0224] 另外,接收到数据帧 303 的节点装置 N_3 在图 6 的步骤 S103 中发送到节点装置 N_4 的是图 7 的数据帧 304。数据帧 304 的具体内容如下所述。

[0225] ■在 LD 字段中,指定在步骤 S103 的发送中被选择为 LD 的节点装置 N_4 的节点 ID(即 N_4)。也就是说,在每次转送时,节点装置 N_3 对 LD 字段进行重写。

[0226] ■在 LS 字段中,指定步骤 S103 的发送中作为 LS 的节点装置 N_3 的节点 ID(即 N_3)。也就是说,在每次转送时,节点装置 N_3 对 LS 字段进行重写,并设定自身节点 ID。

[0227] ■GD、GS、FID、类型、长度的各字段和净荷的内容与节点装置 N_3 所接收的数据帧 303 相同。

[0228] 另外,该实施方式中的问候帧如图 7 的问候帧 311 那样,具有包含 LD、LS、GD、GS、FID、类型的各字段的帧头,但是不具有净荷。问候帧 311 的具体例是问候帧 312,问候帧 312 在后述的图 30 的步骤 S1203 中被节点装置 N_3 发送。

[0229] 在问候帧 311 的 LD 字段中,指定表示针对与发送问候帧 311 的节点装置邻接的所有节点装置的广播的特殊值。另外,应该注意此处的“广播”是“针对邻接的所有节点装置的广播”而不是“针对网络 1 整体的泛滥”。

[0230] 以下为了便于说明,在该实施方式中假设节点 ID 由 3 个字节表示,“0x”表示 16 进制数。另外,0x000000 和 0xFFFFFFFF 被预定,不作为通常的节点 ID 使用。

[0231] 在该实施方式中的所有问候帧中,与问候帧 312 同样,在 LD 字段中指定 0xFFFFFFFF 作为表示针对与发送该问候帧的节点装置邻接的所有节点装置的广播的特殊值。

[0232] 在问候帧 311 的 LS 字段中,指定发送问候帧 311 的节点装置自身的节点 ID。因此,在节点装置 N_3 发送的问候帧 312 的 LS 字段中,指定作为节点装置 N_3 的节点 ID 的 N_3 。

[0233] 另外,在该实施方式中的所有问候帧中,在 GD 字段中指定表示空值 (null) 的特殊值 0x000000。其原因在于,问候帧仅由邻接节点装置利用,并不被转送。

[0234] 在问候帧 311 的 GS 字段中,与 LS 字段同样地指定发送问候帧 311 的节点装置自身的节点 ID。因此,在问候帧 312 的 GS 字段中指定作为节点装置 N_3 的节点 ID 的 N_3 。

[0235] 在问候帧 311 的 FID 字段中,指定发送问候帧 311 的节点装置创建并分配给问候帧 311 的 FID。同样,在问候帧 312 的 FID 字段中,指定发送问候帧 312 的节点装置 N_3 创建并分配给问候帧 312 的 FID(以下称为 F_b)。

[0236] 在问候帧 311 的类型字段中,指定表示“问候帧”这一类型的规定常数。具体而言,“问候帧”这一类型如问候帧 312 所例示的那样由规定常数 H 表示,例如可以是 $H = (10)_2$ 。

[0237] 另外,该实施方式中的 ACK 帧如图 7 的 ACK 帧 321 那样,具有包含 LD、LS、GD、GS、FID、类型的各字段的帧头,但是不具有净荷。ACK 帧 321 的具体例是 ACK 帧 322。另外,ACK 帧 322 当在图 6 的步骤 S102 中由节点装置 N_2 向节点装置 N_3 发送了数据帧 303 时,是节点装置 N_3 向节点装置 N_2 返送的 ACK 帧。在后述的图 30 中,ACK 帧 322 从该节点装置 N_3 向节点装置 N_2 的发送表示为步骤 S102a。

[0238] 在 ACK 帧 321 的 LD 字段中,指定发送成为发送 ACK 帧 321 的契机的数据帧的邻接节点装置的节点 ID。因此,例如在 ACK 帧 322 的 LD 字段中,指定发送了成为节点装置 N_3 发送 ACK 帧 322 的契机的数据帧 303 的、作为节点装置 N_3 的邻接节点装置 N_2 的节点 ID 的 N_2 。

[0239] 在 ACK 帧 321 的 LS 字段中,指定发送 ACK 帧 321 的节点装置自身的节点 ID。因此,在节点装置 N_3 所发送的 ACK 帧 322 的 LS 字段中,指定作为节点装置 N_3 的节点 ID 的 N_3 。

[0240] 另外,由于 ACK 帧与问候帧同样也不被转送,所以在该实施方式中的所有 ACK 帧中,在 GD 字段中指定表示空值的特殊值 0x000000。

[0241] 在 ACK 帧 321 的 GS 字段和 FID 字段中,成为发送 ACK 帧 321 的契机的数据帧的 GS 字段和 FID 字段的值被复制。如上所述,利用 GS 字段和 FID 字段的值的组合,来在网络内唯一地识别数据帧。因此,发送 ACK 帧 321 的节点装置从接收到的数据帧复制值,由此能够在接收到 ACK 帧 321 的节点装置中识别 ACK 帧 321 对应于哪个数据帧。

[0242] 因此,例如在以数据帧 303 的接收为契机而发送的 ACK 帧 322 中,GS 字段和 FID 字段的值与数据帧 303 相同,分别是 N_1 和 F_a 。

[0243] 在 ACK 帧 321 的类型字段中,指定表示“ACK 帧”这一类型的规定常数。具体而言,“ACK 帧”这一类型如 ACK 帧 322 所例示的那样由规定的常数 A 表示,例如可以是 $A = (11)_2$ 。

[0244] 另外,图 7 所示的帧的格式只是一例,根据实施方式的不同,能够适当决定帧所包含的字段的排列顺序,另外帧也可以包含未图示的其他字段。另外,帧也可以包含 FCS(Frame Check Sequence) 等的帧尾。

[0245] 另外,以下为了简化记载,在不会发生混乱的情况下,例如有时也将“LD 字段”简称为“LD”。对于其他的字段也同样。

[0246] 图 8 是表示图 3 的缓冲部 109 所保存的数据的例子图。缓冲部 109 包含与接收部 101 所接收到的各个数据帧分别对应的多个项。并且,各项包含超时时刻和接收到的数据帧。

[0247] 图 8 例示了节点装置 N_3 的缓冲部 109- N_3 内的某项。具体而言,在图 6 的步骤 S102 中,在节点装置 N_3 从节点装置 N_2 接收到图 7 的数据帧 303 时,在缓冲部 109- N_3 中创建包含超时时刻 $TI_{3,j}$ 和数据帧 303 的项。缓冲部 109 中项的创建的详细会参照图 14 后述。另外,超时时刻 $TI_{3,j}$ 的意思如下所述。

[0248] 节点装置 N_3 将在步骤 S102 中接收到的数据帧 303 的帧头在步骤 S103 中如图 7 的数据帧 304 那样进行重写。并且节点装置 N_3 在步骤 S103 中发送数据帧 304。

[0249] 图 8 的超时时刻 $TI_{3,j}$ 表示节点装置 N_3 在发送了数据帧 304 后针对数据帧 304 的 ACK 帧的接收等待到何时。也就是说,节点装置 N_3 若在超时时刻 $TI_{3,j}$ 之前未能从节点装置 N_4 接收到针对数据帧 304 的 ACK 帧,则超时,判断为数据帧 304 向节点装置 N_4 的发送失败。

[0250] 另外,如图 22、图 26 和图 28 详细所示那样,在缓冲部 109 设定的超时时刻有时也被覆盖重写。

[0251] 例如,在图 6 的步骤 S104 中数据帧向节点装置 N_7 的发送失败的节点装置 N_4 在步骤 S105 中,对与从节点装置 N_3 接收的数据帧对应的缓冲部 109- N_4 内的超时时刻进行更新。更新后的超时时刻具体而言表示节点装置 N_4 针对在步骤 S105 中向节点装置 N_5 发送的数据帧的 ACK 帧的接收等待到何时。

[0252] 图 9 是表示图 3 的邻接节点管理表 103 的例子的图。在邻接节点管理表 103 中,具有节点 ID 字段和最终更新时刻字段。

[0253] 例如,在图 1 的网络 1 中,节点装置 N_2 邻接着节点装置 N_1 、 N_3 和 N_6 。因此,节点装置 N_2 的邻接节点管理表 103- N_2 具有与上述 3 个邻接节点装置 N_1 、 N_3 和 N_6 分别对应的 3 个项。并且,在与邻接节点装置 N_i ($i = 1, 3, 6$) 对应的各项中,在节点 ID 字段中保存作为邻接节点装置 N_i 的节点 ID 的 N_i ,在最终更新时刻字段中,保存有该项被最后更新时刻 $TA_{2,i}$ 。

[0254] 另外,在图 1 的网络 1 中,节点装置 N_3 邻接着节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 。因此,节点装置 N_3 的邻接节点管理表 103- N_3 具有与这 3 个邻接节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 分别对应的 3 个项。并且,在与邻接节点装置 N_i ($i = 2, 4, 5$) 对应的各项中,在节点 ID 字段中保存有作为邻接节点装置 N_i 的节点 ID 的 N_i ,在最终更新时刻字段中,保存有该项被最后更新时刻 $TA_{3,i}$ 。

[0255] 图 10 是表示图 3 的加权表 104 的例子的图。图 10 作为具体例而示出了图 1 的节点装置 N_3 的加权表 104- N_3 。

[0256] 如图 3 所示,“加权表 104”是按 GD 管理的多个加权表 104-1 ~ 104-M 的总称。各加权表 104- i ($1 \leq i \leq M$) 存储对应的 GD。

[0257] 并且,各加权表 104- i ($1 \leq i \leq M$) 具有 1 个以上的项,各项具有最终更新时刻字段、LD 字段和权重字段。在最终更新时刻字段中为了权重的学习而保存有项被最后更新时刻,在 LD 字段中保存有邻接节点装置的节点 ID,在权重字段中保存有与该邻接节点装置对应的权重的值。

[0258] 在图 10 的例子中,第 1 个加权表 104-1- N_3 是节点装置 N_7 被指定为 GD 的数据帧的发送用的表,因此作为 GD 而存储作为节点装置 N_7 的节点 ID 的 N_7 。

[0259] 另外,在图 1 的网络 1 中,节点装置 N_3 邻接着节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 。因此,加权表 104-1- N_3 具有与这 3 个邻接节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 分别对应的 3 个项。在加权表 104-1- N_3 中,与邻接节点装置 N_i ($i = 2, 4, 5$) 对应的各项的内容如下所述。

[0260] ■在最终更新时刻字段中,保存有项的最终更新时刻 $TW_{3,7,i}$ 。

[0261] ■在 LD 字段中,保存有作为邻接节点装置 N_i 的节点 ID 的 N_i 。

[0262] ■在权重字段中,保存有与邻接节点装置 N_i 对应的权重 $W_{3,7,i}$ 。

[0263] 即,在节点装置 N_3 发送将节点装置 N_7 (即与加权表 104-1- N_3 对应的 GD) 指定为 GD 的数据帧的情况下参照权重 $W_{3,7,i}$,该权重 $W_{3,7,i}$ 是与邻接节点装置 N_i 对应的权重。

[0264] 同样,在图 10 的例子中,第 2 个加权表 104-2- N_3 是节点装置 N_4 被指定为 GD 的数据帧的发送用的表,因此作为 GD 而存储作为节点装置 N_4 的节点 ID 的 N_4 。

[0265] 并且,在图 1 的网络 1 中,节点装置 N_3 邻接着节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 ,因此加权表 104-2- N_3 也具有与这 3 个邻接节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 分别对应的 3 个项。在加权表 104-1- N_3 中,与邻接节点装置 N_i ($i = 2, 4, 5$) 对应的各项的内容如下所述。

[0266] ■在最终更新时刻字段中,保存有项的最终更新时刻 $TW_{3,4,i}$ 。

[0267] ■在 LD 字段中,保存有作为邻接节点装置 N_i 的节点 ID 的 N_i 。

[0268] ■在权重字段中,保存有与邻接节点装置 N_i 对应的权重 $W_{3,4,i}$ 。

[0269] 当然,在加权表 104- N_3 中,还可以包含与其他的 GD 建立了对应的加权表 104- j - N_3 ($j > 2$)。

[0270] 另外,应该注意以下方面。即,对于加权表 104 而言,若是同一 GD,则即使发送了 FID 和 GS 的组合不同的数据帧,在每次发送时,成为发送目的地的 LD 的权重都会被更新。例如,在发送某数据帧时,即使由于链路故障而导致特定的 LD 的权重变大(优先级变低),如果在其他数据帧(GD 和 LD 相同)的发送过程中链路故障马上被解决从而发送成功,则该 LD 的权重也会变小(优先级变高)。反之,如果多个不同的数据帧(GD 和 LD 相同)连续不断地因为链路故障而发送失败,则即使相同的 FID 和 GS 的组合的数据帧只尝试发送一次,对应的 LD 的权重也会成为最大值。

[0271] 图 11 是说明图 10 的加权表 104-1- N_3 的变化的图。在图 11 的例子中, $T_a < T_b < T_c < T_d < T_e$ 。

[0272] 例如,在图 6 的步骤 S102 中从节点装置 N_2 接收到数据帧的时间点,在节点装置 N_3 的加权表 104- N_3 中,与节点装置 N_7 对应的加权表 104-1- N_3 并不存在。并且,以步骤 S102 的接收为契机,以下那样的内容的新的加权表 104-1- N_3 被创建成加权表 104- N_3 。

[0273] ■3 个项的最终更新时刻都是时刻 T_a 。

[0274] ■在 3 个项中,与邻接节点装置 N_i ($i = 2, 4, 5$) 对应的权重 $W_{3,7,i}$ 都是 0.5。

[0275] 另外,为了便于说明图 6,说明了“在 2 个邻接节点装置 N_4 和 N_5 中,节点装置 N_4 在加权表 104- h_3 - N_3 中与较小的权重对应”。也就是说,图 10 和图 11 是 $h_3 = 1$ 的例子,在图 6 的说明中假设 $W_{3,7,4} < W_{3,7,5}$ 。

[0276] 但是,例如如图 11 所示,也会存在 $W_{3,7,2} = W_{3,7,4} = W_{3,7,5} = 0.5$ 这样的情况。在图 11 的例子中,由于节点装置 N_4 和 N_5 对应于相同的权重 0.5,所以节点装置 N_3 也能够选择节点装置 N_4 和 N_5 之一作为步骤 S103 中的发送的 LD,但是假设与图 6 的例子同样地,将节点装置 N_4 选择为 LD。

[0277] 由此,在步骤 S103 中节点装置 N_3 向节点装置 N_4 发送数据帧。然后,在图 30 中,若如表示为步骤 S103a 那样由节点装置 N_4 向节点装置 N_3 发送 ACK 帧,则节点装置 N_3 识别为数据帧向节点装置 N_4 的发送成功。

[0278] 并且,与图 5 的例子相同,节点装置 N_3 使与节点装置 N_4 对应的权重 $W_{3,7,4}$ 的值变小。

在图 11 的例子中,具体而言,节点装置 N_3 将 $W_{3,7,4}$ 的值从 0.5 更新成 0.4。另外,节点装置 N_3 在与节点装置 N_4 对应的项的最终更新时刻字段中设定当前时刻 T_b 。

[0279] 然后,如图 6 所示,节点装置 N_3 在步骤 S106 中再次接收相同的数据帧。其结果,节点装置 N_3 如针对图 6 所说明的那样,在加权表 104-1- N_3 中将与节点装置 N_4 对应的权重 $W_{3,7,4}$ 的值从 0.4 更新成最大值、即 1.0。另外,节点装置 N_3 在与节点装置 N_4 对应的项的最终更新时刻字段中设定当前时刻 T_c 。

[0280] 接着,如图 6 的步骤 S107 所示,节点装置 N_3 将节点装置 N_5 选择为 LD 来发送数据帧。然后,在图 30 中,若如表示为步骤 S107a 那样由节点装置 N_5 向节点装置 N_3 发送 ACK 帧,则节点装置 N_3 识别为数据帧向节点装置 N_5 的发送成功。

[0281] 并且,与图 5 的例子相同,节点装置 N_3 使与节点装置 N_5 对应的权重 $W_{3,7,5}$ 的值变小。在图 11 的例子中,具体而言,节点装置 N_3 将 $W_{3,7,5}$ 的值从 0.5 更新成 0.4。另外,节点装置 N_3 在与节点装置 N_5 对应的项的最终更新时刻字段中设定当前时刻 T_d 。

[0282] 然后,如图 6 所示,节点装置 N_3 在步骤 S109 中再次接收相同的数据帧。其结果,如针对图 6 所说明的那样,在加权表 104-1- N_3 中将与节点装置 N_5 对应的权重 $W_{3,7,5}$ 的值从 0.4 更新成最大值、即 1.0。另外,节点装置 N_3 在与节点装置 N_5 对应的项的最终更新时刻字段中设定当前时刻 T_e 。

[0283] 如上所述,加权表 104-1- N_3 以 ACK 帧的接收为契机,或者以与已发送的数据帧相同的数据帧的接收为契机而被更新。

[0284] 图 12 和图 13 是表示图 3 的 FID 管理表 105 的例子图。如图 12 和图 13 所示,在 FID 管理表 105 中具有 FID、GS、LD、OLS、最终更新时刻的各字段。

[0285] FID 管理表 105 中的 FID 字段和 GS 字段是用于唯一识别数据帧的字段,从接收到的数据帧的 FID 字段和 GS 字段分别复制值。

[0286] 在 FID 管理表 105 的 LD 字段中,为了发送由 FID 字段和 GS 字段的值识别的数据帧,保存有最后被选择为 LD 的邻接节点装置的节点 ID。

[0287] 另外,在 FID 管理表 105 的 OLS 字段中,保存有在最初接收由 FID 字段和 GS 字段的值识别的数据帧时在该数据帧的 LS 字段中被指定的邻接节点装置的节点 ID。OLS 字段在为了转送数据帧而选择 LD 时,被用于从 LD 的候补中除去 OLS,也被用于决定回溯动作时的 LD。

[0288] 并且,在 FID 管理表 105 的最终更新时刻字段中,保存有项被最后更新的时刻。

[0289] 图 12 和图 13 将图 6 的步骤 S101 ~ S112 中的各节点装置的 FID 管理表 105 表示为具体例。以下,将步骤 S101 ~ S112 分别被执行的时刻表示为 $TF_{101} \sim TF_{112}$ 。

[0290] 在步骤 S101 中,在节点装置 N_1 向节点装置 N_2 发送数据帧时,节点装置 N_1 在 FID 管理表 105- N_1 中创建新的项 E_1 。

[0291] 并且,节点装置 N_1 在项 E_1 的 FID 字段和 GS 字段中设定发送的数据帧的 FID 和 GS 的值。

[0292] 这里,数据帧的 GS 和 FID 的值如上述那样,即使数据帧在网络 1 内被转送也不会被重写。因此,在图 6 中在网络 1 内由步骤 S101 ~ S112 发送的数据帧的 FID 和 GS 的值与图 7 的数据帧 303 和 304 相同,分别是 F_a 和 N_1 。因此,在步骤 S101 中,节点装置 N_1 在项 E_1 的 FID 字段和 GS 字段中分别设定 F_a 和 N_1 这样的值。

[0293] 另外,在以下的各步骤 S102 ~ S112 中由其他节点装置在各自的 FID 管理表 105 的项的 FID 字段和 GS 字段中设定的值也同样是 F_a 和 N_1 。因此,在以下的说明中省略关于 FID 字段和 GS 字段的说明。

[0294] 另外,在步骤 S101 中,节点装置 N_1 将作为被选择为 LD 的节点装置 N_2 的节点 ID 的 N_2 设定在项 E_1 的 LD 字段中。

[0295] 另外,对于由 GS 和 FID 的值的组唯一识别的某特定的数据帧,所谓 OLS 是指由被指定为最初接收该特定的数据帧时的该特定的数据帧的 LS 的节点 ID 所识别的邻接节点装置。

[0296] 但是,若这样定义 OLS,则例如在节点装置 N_1 作为 GS 发送数据帧时,对于节点装置 N_1 自身而言,对于发送了的数据帧而言,OLSs 是未定义的。于是,以下对 OLS 的定义进行扩展。具体而言,定义为“在节点装置 N_1 自身作为 GS 发送数据帧时,对于与该数据帧有关的节点装置 N_1 自身的 OLS 是节点装置 N_1 自身”。

[0297] 换言之,所谓 OLS 是指,在节点装置 N_1 自身直接识别的网络的范围内,对于节点装置 N_1 而言被识别为数据帧的起源的节点装置。另外,这里,“节点装置 N_1 自身直接识别的网络的范围”是指相对于节点装置 N_1 在跳数 1 以下的范围,具体而言仅包含节点装置 N_1 自身和节点装置 N_1 的邻接节点装置。例如,在图 2 的例子中,仅将节点装置 N_{105} 自身直接识别的网络的范围用实线表示。

[0298] 通过以上扩展的 OLS 的定义,在步骤 S101 中节点装置 N_1 在项 E_1 的 OLS 字段中设定的值是节点装置 N_1 自身的节点 ID (即 N_1)。如果之后接收到 GS 的值为 N_1 、FID 的值为 F_a 的数据帧,则节点装置 N_1 基于如上述那样创建的项 E_1 ,能够识别为“接收到曾经由节点装置 N_1 自身发送过的数据帧”。

[0299] 另外,在步骤 S101 中,节点装置 N_1 将当前时刻 TF_{101} 设定在项 E_1 的最终更新时刻字段中。另外,在以下的各步骤 S102 ~ S112 中,由其他节点装置在各自的 FID 管理表 105 的项的最终更新时刻字段中设定的值同样地是各步骤 S102 ~ S112 被执行的时刻 $TF_{102} \sim TF_{112}$ 。因此,以下省略关于最终更新时刻字段的说明。

[0300] 并且,在步骤 S101 中从节点装置 N_1 接收到数据帧的节点装置 N_2 当在步骤 S102 中向节点装置 N_3 发送数据帧时,在 FID 管理表 105- N_2 中创建新的项 E_2 。并且,节点装置 N_2 在项 E_2 中,在 OLS 字段中设定 N_1 ,在 LD 字段中设定 N_3 。

[0301] 接着,在步骤 S102 中从节点装置 N_2 接收到数据帧的节点装置 N_3 当在步骤 S103 中向节点装置 N_4 发送数据帧时,在 FID 管理表 105- N_3 中创建新的项 E_3 。并且,节点装置 N_3 在项 E_3 中,在 OLS 字段中设定 N_2 ,在 LD 字段中设定 N_4 。

[0302] 接着,在步骤 S103 中从节点装置 N_3 接收到数据帧的节点装置 N_4 当在步骤 S104 中向节点装置 N_7 发送数据帧时,在 FID 管理表 105- N_4 中创建新的项 E_4 。并且,节点装置 N_4 在项 E_4 中,在 OLS 字段中设定 N_3 ,在 LD 字段中设定 N_7 。

[0303] 然而,步骤 S104 中的发送由于节点装置 N_4 和 N_7 间的链路故障而失败。即,由于节点装置 N_4 无法从节点装置 N_7 接收 ACK 帧,所以超时。其结果,节点装置 N_4 如步骤 S105 那样,将其他的邻接节点装置 N_5 再次选择为下一个 LD,并向节点装置 N_5 发送数据帧。

[0304] 这里,对于在步骤 S104 和 S105 中分别发送的数据帧而言,由于 FID 的值是 F_a , GS 的值是 N_1 ,所以是相同的数据帧。因此,在步骤 S105 中,节点装置 N_4 不是创建新的项,而是

对已有的项 E_4 进行更新。

[0305] 具体而言,在步骤 S105 中,节点装置 N_4 在项 E_4 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_5 。另外,即使节点装置 N_4 多次发送 GS 的值是 N_1 、FID 的值是 F_a 的相同的数据帧,“节点装置 N_4 从节点装置 N_3 最初接收该数据帧”这一事实也不会改变。因此,项 E_4 的 OLS 字段的值不会被重写,保持 N_3 不变。

[0306] 接着,在步骤 S105 中从节点装置 N_4 接收到数据帧的节点装置 N_5 当在步骤 S106 中向节点装置 N_3 发送数据帧时,在 FID 管理表 105- N_5 中创建新的项 E_5 。并且,节点装置 N_5 在项 E_5 中,在 OLS 字段中设定 N_4 ,在 LD 字段中设定 N_3 。

[0307] 并且,在步骤 S106 中从节点装置 N_5 接收到数据帧的节点装置 N_3 将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105- N_3 ,检索到项 E_3 。由于检索到了项 E_3 ,所以节点装置 N_3 能够识别为“在步骤 S106 中接收到与节点装置 N_3 自身曾经在步骤 S103 中发送的数据帧相同的数据帧”。

[0308] 因此,节点装置 N_3 当在下一步骤 S107 中将数据帧向节点装置 N_5 发送时,不会在 FID 管理表 105- N_3 中创建新的项,而是对已有的项 E_3 进行更新。具体而言,在步骤 S107 中,节点装置 N_3 在项 E_3 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_5 。另外,项 E_3 的 OLS 字段的值不会被重写,而是保持 N_2 不变。

[0309] 由此,在步骤 S107 中从节点装置 N_3 接收到数据帧的节点装置 N_5 将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105- N_5 ,并检索到项 E_5 。由于检索到项 E_5 ,所以节点装置 N_5 能够识别为“在步骤 S107 中接收到与节点装置 N_5 自身曾经在步骤 S106 中发送的数据帧相同的数据帧”。

[0310] 因此,节点装置 N_5 当在下一步骤 S108 中将数据帧向节点装置 N_4 发送时,不会在 FID 管理表 105- N_5 中创建新的项,而是对已有的项 E_5 进行更新。具体而言,在步骤 S108 中,节点装置 N_5 在项 E_5 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_4 。另外,项 E_5 的 OLS 字段的值不会被重写,而是保持 N_4 不变。

[0311] 由此,在步骤 S108 中从节点装置 N_5 接收到数据帧的节点装置 N_4 将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105- N_4 ,并检索到项 E_4 。由于检索到项 E_4 ,所以节点装置 N_4 能够识别为“在步骤 S108 中接收到与节点装置 N_4 自身曾经在步骤 S105 中发送的数据帧相同的数据帧”。

[0312] 因此,节点装置 N_4 当在下一步骤 S109 中将数据帧向节点装置 N_3 发送时,不会在 FID 管理表 105- N_4 中创建新的项,而是对已有的项 E_4 进行更新。具体而言,在步骤 S109 中节点装置 N_4 在项 E_4 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_3 。另外,项 E_4 的 OLS 字段的值不会被重写,而是保持 N_3 不变。

[0313] 由此,在步骤 S109 中从节点装置 N_4 接收到数据帧的节点装置 N_3 将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105- N_3 ,并检索到项 E_3 。由于检索到项 E_3 ,所以节点装置 N_3 能够识别为“在步骤 S109 中接收到与节点装置 N_3 自身曾经在步骤 S103 中发送的数据帧相同的数据帧”。

[0314] 因此,节点装置 N_3 当在下一步骤 S110 中将数据帧向节点装置 N_2 发送时,不会在 FID 管理表 105- N_3 中创建新的项,而是对已有的项 E_3 进行更新。具体而言,在步骤 S110 中,节点装置 N_3 在项 E_3 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_2 。另外,项 E_3 的 OLS 字段的值不会被

重写,而是保持 N_2 不变。

[0315] 由此,在步骤 S110 中从节点装置 N_3 接收到数据帧的节点装置 N_2 将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105- N_2 , 并检索到项 E_2 。由于检索到项 E_2 , 所以节点装置 N_2 能够识别为“在步骤 S110 中接收到与节点装置 N_2 自身曾经在步骤 S102 中发送的数据帧相同的数据帧”。

[0316] 因此,节点装置 N_2 当在下一步骤 S111 中将数据帧向节点装置 N_6 发送时,不会在 FID 管理表 105- N_2 中创建新的项,而是对已有的项 E_2 进行更新。具体而言,在步骤 S111 中,节点装置 N_2 在项 E_2 中,将 LD 字段的值覆盖重写于 N_6 。另外,项 E_2 的 OLS 字段的值不会被重写,而是保持 N_1 不变。

[0317] 并且,在步骤 S111 中从节点装置 N_2 接收到数据帧的节点装置 N_6 当在步骤 S112 中向节点装置 N_7 发送数据帧时,在 FID 管理表 105- N_6 中创建新的项 E_6 。并且,节点装置 N_6 在项 E_6 中,在 OLS 字段中设定 N_2 , 在 LD 字段中设定 N_7 。

[0318] 接着,参照图 14 ~ 图 29 的流程图,对节点装置 100 的动作详细说明。

[0319] 图 14 是帧接收处理的流程图。帧接收处理在向节点装置 100 接通了电源时开始进行。

[0320] 在步骤 S201 中,接收部 101 在接收到帧之前进行待机。也就是说,接收部 101 如果没有接收到帧则反复进行步骤 S201。在接收到帧时,接收部 101 将接收到的帧向帧分支处理部 106 输出,处理进入步骤 S202。

[0321] 在步骤 S202 中,帧分支处理部 106 参照在步骤 S201 中由接收部 101 接收到的帧的类型字段的值,判定帧的类型。在接收到的帧的类型是问候帧的情况下,处理进入步骤 S203,在数据帧的情况下,处理进入步骤 S204,在 ACK 帧的情况下,处理进入步骤 S206。

[0322] 在步骤 S203 中,帧分支处理部 106 将接收到的问候帧向链路管理部 108 输出,链路管理部 108 进行图 15 的问候帧接收处理。然后处理返回步骤 S201。当然,在图 4 的 MPU201 并行执行与图 3 的各部对应的多个任务的多任务环境下,帧分支处理部 106 若输出了问候帧,则也可以不等待问候帧接收处理的结束就使处理进入步骤 S201。

[0323] 另外,在步骤 S204 中,帧分支处理部 106 将在步骤 S201 中接收到的数据帧保存于缓冲部 109。也就是说,帧分支处理部 106 在缓冲部 109 内确保新的项的区域,在确保的区域保存在步骤 S201 中接收到的数据帧。另外,帧分支处理部 106 为了进行下一步骤 S205 而从数据帧取出并存储 GS 和 FID 的值。

[0324] 另外,如图 8 那样,缓冲部 109 具有超时时刻字段,但是在步骤 S204 的时间点,超时时刻还未被设定。

[0325] 并且,在步骤 S205 中,帧分支处理部 106 指示数据帧处理部 110 进行数据帧接收处理。在进行指示时,帧分支处理部 106 将在步骤 S204 中存储的数据帧的 GS 和 FID 的值向数据帧处理部 110 通知。

[0326] 另外,在节点装置 100 是不作为 GS 的类型的装置的情况下(即,节点装置 100 是中继节点装置的情况下),数据帧接收处理如图 20 ~ 23 那样。另一方面,在节点装置 100 能作为 GS 的类型的装置的情况下,数据帧接收处理如图 20 ~ 22、29 那样。

[0327] 若数据帧处理部 110 按照指示进行数据帧接收处理,则处理返回步骤 S201。当然,在多任务环境下,若帧分支处理部 106 指示数据帧处理部 110 进行数据帧接收处理,则也可

以不等待数据帧接收处理的结束就使处理进入步骤 S201。

[0328] 另外,在步骤 S206 中,帧分支处理部 106 将接收到的 ACK 帧向 ACK 处理部 107 输出,ACK 处理部 107 进行图 25 的 ACK 帧接收处理。然后处理返回步骤 S201。当然,在多任务环境下,帧分支处理部 106 若输出了 ACK 帧,则也可以不等待 ACK 帧接收处理的结束就使处理进入步骤 S201。

[0329] 图 15 是图 14 的步骤 S203 中的问候帧接收处理的流程图。图 15 的处理在从帧分支处理部 106 向链路管理部 108 输出了问候帧时开始进行。

[0330] 在步骤 S301 中,链路管理部 108 判断在邻接节点管理表 103(参照图 9)中是否存在将与接收到的问候帧的 LS 相同的值保持为节点 ID 的项。如果项被找到则处理进入步骤 S302,如果项没有被找到则处理进入步骤 S303。

[0331] 另外,图 15 的说明中的“接收到的问候帧”是指在图 14 的步骤 S201 中由接收部 101 接收到的问候帧。即,图 15 的说明中的“接收到的问候帧”是指在步骤 S202 中由帧分支处理部 106 向链路管理部 108 输出并成为图 15 的处理开始的契机的问候帧。

[0332] 在步骤 S302 中,链路管理部 108 设定当前时刻作为在步骤 S301 中找到的项的最终更新时刻。然后,图 15 的处理结束。

[0333] 例如,作为在节点装置 N_2 中执行了步骤 S302 的结果,如图 9 所示,在邻接节点管理表 103- N_2 中,与 N_1 这一节点 ID 对应的最终更新时刻字段的值被更新为 $TA_{2,1}$ 。其结果,节点装置 N_2 能够存储为“在时刻 $TA_{2,1}$,节点装置 N_2 处于能够将节点装置 N_1 识别为邻接节点装置的状况”。

[0334] 另一方面,当在步骤 S301 中项没有被找到时,意味着从到目前为止没有被识别为邻接节点装置的新的节点装置接收到了问候帧。因此,在接下来的步骤 S303 ~ S308 中,进行用于将该新的节点装置登记为邻接节点装置的处理。

[0335] 在步骤 S303 中,链路管理部 108 向邻接节点管理表 103 追加新项。

[0336] 然后,在步骤 S304 中,链路管理部 108 在步骤 S303 中追加的新项中设定接收到的问候帧的 LS 的值和当前时刻。例如,在最初接收到图 7 的问候帧 312 时,节点装置 N_2 在新项的节点 ID 字段中设定问候帧 312 的 LS 的值亦即 N_3 ,在新项的最终更新时刻字段中设定当前时刻。

[0337] 接着,在步骤 S305 中,链路管理部 108 判断在加权表 104-1 ~ 104-M(参照图 10 和图 11)中是否存在还未被关注的加权表 104-i ($1 \leq i \leq M$)。如果已经关注了所有的加权表 104-1 ~ 104-M,则图 15 的处理结束,如果还存在未被关注的加权表 104-i,则处理进入步骤 S306。

[0338] 在步骤 S306 中,链路管理部 108 在加权表 104-1 ~ 104-M 中还未被关注的加权表中关注下一加权表。以下为了便于说明,假设在步骤 S306 中,加权表 104-i 被关注。

[0339] 并且,在步骤 S307 中,链路管理部 108 在关注的加权表 104-i 中追加新项。

[0340] 并且,在步骤 S308 中,链路管理部 108 在步骤 S307 中追加的新项的 LD、权重、最终更新时刻的各字段中分别设定接收到的问候帧的 LS 的值、初始加权值和当前时刻。初始加权值是根据实施方式而被任意决定的常数。

[0341] 在该实施方式中,如上所述权重的值在 0 以上 1 以下,由于 1 是表示不能被选择为 LD 的特别的值,所以初始加权值可以是在 0 以上且小于 1 的任意值。更具体而言,初始加权

值例如可以是 0.5。例如,图 11 最上方所示的加权表 104-1-N₃的最初的项可以如下述那样创建(但是,准确来讲,此时,对最初的项的最终更新时刻设定与其他 2 个项的最终更新时刻 T_a不同的值,并不是与图 11 完全相同)。

[0342] ■与作为 GD 的节点装置 N₇对应的加权表 104-1-N₃已经存在。

[0343] ■但是,节点装置 N₃到目前为止没有将节点装置 N₂识别为邻接节点装置。

[0344] ■节点装置 N₃从节点装置 N₂第一次接收到问候帧。

[0345] ■在以上的状况下,在步骤 S306 中加权表 104-1-N₃被关注。

[0346] ■因此,在步骤 S308 中,在新项的 LD 字段中设定作为接收到的问候帧的 LS 的值的 N₂,在新项的权重字段中设定初始加权值、即 0.5。

[0347] 在执行了步骤 S308 后,处理返回步骤 S305。

[0348] 图 16 是问候帧发送处理的流程图。图 16 的处理与图 14 的处理独立并行地由问候帧创建部 112 执行。具体而言,在对节点装置 100 接入了电源时,问候帧创建部 112 开始图 16 的处理。

[0349] 在步骤 S401 中,问候帧创建部 112 判断当前时刻是否是发送预定时刻。如果当前时刻是发送预定时刻,则处理进入步骤 S402,如果当前时刻不是发送预定时刻,则处理返回步骤 S401。也就是说,问候帧创建部 112 在到达发送预定时刻之前进行待机。

[0350] 例如,可以预先决定基准时刻 T_{ref}和问候帧的发送间隔 ΔT_{hello}。另外,问候帧创建部 112 例如能够基于图 4 的 MPU201 的时钟来参照当前时刻 T_{now}。问候帧创建部 112 也可以仅在式 (4) 的 Z 是整数时才判断为“当前时刻是发送预定时刻”。

$$[0351] \quad Z = (T_{ref} - T_{now}) / \Delta T_{hello} \quad (4)$$

[0352] 例如,基准时刻 T_{ref}可以是预先决定的常数,也可以是对节点装置 100 接入了电源的时刻。另外,发送间隔 ΔT_{hello}可以根据实施方式来适当地决定,例如可以是 10 秒等较长的时间。

[0353] 在步骤 S402 中,问候帧创建部 112 向 FID 创建部 113 要求新的 FID 的创建,FID 创建部 113 创建新的 FID。例如,FID 可以是序列号,FID 创建部 113 可以使用计数电路来实现。当然,FID 创建部 113 也可以由 MPU201 执行程序来实现。

[0354] 在步骤 S402 中,问候帧创建部 112 还利用 FID 创建部 113 所创建的 FID 来创建问候帧。

[0355] 例如,图 7 的问候帧 312 如下述那样被创建。即,节点装置 N₃的 FID 创建部 113-N₃创建 F_b这一值作为新的 FID。由此,节点装置 N₃的问候帧创建部 112-N₃创建新的问候帧 312。

[0356] 此时,问候帧创建部 112-N₃在问候帧 312 中,对 LD 设定 0xFFFFFFFF 这样的规定值,对 LS 和 GS 设定作为自身节点 ID 的 N₃,对 GD 设定 0x000000 这样的规定值。另外,问候帧创建部 112-N₃在问候帧 312 中,对 FID 设定由 FID 创建部 113-N₃创建的值 F_b,对类型设定规定值 H。

[0357] 若如以上那样在步骤 S402 中创建了问候帧,则接着在步骤 S403 中,问候帧创建部 112 请求发送部 102 发送创建的问候帧,发送部 102 发送问候帧。并且,处理返回步骤 S401。

[0358] 接着,参照图 17 ~ 图 19 说明各种表的时效处理。各时效处理例如可以以来自图 4 的定时器 IC203 的中断信号为契机而开始。

[0359] 图 17 是邻接节点管理表 103 的时效处理的流程图。例如,可以是定时器 IC203 以规定的间隔 I_a 将中断信号输出至链路管理部 108,链路管理部 108 以中断信号为契机来以规定的间隔 I_a 进行图 17 的处理。

[0360] 在步骤 S501 中,链路管理部 108 关注邻接节点管理表 103(参照图 9) 的第 1 项。以下在对图 17 进行的说明中,链路管理部 108 所关注的邻接节点管理表 103 的项被称为“关注项”。

[0361] 接着,在步骤 S502 中链路管理部 108 判断当前时刻和关注项的最终更新时刻之差是否在规定的值 G_a 以上。另外,根据实施方式的不同,可以是 $G_a = I_a$,也可以是 $G_a < I_a$,还可以是 $G_a > I_a$ 。

[0362] 如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差在规定的值 G_a 以上,则处理进入步骤 S503。另一方面,如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差小于规定的值 G_a ,则处理进入步骤 S505。

[0363] 在步骤 S503 中,链路管理部 108 从加权表 104 删除具有与关注项的节点 ID 相同的值作为 LD 的项。

[0364] 例如,在关注项是图 9 的邻接节点管理表 103- N_3 的第 3 个项的情况下,关注项的节点 ID 的值是 N_5 。因此,在步骤 S503 中,链路管理部 108 分别从加权表 104-1- $N_3 \sim 104-M-N_3$ 删除 LD 的值是 N_5 的项。例如,在步骤 S503 中,图 10 的加权表 104-1- N_3 的第 3 个项和加权表 104-2- N_3 的第 3 个项被删除。

[0365] 并且,在步骤 S504 中,链路管理部 108 将关注项从邻接节点管理表 103 删除。并且处理进入步骤 S505。

[0366] 在步骤 S505 中,链路管理部 108 判断邻接节点管理表 103 中是否存在还未被关注的项。如果链路管理部 108 已经关注了邻接节点管理表 103 的所有项,则图 17 的处理结束。另一方面,如果邻接节点管理表 103 中还存在还未被链路管理部 108 关注的项,则处理进入步骤 S506。

[0367] 在步骤 S506 中,链路管理部 108 在邻接节点管理表 103 的还未被关注的项中关注下一项。并且处理返回步骤 S502。

[0368] 通过以上的图 17 的时效处理,节点装置 100 在来自到目前为止为止被识别为邻接节点装置的节点装置的问候帧的接收中断时,能够识别为“该节点装置已经不与节点装置 100 邻接”。也就是说,通过图 17 的处理,节点装置 100 能够追随于环境的变化来适当地管理作为潜在的 LD 的候补的邻接节点装置。

[0369] 另外,优选根据环境变化的容易程度等,根据实施方式的不同来适当地决定上述规定的间隔 I_a 和规定的值 G_a 。另外,在该实施方式中,对网络内的所有节点装置设定相同的问候帧的发送间隔 ΔT_{hello} ,作为邻接节点管理表 103 的时效时间的上述规定的值 G_a 满足 $G_a > \Delta T_{\text{hello}}$ 。

[0370] 图 18 是加权表 104 的时效处理的流程图。例如,定时器 IC203 以规定的间隔 I_w 将中断信号输出至数据帧处理部 110,数据帧处理部 110 可以以中断信号为契机来以规定的间隔 I_w 进行图 18 的处理。

[0371] 在步骤 S601 中,数据帧处理部 110 在加权表 104(参照图 10 和图 11) 中关注第 1 个加权表 104-1。以下在针对图 18 的说明中,以“104-i”这样的参照符号表示 ($1 \leq i \leq M$)

数据帧处理部 110 所关注的加权表,称为“关注表”。在执行了步骤 S601 后, $i = 1$ 。

[0372] 接着在步骤 S602 中,数据帧处理部 110 关注关注表 104-i 的第 1 个项。以下,将关注表中数据帧处理部 110 所关注的项称为“关注项”。

[0373] 接着在步骤 S603 中,数据帧处理部 110 判断当前时刻和关注项的最终更新时刻之差是否在规定的值 G_w 以上。另外,根据实施方式的不同,可以是 $G_w = I_w$,也可以是 $G_w < I_w$,还可以是 $G_w > I_w$ 。

[0374] 如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差在规定的值 G_w 以上,则处理进入步骤 S604。另一方面,如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差小于规定的值 G_w ,则处理进入步骤 S605。

[0375] 在步骤 S604 中,数据帧处理部 110 从关注表 104-i 删除关注项。并且处理进入步骤 S605。

[0376] 在步骤 S605 中,数据帧处理部 110 判断关注表 104-i 中是否存在还未被关注的项。如果数据帧处理部 110 已经关注了关注表 104-i 的所有项,则处理进入步骤 S607。另一方面,如果关注表 104-i 中存在还未被数据帧处理部 110 关注的项,则处理进入步骤 S606。

[0377] 在步骤 S606 中,数据帧处理部 110 在关注表 104-i 内的还未被关注的项中关注下一项。并且处理返回步骤 S603。

[0378] 在步骤 S607 中,数据帧处理部 110 判断关注表 104-i 中是否存在项。作为步骤 S603 ~ S606 的反复进行的结果,在关注表 104-i 中项不再存在的情况下,处理进入步骤 S608。另一方面,如果关注表 104-i 中存在 1 个以上的项,则处理进入步骤 S609。

[0379] 在步骤 S608 中,数据帧处理部 110 删除不存在项的关注表 104-i。并且,处理进入步骤 S609。

[0380] 在步骤 S609 中,数据帧处理部 110 判断加权表 104 中是否存在还未被关注的加权表。如果数据帧处理部 110 已经关注了所有的加权表 104-1 ~ 104-M,则图 18 的处理结束。另一方面,如果加权表 104 中存在还未被数据帧处理部 110 关注的加权表 104-j ($1 \leq j \leq M$),则处理进入步骤 S610。

[0381] 在步骤 S610 中,数据帧处理部 110 在加权表 104 中关注还未被关注的下一个加权表 104-j (即将加权表 104-j 选择为关注表 104-i)。并且处理返回步骤 S602。

[0382] 通过以上的图 18 的时效处理,节点装置 100 不会陷入“过去的故障的影响被积累,所有邻接节点装置都不能被选择为 LD”之类的状况。

[0383] 例如,在图 6 的例子中,假设在步骤 S112 后,节点装置 N_6 和 N_7 间的链路发生故障,节点装置 N_4 和 N_7 间的链路从故障已经恢复这样的状况。如果不进行图 18 的时效处理,则即使实际上由于从故障的恢复而使例如路径 $\langle N_1, N_2, N_3, N_4, N_7 \rangle$ 上的数据帧的发送成为可能,作为自主分散协调的结果,该路径也不再被选择。但是,如果进行图 18 的时效处理,则在上述假设的状况下,路径 $\langle N_1, N_2, N_3, N_4, N_7 \rangle$ 能够被选择。

[0384] 另外,优选根据环境变化的容易程度,根据实施方式的不同来适当地决定上述规定的间隔 I_w 和规定的值 G_w 。

[0385] 图 19 是 FID 管理表 105 的时效处理的流程图。例如,定时器 IC203 以规定的间隔 I_f 将中断信号输出至数据帧处理部 110,数据帧处理部 110 可以以中断信号为契机来以规定的间隔 I_f 进行图 19 的处理。

[0386] 在步骤 S701 中,数据帧处理部 110 在 FID 管理表 105(参照图 12 和图 13) 中关注第 1 个项。在以下针对图 19 的说明中,将数据帧处理部 110 所关注的项称为“关注项”。

[0387] 接着,在步骤 S702 中,数据帧处理部 110 判断当前时刻和关注项的最终更新时刻之差是否在规定的值 G_f 以上。另外,根据实施方式的不同,可以是 $G_f = I_f$, 也可以是 $G_f < I_f$, 还可以是 $G_f > I_f$ 。

[0388] 另外,根据针对图 21 的步骤 S807 所后述的理由,在该实施方式中,作为加权表 104 的时效时间的规定的值 G_w 和作为 FID 管理表 105 的时效时间的规定的值 G_f 满足 $G_f < G_w$ 。

[0389] 如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差在规定的值 G_f 以上,则处理进入步骤 S703。另一方面,如果当前时刻和关注项的最终更新时刻之差小于规定的值 G_f ,则处理进入步骤 S704。

[0390] 在步骤 S703 中,数据帧处理部 110 将关注项从 FID 管理表 105 删除。并且处理进入步骤 S704。

[0391] 并且,在步骤 S704 中,数据帧处理部 110 判断 FID 管理表 105 中是否存在还未被关注的项。如果数据帧处理部 110 已经关注了 FID 管理表 105 的所有项,则图 19 的处理结束。另一方面,如果 FID 管理表 105 中存在还未被数据帧处理部 110 关注的项,则处理进入步骤 S705。

[0392] 在步骤 S705 中,数据帧处理部 110 在 FID 管理表 105 的还未被关注的项中关注下一项。并且处理返回步骤 S702。

[0393] 通过以上的图 19 的时效处理,能够防止“FID 管理表 105 的项持续增加从而导致存储区域用尽”这样的状况。

[0394] 另外,上述规定的值 G_f 例如可以被决定为在发生数次回溯的最差情况下被预测为数据帧从 GS 到达 GD 所需的时间的长度以上。一般而言,网络的规模越大,则优选也将规定的值 G_f 设定得较大。

[0395] 图 20 ~ 图 23 是图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理的流程图。另外,为了便于说明,首先参照图 20 ~ 图 23 对节点装置 100 不作为 GS 而是作为中继节点装置的情况下数据帧接收处理进行说明。对于节点装置 100 也能够作为 GS 的类型的情况,图 23 的部分被后述的图 29 的处理替换。

[0396] 若在图 14 的步骤 S205 中,由帧分支处理部 106 指示了进行数据帧接收处理,则数据帧处理部 110 开始图 20 的处理。另外,如上所述,来自帧分支处理部 106 的指示与接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值的通知一起进行。

[0397] 在步骤 S801 中,数据帧处理部 110 判断接收到的数据帧的 LD 的值是否是自身节点 ID。如果接收到的数据帧的 LD 的值不是自身节点 ID,则处理进入步骤 S802,如果接收到的数据帧的 LD 的值是自身节点 ID,则处理进入步骤 S803。

[0398] 另外,在数据帧接收处理的说明中,“接收到的数据帧”是指,在图 14 的步骤 S201 中由接收部 101 接收,在步骤 S204 中保存于缓冲部 109 并成为图 20 的处理开始的契机的数据帧。

[0399] 另外,帧分支处理部 106 在向数据帧处理部 110 指示开始数据帧接收处理时,将接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值通知给数据帧处理部 110。因此,数据帧处理部 110 将通知的 GS 和 FID 的值用作关键字来检索缓冲部 109,由此能够检索到包含接收到的数据帧的

项。因此,数据帧处理部 110 根据检索到的项,能够读出包含于接收到的数据帧的帧头的各字段的值。

[0400] 准确来讲,在步骤 S801 中,数据帧处理部 110 首先如以上说明的那样,从缓冲部 109 读出并存储包含于接收到的数据帧的帧头的各字段的值。并且,将存储的 LD 的值(即接收到的数据帧的 LD 的值)与自身节点 ID 进行比较。另外,作为节点装置 100 自身的节点 ID 的自身节点 ID 例如被预先记录于图 4 的闪存 205 中,因此数据帧处理部 110 能够参照自身节点 ID。

[0401] 在接收到的数据帧的 LD 的值与自身节点 ID 不同时,节点装置 100 是偶然接收到与节点装置 100 自身无关的数据帧。因此,在步骤 S802 中,数据帧处理部 110 废弃接收到的数据帧。也就是说,数据帧处理部 110 删除在步骤 S801 中检索到的缓冲部 109 的项。并且,数据帧接收处理结束。

[0402] 另一方面,在接收到的数据帧的 LD 的值与自身节点 ID 相等时,在步骤 S803 中,数据帧处理部 110 创建 ACK 帧,并请求发送部 102 发送 ACK 帧。并且,发送部 102 发送 ACK 帧。

[0403] 例如,在节点装置 N_3 接收到图 7 的数据帧 303 时,节点装置 N_3 的数据帧处理部 110- N_3 在步骤 S803 中创建图 7 的 ACK 帧 322。并且,发送部 102- N_3 发送 ACK 帧 322。

[0404] 具体而言,数据帧处理部 110- N_3 将作为接收到的数据帧 303 的 LS 的值的 N_2 设定于 ACK 帧 322 的 LD,将自身节点 ID(即作为节点装置 N_3 自身的节点 ID 的 N_3) 设定于 ACK 帧 322 的 LS。另外,ACK 帧 322 由于与作为对应的数据帧 303 的 LS 的节点装置 N_2 以外无关,所以数据帧处理部 110- N_3 在 ACK 帧 322 的 GD 中设定表示空值的特殊值 0x000000。

[0405] 另外,数据帧处理部 110- N_3 设定 ACK 帧 322 的 GS 和 FID,以使得接收到 ACK 帧 322 的节点装置 N_2 能够识别“ACK 帧 322 是针对数据帧 303 的 ACK 帧”。即,数据帧处理部 110- N_3 对 ACK 帧 322 的 GS 和 FID 分别设定接收到的数据帧 303 的 GS 和 FID 的值 N_1 和 F_a 。

[0406] 并且,数据帧处理部 110- N_3 设定表示“ACK 帧”的规定值 A 作为 ACK 帧 322 的类型。在步骤 S803 中,如以上那样,数据帧处理部 110- N_3 创建 ACK 帧 322,发送部 102- N_3 发送 ACK 帧 322。

[0407] 接着,在步骤 S804 中,数据帧处理部 110 判断接收到的数据帧的 GD 的值是否是自身节点 ID。如果接收到的数据帧的 GD 的值是自身节点 ID,则处理进入步骤 S805。另一方面,如果接收到的数据帧的 GD 的值与自身节点 ID 不同,则处理进入图 21 的步骤 S806。

[0408] 在步骤 S805 中,数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 提供接收到的数据帧,结束数据帧接收处理。具体而言,数据帧处理部 110 将在步骤 S801 中检索到的缓冲部 109 的项向上位层处理部 111 输出,并将该项从缓冲部 109 删除。并且结束数据帧接收处理。

[0409] 例如,在图 6 的步骤 S112 中从节点装置 N_6 接收到数据帧的节点装置 N_7 中,接收到的数据帧被输出至上位层处理部 111- N_7 ,并在上位层处理部 111- N_7 中被处理。

[0410] 另外,也可以不将接收到的数据帧全部提供,而是将至少包含上层处理部 111 的处理中所需的净荷的部分数据从在步骤 S801 中检索到的缓冲部 109 的项中取出,并输出至上位层处理部 111。

[0411] 图 21 的步骤 S806 以后的处理在接收到的数据帧的 LD 的值与自身节点 ID 相等,且接收到的数据帧的 GD 的值与自身节点 ID 不同的情况下被执行。

[0412] 在步骤 S806 中,数据帧处理部 110 将接收到的数据帧的 FID 和 GS 的值用作关键

字,来检索FID管理表105。另外,如上所述,接收到的数据帧的FID和GS的值在图20的处理开始时由帧分支处理部106通知。

[0413] 接着,在步骤S807中,作为步骤S806的检索的结果,数据帧处理部110判断项是否被选中。在项选中的情况下,由于与节点装置100以前发送过的数据帧相同的数据帧被接收,所以处理进入步骤S808。另一方面,在项未被选中的情况下,由于节点装置100未发送过的数据帧被接收,所以处理进入步骤S810。

[0414] 另外,准确来讲,即使在“虽然与节点装置100以前发送过的数据帧相同的数据帧被接收,但是检索对象的项已经因时效而消失”这样的情况下,项也不会被选中。为了不发生这样的情况,优选基于在网络内回溯被反复进行的最差的时间的预计等来适当地决定FID管理表105的时效时间 G_f 。

[0415] 在步骤S808中,数据帧处理部110取出在步骤S806的检索中选中的FID管理表105的项的LD和OLS的值,例如将其存储于图4的DRAM204等存储区域。

[0416] 接着在步骤S809中,数据帧处理部110对与接收到的数据帧的GD的值对应的加权表(以下在图21~23的说明中以“104-i”这样的参照符号来进行参照)进行如下的更新。即,数据帧处理部110在加权表104-i中,将与在步骤S808中取出的LD对应的权重变更为最大值。另外,在该实施方式中权重的最大值为1。在变更了权重后,处理进入步骤S817。

[0417] 另外,在以步骤S807、S808、S809来推进处理时,与在步骤S808中取出的LD对应的项存在于与接收到的数据帧的GD的值对应的加权表104-i中,在步骤S809中被确保。其理由如下。

[0418] 如针对图12和图13所说明的那样,在FID管理表105的项中,最终更新时刻被设定为数据帧的发送时刻。另外,如针对图19所说明的那样,FID管理表105的时效时间 G_f 例如被设定为在最差情况下被预测的时间以上。因此,在节点装置100过去所发送的数据帧在网络内徘徊并被节点装置100接收时,与该数据帧对应的项还存在于FID管理表105的情况被确保。

[0419] 并且,如针对图11所说明的那样,若数据帧被发送、ACK帧被返送,则权重被更新,在加权表104-1~101-M内的各项中,在权重被更新时,最终更新时刻也被设定。

[0420] 因此,若考虑时间序列则成为下述(E1)~(E5)的顺序。

[0421] (E1)GD的值为 N_{GD} ,GS的值为 N_{GS} ,LD的值为 N_{LD} ,FID的值为 F_c 的数据帧从节点装置100发送。此时,在FID管理表105中最终更新时刻被设定。例如,在图6的节点装置 N_3 中,在步骤S103中对图12的项 E_3 设定最终更新时刻 T_{103} 。

[0422] (E2)在针对上述数据帧的ACK帧被接收时,在与节点装置 N_{GD} 对应的加权表104-i中,LD字段的值是 N_{LD} 的项的权重被更新。此时,该项的最终更新时刻被设定。例如,在节点装置 N_3 中,如图11所示,在步骤S103a中加权表104-1- N_3 的、LD字段的值是 N_4 的项的最终更新时刻被设定为 T_b 。

[0423] (E3)GS的值是 N_{GS} ,FID的值是 F_c 的相同的数据帧被节点装置100接收。例如,在图6的步骤S106中,节点装置 N_3 接收数据帧。另外,由于数据帧的GD的值在中继时不会被重写,所以在(E3)中接收的数据帧的GD的值根据上述(E1)可知当然是 N_{GD} 。

[0424] (E4)从上述(E1)的时间点开始经过FID管理表105的时效时间 G_f 。

[0425] (E5) 从上述 (E2) 的时间点开始经过加权表 104 的时效时间 G_w 。

[0426] 如上所述, (E3) 的时间点比 (E5) 的时间点靠前。因此, 在 (E3) 的时间点, 在与节点装置 N_{GD} 对应的加权表 104-i 中, LD 字段的值是 N_{LD} 的项的存在被确保。

[0427] 例如, 在上述的例子中, 加权表 104-1- N_3 的、LD 字段的值是 N_4 的项的存在在图 6 的步骤 S106 的时间点被确保。另外, 此处的“步骤 S106 的时间点”具体是指, 节点装置 N_3 执行将在步骤 S106 中的接收作为契机的数据帧接收处理所包含的步骤 S809 的處理的时间点。

[0428] 因此, 当在图 21 的步骤 S806 的检索中在 FID 管理表 105 中检索到了项时, 在步骤 S809 中, 与在步骤 S808 中取出的 LD 对应的项一定存在于加权表 104-i 中。因此, 在步骤 S809 中, 数据帧处理部 110 在确保存在的项中, 将权重的值设定为最大值。

[0429] 反之, 当在步骤 S806 的检索中没有检索到项时, 在步骤 S810 中, 数据帧处理部 110 将接收到的数据帧的 LS 的值作为 OLS 存储于例如图 4 的 DRAM204 等存储区域中。

[0430] 并且, 在步骤 S811 中, 数据帧处理部 110 将接收到的数据帧的 GD 的值用作关键字来检索加权表 104。

[0431] 接着, 在步骤 S812 中, 作为步骤 S811 的检索的结果, 数据帧处理部 110 判断表是否选中。

[0432] 如果与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表存在于加权表 104 中, 则处理进入步骤 S812a。另外, 在步骤 S809 中导入的“104-i”这样的参照符号是指与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表, 因此作为步骤 S811 的检索的结果选中的表也是“加权表 104-i”。

[0433] 另一方面, 如果加权表 104 中不存在与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表, 则处理进入步骤 S813。

[0434] 在步骤 S812a 中, 数据帧处理部 110 对在步骤 S811 的检索中选中的加权表 104-i 进行调整。步骤 S812a 的加权表调整处理的具体内容会参照图 24 后述, 是中和时效处理的副作用的处理。

[0435] 作为步骤 S812a 的结果, 与在邻接节点管理表 103 中管理的所有邻接节点装置对应的项存在于加权表 104-i 的情况被确保。并且, 处理进入步骤 S817。

[0436] 在步骤 S813 中, 数据帧处理部 110 追加与接收到的数据帧的 GD 的值对应的新加权表。另外, 在步骤 S813 中, 追加的表也是“加权表 104-i”。

[0437] 并且, 在步骤 S814 中, 数据帧处理部 110 在新加权表 104-i 中将接收到的数据帧的 GD 的值设定为加权表 104-i 的 GD。

[0438] 并且, 在步骤 S815 中, 数据帧处理部 110 在新加权表 104-i 中创建与邻接节点管理表 103 的项数数目相同的新项。

[0439] 并且, 在步骤 S816 中, 数据帧处理部 110 在步骤 S815 中创建的各项中分别设定邻接节点管理表 103 的各项的节点 ID、初始加权值和当前时刻。

[0440] 另外, 以上的步骤 S811 ~ S816 的具体例如下所述。

[0441] 例如, 在图 6 的步骤 S102 中从节点装置 N_2 接收到图 7 的数据帧 303 时, 在节点装置 N_3 的加权表 104- N_3 中, 图 11 的加权表 104-1- N_3 不存在。由此, 即使节点装置 N_3 的数据帧处理部 110- N_3 在步骤 S811 中将节点装置 N_3 所接收到的数据帧 303 的 GD 的值、即 N_7 用作关键字来检索加权表 104- N_3 , 表也不会选中。

[0442] 于是,数据帧处理部 110- N_3 在步骤 S813 中新创建加权表 104-1- N_3 ,在步骤 S814 中对加权表 104-1- N_3 的 GD 设定 N_7 。并且,数据帧处理部 110- N_3 在步骤 S815 中,在加权表 104-1- N_3 中创建与图 9 的邻接节点管理表 103- N_3 数目相同的(即 3 个)新项。

[0443] 这里,邻接节点管理表 103- N_3 的各项的节点 ID 如图 10 所示是 N_2 、 N_4 和 N_5 。因此,在步骤 S816 中,数据帧处理部 110- N_3 对在步骤 S815 中创建的 3 个项分别设定 N_2 、 N_4 和 N_5 作为 LD。另外,数据帧处理部 110- N_3 对上述 3 个项的权重字段都设定 0.5 这一初始加权值,对上述 3 个项的最终更新时刻字段都设定当前时刻。

[0444] 作为以上的步骤 S813 ~ S816 的结果,如图 11 的第 1 个那样的加权表 104-1- N_3 被追加到加权表 104- N_3 中。

[0445] 这里,从具体例的说明返回图 21 的处理一般的说明。在执行了步骤 S809 后,执行了步骤 S816 后,或者在步骤 S812 中判断为在步骤 S811 的检索中表被选中后,执行步骤 S817。因此,在执行步骤 S817 时,与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表 104- i 的存在被确保。

[0446] 于是,在步骤 S817 中,数据帧处理部 110 在与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表 104- i 中,在与 OLS 不同的 LD 中取得与最小的权重对应的 LD 的值。

[0447] 也就是说,数据帧处理部 110 在加权表 104- i 中,从具有与在步骤 S808 或 S810 中存储的 OLS 的值不同的值作为 LD 的项中选择权重的值最小的项。并且,数据帧处理部 110 将选择到的项的 LD 和权重的值例如存储于图 4 的 DRAM204 等存储区域。

[0448] 接着,在步骤 S818 中,数据帧处理部 110 判断下述 2 个条件 (F1) 和 (F2) 的任意一个是否成立。

[0449] (F1) 与在步骤 S817(或者后述的 S829)中取得的 LD 的值对应的权重是权重的最大值(在该实施方式中是 1.0)。

[0450] (F2) 数据帧向与在步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS 的值不同的 LD 的转送都已失败(其中,也包含加权表 104- i 中的 LD 原本只存在 OLS 的情况)。

[0451] 在条件 (F1) 或者 (F2) 成立的情况下,由于能够选择为 LD 的邻接节点装置已经不存在,所以处理进入图 23 的步骤 S830。

[0452] 另一方面,在条件 (F1) 和 (F2) 都不成立的情况下,存在还能够选择为 LD 的邻接节点装置。换言之,与 (G1) ~ (G4) 都不符合的邻接节点装置至少存在 1 个。并且,能够被选择为 LD 的邻接节点装置的节点 ID 在步骤 S817(或者后述的 S829)中被取得。

[0453] (G1) 由于被判断为从该邻接节点装置开始的前面的路径是死路或者死循环,所以该邻接节点装置与最大值的权重对应。

[0454] (G2) 由于过去针对该邻接节点装置的同一 GD 发送目的地的数据帧的发送失败的结果被累积,所以该邻接节点装置与最大值的权重对应。

[0455] (G3) 在本次的数据帧接收处理中,作为尝试数据帧向该邻接节点装置的发送的结果,判明为“发送失败”。即,即使经过了规定时间,也无法从发送了数据帧的邻接节点装置接收到 ACK 帧。

[0456] (G4) 该邻接节点装置是 OLS。

[0457] 于是,当在步骤 S818 中判断为条件 (F1) 和 (F2) 都不成立,则处理进入步骤 S819。步骤 S819 以后的处理是尝试进行数据帧向由已经取得的 LD 的值识别的邻接节点装置转送

的处理。

[0458] 在步骤 S819 中,数据帧处理部 110 如下述那样创建新的数据帧并输出至发送部 102,发送部 102 发送创建的数据帧。

[0459] 具体而言,数据帧处理部 110 将在步骤 S817(或者后述的 S829)中取得的 LD 的值指定为新的数据帧的 LD,将自身节点 ID 指定为新的数据帧的 LS。另外,数据帧处理部 110 从接收到的数据帧将 GD、GS、FID、类型、长度的各字段的值、和净荷复制到新的数据帧中。另外,“接收到的数据帧”是指,如上述那样在步骤 S801 中检索到的缓冲部 109 内的项所保存的数据帧。

[0460] 在步骤 S819 中的发送后,处理进入步骤 S820,数据帧处理部 110 对缓冲部 109 的超时时刻进行更新。即,数据帧处理部 110 在缓冲部 109 中,对保存接收到的数据帧的项的超时时刻设定式 (5) 的时刻 T_{timeout} 。

$$[0461] \quad T_{\text{timeout}} = T_{\text{now}} + T_{\text{wait}} \quad (5)$$

[0462] 另外,在式 (5) 中,时刻 T_{now} 是当前时刻,时间 T_{wait} 是 ACK 帧等待时间。

[0463] 并且,在步骤 S821 中,数据帧处理部 110 确认步骤 S806 的 FID 管理表 105 的检索中项是否选中,或者在后述的步骤 S823 以及步骤 S824 中,是否向 FID 管理表 105 了新项并设定了值。也就是说,数据帧处理部 110 确认具有与接收到的数据帧的 GS 和 FID 的值相等的值作为 GS 和 FID 的项是否存在于 FID 管理表 105 中。

[0464] 如果在步骤 S806 的检索中项被选中,或者在步骤 S823 以及步骤 S824 中,向 FID 管理表 105 追加了新项并设定了值,则本次的数据帧接收处理是以与过去节点装置 100 自身发送的数据帧相同的数据帧的接收为契机的处理。因此,数据帧处理部 110 接着执行步骤 S822。另一方面,如果步骤 S806 的检索中没有选中项,并且在步骤 S823 以及步骤 S824 中,没有向 FID 管理表 105 追加新项并设定值,则节点装置 100 尝试进行初次接收的数据帧的初次转送。因此,处理进入步骤 S823。

[0465] 在步骤 S822 中,数据帧处理部 110 对步骤 S806 的检索中选中的项进行更新。具体而言,数据帧处理部 110 在步骤 S806 的检索中选中的项中,对 LD 字段设定在步骤 S819 中发送的数据帧的 LD 的值,对最终更新时刻字段设定当前时刻。并且,处理进入步骤 S825。

[0466] 另外,在步骤 S823 中,数据帧处理部 110 向 FID 管理表 105 追加新项。

[0467] 并且,在下一步骤 S824 中,数据帧处理部 110 对新项设定值。具体而言,数据帧处理部 110 在新项中,对 FID、GS 和 LD 的各字段分别复制步骤 S819 中发送的数据帧的值。另外,数据帧处理部 110 在新项中,对最终更新时刻字段设定当前时刻,对 OLS 字段复制步骤 S810 中存储的 OLS 的值。并且,处理进入步骤 S825。

[0468] 在步骤 S825 中,数据帧处理部 110 等待步骤 S819 中的发送成功与否的通知。

[0469] 例如,在数据帧处理部 110 由执行规定程序的线程的图 4 的 MPU201 实现的情况下,在步骤 S825 中线程也可以休眠。此时,“发送成功”或者“发送失败”的通知是唤醒线程的处理。

[0470] 在步骤 S819 中的发送成功的情况下,从在步骤 S819 中发送的数据帧中被指定为 LD 的邻接节点装置返送 ACK 帧。并且,ACK 处理部 107 进行后述的图 25 的处理,向数据帧处理部 110 通知“发送成功”。

[0471] 另外,步骤 S819 中的发送失败是指,来自在步骤 S819 中发送的数据帧中被指定为

LD 的邻接节点装置的 ACK 帧在到了式 (5) 的时刻 T_{timeout} 也没有被节点装置 100 接收。ACK 帧的接收由 ACK 处理部 107 进行的后述的图 26 的处理进行监视, 在 ACK 帧到了超时时刻 T_{timeout} 也没有被接收时, ACK 处理部 107 向数据帧处理部 110 通知“发送失败”。

[0472] 在数据帧处理部 110 在步骤 S825 中的待机后从 ACK 处理部 107 接收到了“发送成功”或者“发送失败”的通知时, 处理进入步骤 S826。

[0473] 在步骤 S826 中, 数据帧处理部 110 基于从 ACK 处理部 107 接收到的通知, 判断步骤 S819 的发送是否已经成功。在发送成功的情况下, 处理进入步骤 S827, 在发送失败的情况下, 处理进入步骤 S828。

[0474] 在发送成功时, 在步骤 S827 中, 数据帧处理部 110 在加权表 104 中, 使与在步骤 S819 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变小。这里, 如果注意到数据帧的 GD 没有因转送而被重写的情况而改变说法, 则在步骤 S827 中, 数据帧处理部 110 在与接收到的数据帧的 GD 对应的加权表 104-i 中进行权重的更新。

[0475] 也就是说, 数据帧处理部 110 在加权表 104-i 中寻找具有在步骤 S817 (或者后述的步骤 S829) 中取得的 LD 的值作为 LD 的项, 并使找到的项的权重的值变小。使权重的值变小是指提高对应的 LD 的优先级。

[0476] 这里, 若将找到的项的当前的权重的值设为 W_{current} , 则在步骤 S827 中, 数据帧处理部 110 可以将找到的项的权重的值更新为例如式 (6) 的 W_{revised} 。

[0477] $W_{\text{revised}} = \max(W_{\text{min}},$

[0478] $W_{\text{current}} - \Delta W_{\text{success}})$ (6)

[0479] 另外, 在式 (6) 中, W_{min} 是权重的最小值, 在该实施方式中 $W_{\text{min}} = 0$ 。另外, $\Delta W_{\text{success}}$ 是发送成功时减少权重的规定量, 能够根据实施方式来决定合适值。例如, 可以是 $\Delta W_{\text{success}} = 0.1$ 。

[0480] 并且, 数据帧处理部 110 在步骤 S827 中, 在具有在步骤 S817 (或者后述的步骤 S829) 中取得的 LD 的值作为 LD 的加权表 104-i 的项中, 对最终更新时刻设定当前时刻。并且, 数据帧接收处理结束。

[0481] 另一方面, 在发送失败时, 在步骤 S828 中, 数据帧处理部 110 在加权表 104 中, 使与步骤 S819 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变大。也就是说, 在步骤 S828 中, 数据帧处理部 110 在加权表 104-i 中寻找具有步骤 S817 (或者后述的步骤 S829) 中取得的 LD 的值作为 LD 的项, 使找到的项的权重的值变大。使权重的值变大是指降低对应的 LD 的优先级。

[0482] 例如, 在步骤 S828 中, 数据帧处理部 110 可以将找到的项的权重的值更新为式 (7) 的 W_{revised} 。

[0483] $W_{\text{revised}} = \min(W_{\text{max}},$

[0484] $W_{\text{current}} + \Delta W_{\text{failure}})$ (7)

[0485] 另外, 在式 (7) 中, W_{max} 是权重的最大值, 在该实施方式中 $W_{\text{max}} = 1$ 。另外, $\Delta W_{\text{failure}}$ 是发送失败时减小权重的规定量, 能够根据实施方式决定合适值。例如, 可以是 $\Delta W_{\text{failure}} = 0.1$ 。当然, 可以是 $\Delta W_{\text{failure}} \neq \Delta W_{\text{success}}$ 。

[0486] 另外, 数据帧处理部 110 在步骤 S828 中, 将步骤 S817 (或者后述的步骤 S829) 中取得的 LD 的值作为“转送失败的 LD”存储于例如图 4 的 DRAM204 等工作区域中。例如, 数

据帧处理部 110 在步骤 S817 中将 DRAM204 上的线性列表初始化为空,每当执行步骤 S828 时,就可以将保持在步骤 S817(或者后述的步骤 S829)中取得的 LD 的值的要素追加到线性列表中。当然,为了存储“转送失败的 LD”也可以使用数组等其他数据构造。

[0487] 并且,数据帧处理部 110 在步骤 S828 中,在具有在步骤 S817(或者后述的步骤 S829)中取得的 LD 的值作为 LD 的加权表 104-i 的项中,对最终更新时刻设定当前时刻。并且处理进入步骤 S829。

[0488] 在步骤 S829 中,数据帧处理部 110 寻找到目前为止还未尝试作为 LD 的其他的能够选择的邻接节点装置。具体而言,数据帧处理部 110 在与接收到的数据帧的 GD 的值对应的加权表 104-i 中,在除了转送失败的 LD 以外且与 OLS 不同的 LD 中,取得与最小的权重对应的 LD 的值。另外,转送失败的 LD 在步骤 S828 中,例如以线性列表等的形式存储于例如图 4 的 DRAM204 等工作区域中。

[0489] 也就是说,数据帧处理部 110 在加权表 104-i 中,从具有是 (H1) 且 (H2) 的值作为 LD 的项中选择权重的值最小的项。并且,数据帧处理部 110 将选择到的项的 LD 和权重的值存储于例如图 4 的 DRAM204 等存储区域中。

[0490] (H1) 与过去在步骤 S817 或者 S829 中取得的 LD 的值不同的值

[0491] (H2) 与步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS 的值不同的值

[0492] 因此,例如在步骤 S828 中与被更新为 0.2 的权重对应的邻接节点装置也可能在步骤 S829 中不被选择为 LD,而是在步骤 S829 中选择比 0.2 大的 0.8 等权重的邻接节点装置。

[0493] 下面例举了以上的步骤 S817 ~ S829 的具体例。例如,在图 6 的节点装置 N_4 中,节点装置 N_3 、 N_5 和 N_7 邻接。并且,如图 12 所示,节点装置 N_4 的 FID 管理表 105- N_4 的项 E4 的 OLS 的值是 N_3 。

[0494] 在图 6 的例子中,由于节点装置 N_4 的数据帧处理部 110- N_4 最初在步骤 S817 中取得 LD 的值 N_7 ,所以如步骤 S104 那样,进行数据帧向节点装置 N_7 的发送。但是,如图 6 所示,由于步骤 S104 的发送失败,所以数据帧处理部 110- N_4 在步骤 S826 中判断为“发送失败”。

[0495] 由此,在数据帧处理部 110- N_4 执行步骤 S829 的时间点,转送失败的 LD(即 N_7) 以外且与 OLS(即 N_3) 不同的 LD 的值仅有 N_5 。因此,在步骤 S829 中取得 LD 的值 N_5 。

[0496] 若这样在步骤 S829 中取得 LD 的值,则处理从步骤 S829 返回步骤 S818。

[0497] 因此,在上述的节点装置 N_4 的例子中,在步骤 S829 后,再次执行步骤 S818 ~ S826。并且,如图 6 中步骤 S105 所示那样,这次在步骤 S826 中判断为“发送成功”,执行步骤 S827,数据帧接收处理结束。

[0498] 另外,在步骤 S828 中,以具体例如下述那样说明例如如式 (7) 那样更新权重带来的影响。

[0499] 例如,在图 2 的网络 2 中,假设节点装置 N_{106} 在时刻 T_{recv1} 从邻接节点装置 N_{108} 接收到将节点装置 N_{118} 指定为 GD 的第 1 数据帧。并且,假设在时刻 T_{recv1} ,节点装置 N_{106} 中存在与节点装置 N_{118} 对应的加权表 104-g_{106-N₁₀₆}。另外,假设在时刻 T_{recv1} 的加权表 104-g_{106-N₁₀₆} 中,节点装置 N_{102} 对应于权重 0.4,节点装置 N_{103} 对应于权重 0.7,节点装置 N_{107} 对应于权重 0.1,节点装置 N_{108} 对应于权重 0.5。

[0500] 由此,在步骤 S817 中,与最小的权重 0.1 对应的节点装置 N_{107} 被选择为 LD。然而,当在步骤 S819 中数据帧被发送时,由于偶然在节点装置 N_{106} 和 N_{107} 间放置了遮蔽物等理由,

节点装置 N_{106} 和 N_{107} 的无线链路暂时无法通信。

[0501] 由此, 由于没有返送 ACK 帧, 所以在步骤 S828 中, 节点装置 N_{107} 的权重从 0.1 更新为 0.2。并且, 在步骤 S829 中, 与权重 0.4 对应的节点装置 N_{102} 被选择为 LD。这里, 假设步骤 S819 中的数据帧的发送成功, 从节点装置 N_{102} 返送回了 ACK 帧。由此, 在步骤 S827 中节点装置 N_{102} 的权重从 0.4 更新为 0.3, 数据帧接收处理结束。

[0502] 这里, 从节点装置 N_{106} 发送到节点装置 N_{102} 的第 1 数据帧不会回溯到节点装置 N_{106} , 而是到达节点装置 N_{118} 。也就是说, 在加权表 $104-g_{106}-N_{106}$ 中, 随着第 1 数据帧的转送, 权重被更新为 1 的项已不存在。

[0503] 由此, 在节点装置 N_{106} 在之后的时刻 T_{rcv2} 从节点装置 N_{103} 接收到同样地将节点装置 N_{118} 指定为 GD 的第 2 数据帧时, 加权表 $104-g_{106}-N_{106}$ 的内容如下。即, 节点装置 N_{102} 对应于权重 0.3, 节点装置 N_{103} 对应于权重 0.7, 节点装置 N_{107} 对应于权重 0.2, 节点装置 N_{108} 对应于权重 0.5。

[0504] 因此, 在步骤 S817 中, 虽然第 1 数据帧的转送失败, 但是另外与最小的权重对应的节点装置 N_{107} 被选择为 LD。并且, 如果在时刻 T_{rcv2} , 节点装置 N_{106} 和 N_{107} 间的无线链路的通信品质好转, 在步骤 S819 中的第 2 数据帧的发送成功, 则在步骤 S827 中节点装置 N_{107} 的权重再次返回 0.1。

[0505] 这里, 作为向节点装置 N_{107} 转送第 2 数据帧的结果, 若不发生回溯, 则节点装置 N_{107} 的权重保持 0.1 不变。因此, 如果在更靠后的时刻 T_{rcv3} , 节点装置 N_{106} 从节点装置 N_{107} 以外的邻接节点装置接收到同样地将节点装置 N_{118} 指定为 GD 的第 3 数据帧, 则作为 LD 最优先被选择的还是节点装置 N_{107} 。

[0506] 这样, 若在步骤 S829 中, 使权重稍微变大而不是迅速地设定成最大值, 则加权表 104 不会对通信环境的变化过度反应。因此, 在节点装置 N_{106} 不停地接收到将相同节点装置指定为 GD 的多个数据帧的过程中, 如果暂时发生了故障的链路从故障恢复, 则随着环境的好转, 过去的学习结果再次活用于 LD 的选择。也就是说, 在上述例子中, 在过去已经学习到适于作为 LD 的节点装置 N_{107} 再次作为 LD 被优先选择。

[0507] 或者, 在时刻 T_{rcv2} , 也存在节点装置 N_{106} 和 N_{107} 间的无线链路没有从故障恢复的情况。此时, 作为第 2 数据帧的发送时的 LD, 虽然暂时选择权重 0.2 的节点装置 N_{107} , 但是由于没有接收到 ACK 帧, 所以节点装置 N_{107} 的权重被更新为 0.3。并且, 最终也可能是, 与权重 0.3 对应的节点装置 N_{102} 被选择为 LD, 发送成功, 权重被更新为 0.2。

[0508] 由此, 在时刻 T_{rcv3} , 若节点装置 N_{106} 例如从节点装置 N_{103} 接收到第 3 数据帧, 则可能与权重 0.2 对应的节点装置 N_{102} 被选择为 LD, 另外发送成功, 节点装置 N_{102} 的权重成为 0.1。并且, 之后不久, 作为将节点装置 N_{118} 指定为 GD 的数据帧的 LD, 节点装置 N_{106} 可能会继续选择节点装置 N_{102} 。

[0509] 但是, 在之后, 若节点装置 N_{106} 和 N_{102} 间的无线链路发生了故障, 则不从节点装置 N_{102} 返送回 ACK 帧。由此, 在步骤 S829 中进行 LD 的再次选择。

[0510] 此时, 在时刻 T_{rcv1} 以前被学习到适合作为 LD 的节点装置 N_{107} 与对应于权重 0.5、0.7、相对地不太适合作为 LD 的节点装置 N_{108} 、 N_{103} 相比, 被优先选择为 LD。其理由是, 发送第 1 数据帧和第 2 数据帧时的权重学习如步骤 S828 所示那样, 使权重平稳地变化, 节点装置 N_{107} 的权重与节点装置 N_{108} 、 N_{103} 的权重相比较小。

[0511] 并且,在该时间点,如果节点装置 N_{106} 和 N_{107} 间的无线链路从故障恢复,则节点装置 N_{107} 的权重再次减小到 0.2。这样,即使恢复稍微花费时间,由于暂时的环境变化不会过度反映于加权表 104,所以过去学习的成果也被缓慢地反映。因此,选择合适的 LD 的概率变高。

[0512] 如上所述,为了不过度地受到暂时故障的影响,在步骤 S828 中,对权重稍微进行调整。

[0513] 这里,返回步骤 S818 的分支的说明。若在步骤 S818 中判断为 2 个条件 (F1) 和 (F2) 的任意一个成立,则由于能够被选择为 LD 的邻接节点装置已经不存在,所以处理进入图 23 的步骤 S830。

[0514] 在步骤 S830 中,数据帧处理部 110 如下述那样创建新的数据帧来输出至发送部 102,发送部 102 发送创建的数据帧。

[0515] 具体而言,数据帧处理部 110 将步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS 的值指定为新的数据帧的 LD,将自身节点 ID 指定为新的数据帧的 LS。另外,数据帧处理部 110 从接收到的数据帧将 GD、GS、FID、类型、长度的各字段的值、和净荷复制到新的数据帧中。另外,“接收到的数据帧”是指,如上述那样保存于在步骤 S801 中找到的缓冲部 109 内的项的数据帧。在步骤 S830 中进行的发送处理即是回溯动作。

[0516] 另外,步骤 S830 的发送的具体例是图 6 的步骤 S110。

[0517] 在步骤 S830 中的发送后,处理进入步骤 S831。在步骤 S831 中,数据帧处理部 110 将接收到的数据帧的 FID 和 GS 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105。

[0518] 并且,在步骤 S832 中,作为步骤 S831 的检索结果,数据帧处理部 110 判断是否选中了项。如果项选中,则处理进入步骤 S833,如果项未选中,则处理进入步骤 S834。

[0519] 另外,当在步骤 S807 中判断为“项选中”时,作为步骤 S831 的检索的结果而找到的项是作为步骤 S806 的检索的结果而找到的项。另外,当在步骤 S807 中判定为“项未选中”,并且在步骤 S823 中创建了新项时,作为步骤 S831 的检索结果,在步骤 S823 中创建的新项被找到。

[0520] 在步骤 S832 中被判断为“项未选中”的情况是 (I1) 且 (I2) 的情况,换言之,是 (J1) 且 (J2) 的情况。

[0521] (I1) 在步骤 S807 中判断为“项未选中”。

[0522] (I2) 在第 1 次执行了步骤 S818 后处理立即进入步骤 S830。

[0523] (J1) 节点装置 100 接收到到目前为止未接收过的数据帧。

[0524] (J2) 在与接收到的数据帧的 GS 的值对应的加权表 104-i 中,最大值的权重与所有的 LD 对应。

[0525] 在步骤 S833 中,数据帧处理部 110 对作为步骤 S831 的检索结果而选中的项进行更新。具体而言,数据帧处理部 110 在选中的项中,对 LD 复制选中的项自身的 OLS 的值,对最终更新时刻设定当前时刻。并且,处理进入步骤 S836。

[0526] 另一方面,在步骤 S834 中,数据帧处理部 110 向 FID 管理表 105 追加新项。

[0527] 并且,在下一步骤 S835 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S834 中追加的新项设定值。具体而言,数据帧处理部 110 在新项中,对 FID 和 GS 分别复制接收到的数据帧的值,对最终更新时刻设定当前时刻,对 OLS 和 LD 复制接收到的数据帧的 LS 的值。并且处理进入

步骤 S836。

[0528] 在步骤 S836 中,数据帧处理部 110 等待与在步骤 S830 中发送的数据帧有关的发送成功与否的通知。并且,若数据帧处理部 110 从 ACK 处理部 107 接收到“发送成功”或者“发送失败”的通知,则处理进入步骤 S837。步骤 S836 与步骤 S825 类似,因此省略详细的说明。

[0529] 并且,在步骤 S837 中,数据帧处理部 110 判断步骤 S830 中的数据帧的发送是否成功。在发送失败的情况下,处理进入步骤 S838,在发送成功的情况下,处理进入步骤 S839。

[0530] 步骤 S838 所执行的是 (K1) 且 (K2) 这样的例外的情况。

[0531] (K1) OLS 以外的所有邻接节点装置是 (K1-1) 或者 (K1-2)。

[0532] (K1-1) 与最大值的权重对应。

[0533] (K1-2) 若指定为 LD 来发送数据帧,则发送失败。

[0534] (K2) 针对 OLS 的数据帧的发送(即回溯动作)失败。

[0535] 此时,数据帧处理部 110 在步骤 S838 中废弃接收到的数据帧。即,数据帧处理部 110 从缓冲部 109 删除在步骤 S801 中找到的项。并且,数据帧接收处理结束。

[0536] 另外,下面通过具体例说明步骤 S838 的影响。

[0537] 例如,图 6 的步骤 S110 是节点装置 N_3 在步骤 S830 中进行的发送。在图 6 的例子中,针对步骤 S110 中的数据帧从节点装置 N_3 向节点装置 N_2 的发送,节点装置 N_2 将 ACK 帧返送给节点装置 N_3 。

[0538] 这里,相反地,假设在步骤 S110 的时间点,节点装置 N_2 和 N_3 间的链路发生故障,在步骤 S110(即步骤 S830)中节点装置 N_3 所发送的数据帧没有到达节点装置 N_2 。由此,由于节点装置 N_3 当然也没有从节点装置 N_2 接收到 ACK 帧,所以节点装置 N_3 在步骤 S837 中判断为“发送失败”,执行步骤 S838。也就是说,在步骤 S101 中节点装置 N_1 所发送的数据帧在到达作为 GD 的节点装置 N_7 之前,在网络 1 内消失。

[0539] 并且,对于节点装置 N_2 而言,是“当在步骤 S102 中发送成功之后,无论从哪个邻接节点装置也不会接收到相同的数据帧”这样的状态。因此,对于节点装置 N_2 ,没有被识别为“在作为 GD 指定了节点装置 N_7 时,节点装置 N_2 将节点装置 N_3 选择为 LD 是不合适的”。也就是说,如图 6 的例子那样,节点装置 N_2 无法学习为“在作为 GD 指定了节点装置 N_7 时,节点装置 N_2 将节点装置 N_6 选择为 LD 是合适的”。

[0540] 其结果,在节点装置 N_2 接收到节点装置 N_7 被指定为 GD 的新的其他的数据帧的情况下(或者节点装置 N_2 作为 GS 发送这样的数据帧的情况下),节点装置 N_2 选择节点装置 N_3 作为 LD。

[0541] 假设在该时间点,节点装置 N_2 和 N_3 间的链路还未从故障恢复(例如,如果较差的电波状况还在持续),则从节点装置 N_2 发送的数据帧不会到达节点装置 N_3 。因此,节点装置 N_2 无法接收 ACK 帧,在图 22 的步骤 S826 中判断为“发送失败”。

[0542] 其结果,节点装置 N_2 在步骤 S828 中,在与作为 GD 的节点装置 N_7 对应的加权表 104-h₂-N₂(该参照符号与图 6 的说明相同)中,使与节点装置 N_2 对应的权重变大。并且,节点装置 N_2 接着在步骤 S829 中,再次选择节点装置 N_6 作为 LD。

[0543] 这样,若数据帧在网络 1 内的节点装置 N_3 中在步骤 S838 中被废弃,则作为与废弃的数据帧有关的 OLS 的其他节点装置 N_2 中的加权表 104-h₂-N₂ 的学习有时会延迟。

[0544] 但是,根据上述的例示可知,节点装置 N_2 中的学习只是稍微延迟。节点装置 N_2 在接收到与之前的数据帧相同地将节点装置 N_7 作为 GD 的下一数据帧之后,通过以该接收为契机的一系列处理,能够学习合适的权重。也就是说,如果看作为多个数据帧依次流通的网络 1 整体的动作,则即使存在由于用于向 OLS 回溯的数据帧的发送失败而导致局部的权重学习延迟的节点装置,学习的延迟也能够迅速地挽回。

[0545] 这里,返回图 23 的流程图的说明。步骤 S839 在向 OLS 的数据帧的发送成功时被执行。

[0546] 在步骤 S839 中,数据帧处理部 110 在加权表 104 中,使与在步骤 S830 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变小。换言之,数据帧处理部 110 在与接收到的数据帧的 GD 对应的加权表 104-i 中,对与发送的数据帧的 LD(即步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS)对应的权重进行更新。

[0547] 步骤 S839 的详细与步骤 S827 同样,因此省略详细说明,但数据帧处理部 110 也可以使用例如式 (6) 来更新权重。数据帧处理部 110 还在加权表 104-i 的、更新了权重的项中,对最终更新时刻设定当前时刻。并且,数据帧接收处理结束。

[0548] 接着,参照图 24 来详细说明图 21 的步骤 S812a 的加权表调整处理。另外,图 24 的加权表调整处理也在后述的图 27 的步骤 S1108a 中被调用。在图 24 的说明中,“选中的加权表 104-i”是指,在图 21 的步骤 S811 的检索或者图 27 的步骤 S1107 的检索中选中的表。

[0549] 在步骤 S851 中,数据帧处理部 110 关注邻接节点管理表 103(参照图 9) 的第 1 个项。另外,在以下的图 24 的说明中,将数据帧处理部 110 所关注的邻接节点管理表 103 的项称为“关注项”。

[0550] 接着,在步骤 S852 中,数据帧处理部 110 判断在选中的加权表 104-i 中是否存在包含关注项的节点 ID 的值作为 LD 的项。如果在选中的加权表 104-i 中存在包含关注项的节点 ID 的值作为 LD 的项,则处理进入步骤 S855。反之,如果在选中的加权表 104-i 中不存在包含关注项的节点 ID 的值作为 LD 的项,则处理进入步骤 S853。

[0551] 在步骤 S853 中,数据帧处理部 110 对选中的加权表 104-i 追加新项。

[0552] 接着在步骤 S854 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S853 中向加权表 104-i 追加的新项设定值。也就是说,数据帧处理部 110 在新项中,将邻接节点管理表 103 的关注项的节点 ID 的值设定于 LD 字段,将初始加权值设定于权重字段,将当前时刻设定于最终更新时刻字段。

[0553] 另外,步骤 S854 中的初始加权值与图 15 的步骤 S308 中的初始加权值不同。具体而言,步骤 S854 中的初始加权值在选中的加权表 104-i 的权重字段中是小于 1 的权重中的最大值。

[0554] 例如,如果选中的加权表 104-i 的权重字段中存在 4 个项,各自的权重字段的值是 0.4、0.7、1 和 0.5,则步骤 S854 中的初始加权值是 0.7。另外,在选中的加权表 104-i 的权重字段的值的全部项为 1 的情况下,步骤 S854 中的初始加权值是小于 1 的任意值,例如可以与图 15 的步骤 S308 中的初始加权值同样地为 0.5。

[0555] 通过在步骤 S854 中使用以上那样的初始加权值,反映于加权表 104-i 的已有项的学习结果被优先考虑。其结果,路径不会超过需要限度地变动,换言之,路径稳定。

[0556] 例如,在 4 个项的权重字段的值分别是 0.4、0.7、1 和 0.5 的上述的例子中,在步骤 S854 中作为初始加权值与图 15 的步骤 S308 同样地使用 0.5。由此,权重什么也没有学习到的邻接节点装置(即在步骤 S853 中被追加的新项中作为 LD 记录有节点 ID 的邻接节点装置)与权重为 0.7 的邻接节点装置相比被优先选择为 LD。也就是说,作为到目前为止的学习的积累的权重 0.7 被忽略。

[0557] 于是,在该实施方式中,防止了权重什么也没有学习到的邻接节点装置与权重为学习完毕的邻接节点装置相比被优先选择为 LD 的情况,为了优先考虑到目前为止的学习结果,利用如上述那样定义的初始加权值。

[0558] 在步骤 S855 中,数据帧处理部 110 判断邻接节点管理表 103 中是否存在还未被关注的项。如果数据帧处理部 110 已经关注了邻接节点管理表 103 的所有项,则图 24 的处理结束。另一方面,如果邻接节点管理表 103 中存在还未被数据帧处理部 110 关注的项,则处理进入步骤 S856。

[0559] 并且,在步骤 S856 中,数据帧处理部 110 在邻接节点管理表 103 还未关注的项中关注下一项。并且处理返回步骤 S852。

[0560] 另外,图 24 的处理的意如下所述。

[0561] 作为加权表 104-i 中的每个项的时效处理的副作用,在将要进行图 24 的处理之前,存在发生如下那样的状况的可能性。即,具有登记在邻接节点管理表 103 中的某邻接节点装置的节点 ID 作为 LD 的项有可能不存在于加权表 104-i 中。

[0562] 这里,节点装置 100 的邻接节点装置是发送数据帧时数据帧处理部 110 所选择的 LD 的潜在的候补。因此,为了节点装置 100 的合适动作,优选在选中的加权表 104-i 的 LD 字段中包括全邻接节点装置。

[0563] 根据以上的图 24 的加权表调整处理,作为时效处理的副作用有可能产生的上述那样的状况被解决。也就是说,登记于邻接节点管理表 103 中的所有节点 ID 在选中的加权表 104-i 中被登记为 LD 的情况被确保。

[0564] 以上,参照图 20 ~ 24,对图 14 的步骤 S205 中的数据帧接收处理进行了详细说明。接着,参照图 25 和图 26 对与数据帧接收处理的步骤 S826 和 S837 中的发送成功与否的通知相关的处理进行说明。

[0565] 图 25 是图 14 的步骤 S206 中的 ACK 帧接收处理的流程图。在从帧分支处理部 106 向 ACK 处理部 107 输出 ACK 帧时开始图 25 的处理。

[0566] 在步骤 S901 中,ACK 处理部 107 判断从帧分支处理部 106 接收的 ACK 帧的 LD 的值与自身节点 ID 是否相等。如果 ACK 帧的 LD 的值与自身节点 ID 相等,则处理进入步骤 S902,如果 ACK 帧的 LD 的值与自身节点 ID 不同,则图 25 的处理结束。ACK 处理部 107 也能够参照例如闪存 205 等中预先保存的自身节点 ID。

[0567] 例如,若如在图 30 中如步骤 S105a 所示那样,节点装置 N_5 在图 6 的步骤 S105 中发送针对由节点装置 N_4 发送的数据帧的 ACK 帧,则无关的节点装置 N_3 也接收 ACK 帧。其原因在于,节点装置 N_3 与节点装置 N_5 邻接。

[0568] 但是,作为步骤 S901 的判断的结果,节点装置 N_3 的 ACK 处理部 107- N_3 由于立即结束图 25 的处理,所以节点装置 N_3 不会受到与节点装置 N_3 无关的 ACK 帧的副作用。

[0569] 在步骤 S902 中,ACK 处理部 107 根据 ACK 帧的 GS 和 FID 的值来确定与 ACK 帧对

应的发送完毕的数据帧。

[0570] 例如,针对在图 6 的步骤 S102 中由节点装置 N_2 向节点装置 N_3 发送的图 7 的数据帧 303,节点装置 N_3 将图 7 的 ACK 帧 322 向节点装置 N_2 返送。这里,如下述那样详细说明节点装置 N_2 的 ACK 处理部 107- N_2 以 ACK 帧 322 的接收为契机来进行图 25 的处理的情况。

[0571] ACK 处理部 107- N_2 在步骤 S902 中,取出 ACK 帧 322 的 GS 和 FID 的值(即 N_1 和 F_a)。另外,缓冲部 109- N_2 是与图 8 同样的形式,因此在缓冲部 109- N_2 中,保存有从节点装置 N_2 发送完毕的数据帧 303。因此,ACK 处理部 107- N_2 将取出的 GS 和 FID 的值(即 N_1 和 F_a) 用作关键字来检索缓冲部 109- N_2 的项,并确定包含数据帧 303 的项。

[0572] 接着,在步骤 S903 中,ACK 处理部 107 成为能够将在步骤 S902 中确定的发送完毕的数据帧从缓冲部 109 删除的状态。也就是说,ACK 处理部 107 成为能够将在步骤 S902 的检索中检索到的项从缓冲部 109 删除的状态。然后,在经过了规定时间的时点,从缓冲部 109 删除与 ACK 帧对应的数据帧。

[0573] 另外,在步骤 S904 中,ACK 处理部 107 针对在步骤 S902 中确定的发送完毕的数据帧,向数据帧处理部 110 通知“发送成功”。并且,图 25 的处理结束。

[0574] 例如,数据帧处理部 110 可以由图 4 的 MPU201 执行程序来实现。此时,使 MPU201 作为数据帧处理部 110 发挥功能的线程可以在数据帧的发送后到接收到 ACK 帧为止休眠。步骤 S904 中的“发送成功”的通知是唤醒休眠中的线程的处理。

[0575] 另外,步骤 S904 的通知伴随着在步骤 S902 中确定的数据帧的 GS 和 FID 的值的通知。例如在上述的例子中,ACK 处理部 107- N_2 也将用于识别数据帧 303 的 GS 和 FID 的值(即 N_1 和 F_a) 通知给数据帧处理部 110。

[0576] 图 26 是表示在到超时时刻为止之前没有接收到 ACK 帧时的处理的流程图。图 26 的处理例如以图 4 的定时器 IC203 以规定的间隔产生的中断信号为契机被定期执行。

[0577] 在步骤 S1001 中,ACK 处理部 107 关注缓冲部 109(参照图 8) 的第 1 个项。以下在关于图 26 的说明中,将 ACK 处理部 107 所关注的缓冲部 109 的项称为“关注项”。

[0578] 接着在步骤 S1002 中,ACK 处理部 107 对当前时刻和关注项的超时时刻字段的值进行比较。并且,如果当前时刻在超时时刻之后,则处理进入步骤 S1003。另一方面,如果当前时刻还未达到超时时刻,则处理进入步骤 S1005。

[0579] 在步骤 S1003 中,ACK 处理部 107 针对缓冲部 109 的关注项中保存的数据帧,将“发送失败”向数据帧处理部 110 通知。步骤 S1003 的通知与图 25 的步骤 S904 的通知同样,具体而言,例如可以是唤醒休眠中的线程的处理。

[0580] 另外,与步骤 S904 的通知同样,步骤 S1003 的通知也伴随着数据帧的 GS 和 FID 的值的通知。具体而言,ACK 处理部 107 读取关注项中保存的数据帧的 GS 和 FID 的值,利用读取到的 GS 和 FID 的值确定数据帧,并将确定的数据帧的“发送失败”向数据帧处理部 110 通知。

[0581] 另外,在发送失败的情况下,数据帧处理部 110 有时将到目前为止没有尝试为 LD 的邻接节点装置选择为新的 LD 来尝试数据帧的再送。因此,在步骤 S1003 的时点,关注项没有被从缓冲部 109 删除。

[0582] 接着在步骤 S1004 中,ACK 处理部 107 对关注项的超时时刻设定式 (5) 的时刻 T_{timeout} 。并且,处理进入步骤 S1005。

[0583] 在步骤 S1005 中,ACK 处理部 107 判断缓冲部 109 中是否存在还未被关注的项。如果 ACK 处理部 107 已经关注了缓冲部 109 的所有项,则图 26 的处理结束。另一方面,如果缓冲部 109 中存在还未被 ACK 处理部 107 关注的项,则处理进入步骤 S1006。

[0584] 在步骤 S1006 中,ACK 处理部 107 在缓冲部 109 中关注还未被关注的下一项。并且处理返回步骤 S1002。

[0585] 另外,参照图 20 ~ 图 23 说明过的数据帧接收处理如上述那样,是节点装置 100 是不作为 GS 的类型的节点装置的情况的例子。以下参照图 27 ~ 图 29,对能够作为 GS 的类型的节点装置所特有的处理进行说明。

[0586] 图 27 和图 28 是节点装置 100 作为 GS 发送数据帧时的发送处理的流程图。图 27 的处理以从上位层处理部 111 向数据帧处理部 110 的要求为契机而开始。

[0587] 在步骤 S1101 中,作为上位层处理部 111 中的上位层的协议处理的结果,数据帧处理部 110 从上位层处理部 111 取得数据帧的 GD 的值和净荷。

[0588] 例如,“上位层的协议”可以是以以太网协议。此时,上位层处理部 111 将以以太网帧作为该实施方式中定义的数据帧的净荷向数据帧处理部 110 输出。另外,上位层处理部 111 将对该实施方式中的数据帧的 GD 设定的值向数据帧处理部 110 通知。

[0589] 并且,数据帧处理部 110 创建包含从上位层处理部 111 取得的净荷的新的数据帧,对创建的数据帧的 GD 设定从上位层处理部 111 取得的值。例如,在图 6 的例子中,节点装置 N_1 的数据帧处理部 110- N_1 从上位层处理部 111- N_1 取得 N_7 作为 GD 的值,对数据帧的 GD 设定 N_7 。

[0590] 接着,在步骤 S1102 中,数据帧处理部 110 求出在步骤 S1101 中取得的净荷的长度,并将其设定在创建的数据帧的长度字段中。例如,在图 6 的例子中,如图 7 的数据帧 302 和 303 所例示的那样,由于净荷的长度是 P_a ,所以节点装置 N_1 的数据帧处理部 110- N_1 对创建的数据帧的长度字段设定 P_a 。

[0591] 并且,在步骤 S1103 中,数据帧处理部 110 对创建的数据帧的 GS 和 LS 设定自身节点 ID。例如,在图 6 的例子中,节点装置 N_1 的数据帧处理部 110- N_1 对创建的数据帧的 GS 和 LS 分别设定 N_1 。

[0592] 并且,在步骤 S1104 中,数据帧处理部 110 要求 FID 创建部 113 创建新的 FID。由此,FID 创建部 113 创建新的 FID 并向数据帧处理部 110 输出,因此数据帧处理部 110 将创建的 FID 设定于创建的数据帧的 FID 字段。

[0593] 并且,在步骤 S1105 中,数据帧处理部 110 将表示“数据帧”的规定值 D(参照图 7)设定于创建的数据帧的类型字段。另外,以上的步骤 S1102 ~ S1105 的执行顺序不同。

[0594] 若通过如上的处理创建了发送的数据帧,则在步骤 S1106 中,数据帧处理部 110 将创建的数据帧保存于缓冲部 109。即,数据帧处理部 110 在缓冲部 109 内确保新的项的区域,在确保的区域中保存创建的数据帧。另外,如图 8 所示,虽然在缓冲部 109 中存在超时刻字段,但是在该时间点没有设定超时刻。

[0595] 接着在步骤 S1107 中,数据帧处理部 110 在步骤 S1101 中,利用由上位层处理部 111 指定的 GD 的值来检索加权表 104。

[0596] 并且在步骤 S1108 中,作为步骤 S1107 的检索的结果,数据帧处理部 110 判断与指定的 GD 的值对应的加权表是否选中。在与指定的 GD 的值对应的加权表选中的情况下,处理

进入步骤 S1108a,在与指定的GD 的值对应的加权表不存在的情况下,处理进入步骤 S1009。

[0597] 在步骤 S1108a 中,数据帧处理部 110 进行图 24 的加权表调整处理,对时效处理的副作用进行中和。并且,处理进入步骤 S1110。

[0598] 在步骤 S1109 中,数据帧处理部 110 将与在步骤 S1101 中指定的GD 的值对应的新加权表追加到加权表 104 中。具体而言,数据帧处理部 110 在步骤 S1109 中进行与图 21 的步骤 S813 ~ S816 类似的处理。

[0599] 即,数据帧处理部 110 在步骤 S1109 中,追加与由上位层处理部 111 指定的GD 的值对应的新加权表,在新加权表中,将由上位层处理部 111 指定的GD 的值设定为GD。并且,数据帧处理部 110 在新加权表内创建与邻接节点管理表 103 数量相同的新项。并且,数据帧处理部 110 对创建的各项分别设定邻接节点管理表 103 的各项的节点 ID、初始加权值和当前时刻。

[0600] 另外,以下为了便于说明,用“104-i”这样的参照符号来参照与在步骤 S1101 中指定的GD 的值对应的加权表。即,加权表 104-i 是在步骤 S1107 的检索中选中的表或者在步骤 S1109 中追加的表。

[0601] 通过以上的处理,在步骤 S1108 中判断为加权表 104-i 选中之后,或者在步骤 S1109 中加权表 104-i 被创建之后,处理进入步骤 S1110。

[0602] 并且,在步骤 S1110 中,数据帧处理部 110 在与由上位层处理部 111 指定的GD 的值对应的加权表 104-i 中,取得与最小的权重对应的LD 的值。另外,如图 11 所例示的那样,也可能存在在加权表 104-i 中多个项具有相同的最小的权重的情况。此时,在步骤 S1110 中,数据帧处理部 110 在与最小的权重对应的多个LD 的值中选择并取得任意的 1 个。另外,在由上位层处理部 111 指定了 OLS 的节点 ID 的情况下,取得除了该 OLS 的节点 ID 之外的LD 的值。数据帧处理部 110 将取得的LD 的值和对应的权重的值存储于例如图 4 的 DRAM204 等存储区域中。

[0603] 接着,处理进入图 28 的步骤 S1111,在步骤 S1111 中,数据帧处理部 110 判断下述 2 个条件 (L1) 至 (L3) 的任意一个是否成立。

[0604] (L1) 与在步骤 S1110 中取得的LD 的值对应的权重是权重的最大值(该实施方式中具体而言是 1.0)。

[0605] (L2) 针对登记于加权表 104-i 的所有LD 的发送均失败。

[0606] (L3) 在具有由上层处理部 111 指定的 OLS 的情况下,针对登记于加权表 104-i 中的、除了该指定的 OLS 之外的所有LD 的发送均失败。

[0607] 在条件 (L1) 至 (L3) 的任意一个成立的情况下,由于已经不存在能够选择为LD 的邻接节点装置,所以处理进入步骤 S1112。

[0608] 另一方面,在条件 (L1) 至 (L3) 都不成立的情况下,还存在能够选择为LD 的邻接节点装置。换言之,对针对数据帧接收处理的步骤 S818 说明的 (G1) ~ (G3) 都不符合的邻接节点装置至少存在 1 个。并且,能够选择为LD 的邻接节点装置的节点 ID 在步骤 S1110(或者后述的步骤 S1125) 中被取得。于是,若在步骤 S1111 中判断为条件 (L1) 和 (L2) 都不成立,则处理进入步骤 S1114。

[0609] 在条件 (L1) 或者 (L2) 成立的情况下,在步骤 S1112 中,数据帧处理部 110 废弃数据帧。也就是说,数据帧处理部 110 将在步骤 S1106 中新创建并保存有数据帧的项从缓冲

部 109 删除。

[0610] 并且,接着在步骤 S1113 中,数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 通知“发送失败”。也就是说,数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 通知无论对哪个邻接节点装置,数据帧都无法被成功发送。并且图 27 ~图 28 的处理结束。

[0611] 另一方面,在步骤 S1111 中,若判断为条件 (L1) 和 (L2) 都不成立,则尝试数据帧向由取得完毕的 LD 的值识别的邻接节点装置转送的处理在步骤 S1114 ~ S1125 中被执行。

[0612] 在步骤 S1114 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S1106 中保存于缓冲部 109 的数据帧的 LD 设定在步骤 S1110 或者后述的步骤 S1125 中取得的 LD 的值。并且,数据帧处理部 110 请求发送部 102 发送设定了 LD 的值的的数据帧。由此,发送部 102 发送数据帧。

[0613] 接着在步骤 S1115 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S1106 中保存了数据帧的缓冲部 109 内的项的超时时刻设定式 (5) 的时刻 T_{timeout} 。

[0614] 并且,在步骤 S1116 中,数据帧处理部 110 使用自身节点 ID 和在步骤 S1104 中由 FID 创建部 113 创建的 FID 来检索 FID 管理表 105。

[0615] 接着在步骤 S1117 中,数据帧处理部 110 判断在步骤 S1116 的 FID 管理表 105 的检索中项是否选中。另外,在步骤 S1117 被第 1 次执行时判断为“项未被选中”,在步骤 S1117 在第 2 次以后被执行时判断为“项选中”。

[0616] 如果在步骤 S1116 的检索中项选中,则处理进入步骤 S1118。另一方面,如果在步骤 S1116 的检索中项未被选中,则处理进入步骤 S1119。

[0617] 在步骤 S1118 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S1116 的检索中选中的项进行更新。具体而言,数据帧处理部 110 在步骤 S1116 的检索中选中的项中,对 LD 字段设定在步骤 S1114 中发送的数据帧的 LD 的值,对最终更新时刻字段设定当前时刻。并且,处理进入步骤 S1121。

[0618] 另外,在步骤 S1119 中,数据帧处理部 110 对 FID 管理表 105 追加新项。

[0619] 并且,在下一步骤 S1120 中,数据帧处理部 110 对新项设定值。具体而言,数据帧处理部 110 在新项中,对 FID、GS 和 LD 的各字段分别复制在步骤 S1114 中发送的数据帧的值。另外,数据帧处理部 110 在新项中,对最终更新时刻字段设定当前时刻,对于 OLS 字段,在由上位层处理部 111 指定了 OLS 的节点 ID 的情况下设定指定的节点 ID,在没有由上位层处理部 111 指定了 OLS 的节点 ID 的情况下复制自身节点 ID。

[0620] 例如,图 12 所示的节点装置 N_1 的 FID 管理表 105- N_1 的项 E1 是节点装置 N_1 的数据帧处理部 110- N_1 通过以上的处理创建的项。

[0621] 在步骤 S1121 中,数据帧处理部 110 等待步骤 S1114 中的发送成功与否的通知。步骤 S1121 的详细内容与图 22 的步骤 S825 相同。数据帧处理部 110 在步骤 S1121 中的待机后,若从 ACK 处理部 107 接收到“发送成功”或者“发送失败”的通知,则处理进入步骤 S1122。

[0622] 在步骤 S1122 中,数据帧处理部 110 基于从 ACK 处理部 107 接收到的通知,判断步骤 S1114 的发送是否成功。在发送成功时,处理进入步骤 S1123,在发送失败时,处理进入步骤 S1124。

[0623] 在发送成功时,在步骤 S1123 中,数据帧处理部 110 在加权表 104 中,使与在步骤 S1114 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变小。

[0624] 也就是说,数据帧处理部 110 在与由上位层处理部 111 指定的 GD 的值对应的加权表 104-i 中,例如使用式 (6) 对与发送的数据帧的 LD 对应的权重进行更新。数据帧处理部 110 还在加权表 104-i 的更新了权重的项中,对最终更新时刻设定当前时刻。并且,图 27 ~ 图 28 的处理结束。

[0625] 反之,在发送失败时,在步骤 S1124 中,数据帧处理部 110 在加权表 104 中,使与在步骤 S1114 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变大。

[0626] 也就是说,数据帧处理部 110 在与由上位层处理部 111 指定的 GD 的值对应的加权表 104-i 中,例如使用式 (7) 来更新与发送的数据帧的 LD 对应的权重。

[0627] 另外,数据帧处理部 110 在步骤 S1124 中,还将发送的数据帧的 LD 的值在例如图 4 的 DRAM204 等工作区域中存储为“发送失败的 LD”。与图 22 的步骤 S828 同样,为了存储“发送失败的 LD”,可以使用线性列表或数组等数据构造。

[0628] 另外,数据帧处理部 110 在步骤 S1124 中,还在加权表 104-i 的更新了权重的项中,对最终更新时刻设定当前时刻。并且,处理进入步骤 S1125。

[0629] 在步骤 S1125 中,数据帧处理部 110 寻找到目前为止还未被尝试为 LD 的其他的能够选择的邻接节点装置。具体而言,数据帧处理部 110 在与由上位层处理部 111 指定的 GD 的值对应的加权表 104-i 中,在发送失败的 LD 以外的 LD 中,取得与最小的权重对应的 LD 的值。这里,发送失败的 LD 在步骤 S1124 中,例如以线性列表或数组的形式存储于例如图 4 的 DRAM204 等工作区域中。

[0630] 也就是说,数据帧处理部 110 在加权表 104-i 中,在过去在步骤 S1110 或者 S1125 中未被取得的 LD 的值中,取得与最小的权重对应的值。数据帧处理部 110 将取得的 LD 的值和对应的权重的值存储于例如图 4 的 DRAM204 等存储区域中。并且,处理返回步骤 S1111。

[0631] 图 29 是能够作为 GS 的节点装置 100 作为数据帧接收处理的一部分代替进行图 23 的处理的处理的流程图。

[0632] 在节点装置 100 是能够作为 GS 的类型的装置的情况下,数据帧接收处理中的步骤 S801 ~ S829 与节点装置 100 是中继节点装置的情况同样,如图 20 ~ 图 22 所示那样。但是,在节点装置 100 是也能够作为 GS 的类型的装置的情况下,若在图 22 的步骤 S818 中数据帧处理部 110 判断为“条件 (F1) 和 (F2) 的任意一个成立”,则处理进入图 29 的步骤 S830a。

[0633] 在步骤 S830a 中,数据帧处理部 110 判断接收到的数据帧的 GS 的值是否是自身节点 ID。如果接收到的数据帧的 GS 的值与自身节点 ID 不同,则处理进入步骤 S830b,如果接收到的数据帧的 GS 的值是自身节点 ID,则处理进入步骤 S830c。

[0634] 在步骤 S830b 中,数据帧处理部 110 如下述那样创建新的数据帧并输出至发送部 102,发送部 102 发送创建的数据帧。

[0635] 具体而言,数据帧处理部 110 将在步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS 的值指定为新的数据帧的 LD,将自身节点 ID 指定为新的数据帧的 LS。另外,数据帧处理部 110 从接收到的数据帧将 GD、GS、FID、类型、长度的各字段的值、和净荷复制到新的数据帧中。在数据帧的发送后,处理进入步骤 S831a。

[0636] 另外,在步骤 S830c 中,数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 通知“发送失败”。在通知过程中,数据帧处理部 110 可以从例如接收到的数据帧中取出上层处理部 111 的处理所需要的、包含净荷或者净荷的一部分的部分数据,并向上位层处理部 111 输出。由此,

上位层处理部 111 能够基于从数据帧处理部 110 接收的数据的内容来识别哪个数据的发送失败。在发送失败的通知后,处理进入步骤 S838a。

[0637] 在步骤 S831a 中,数据帧处理部 110 将接收到的数据帧的 FID 和 GS 的值用作关键字来检索 FID 管理表 105。另外,以下的步骤 S831a ~ S839a 分别使与图 23 的步骤 S831 ~ S839 类似的步骤。

[0638] 在下一步骤 S832a 中,作为步骤 S831a 的检索的结果,数据帧处理部 110 判断项是否选中。如果项选中,则处理进入步骤 S833a,如果项未被选中,则处理进入步骤 S834a。

[0639] 另外,当在步骤 S807 中判断为“项选中”时,作为步骤 S831a 的检索的结果而找到的项是作为步骤 S806 的检索的结果而找到的项。另外,当在步骤 S807 中判定为“项未选中”且在步骤 S823 中创建了新项时,作为步骤 S831a 的检索的结果,在步骤 S823 中创建的新项被找到。

[0640] 在步骤 S832a 中被判断为“项未选中”的情况是 (M1) 且 (M2) 的情况。

[0641] (M1) 在步骤 S807 中判断为“项未选中”。

[0642] (M2) 在步骤 S818 刚被第 1 次执行后,处理进入步骤 S830a。

[0643] 在步骤 S833a 中,数据帧处理部 110 对作为步骤 S831a 的检索结果而选中的项进行更新。具体而言,数据帧处理部 110 在选中的项中,对 LD 复制选中的项自身的 OLS 的值,对最终更新时刻设定当前时刻。并且处理进入步骤 S836a。

[0644] 另一方面,在步骤 S834a 中,数据帧处理部 110 对 FID 管理表 105 追加新项。

[0645] 并且,在下一步骤 S835a 中,数据帧处理部 110 对在步骤 S834a 中追加的新项设定值。具体而言,数据帧处理部 110 在新项中,对 FID 和 GS 分别复制接收到的数据帧的值,对最终更新时刻设定当前时刻,对 OLS 和 LD 复制接收到的数据帧的 LS 的值。并且处理进入步骤 S836a。

[0646] 在步骤 S836a 中,数据帧处理部 110 等待与在步骤 S830b 中发送的数据帧有关的发送成功与否的通知。并且,如果数据帧处理部 110 从 ACK 处理部 107 接收到“发送成功”或者“发送失败”的通知,则处理进入步骤 S837a。

[0647] 在步骤 S837a 中,数据帧处理部 110 判断步骤 S830b 中的数据帧的发送是否成功。在发送失败时,处理进入步骤 S838a,在发送成功时,处理进入步骤 S839a。

[0648] 步骤 S838a 被执行的情况是 (N1) 或者 (N2) 的情况。

[0649] (N1) 节点装置 100 自身作为 GS 发送的数据帧因回溯而返回节点装置 100 并被接收,并且节点装置 100 的所有邻接节点装置都是 (N1-1) 或者 (N1-2)。

[0650] (N1-1) 与最大值的权重对应。

[0651] (N1-2) 在指定为 LD 来发送数据帧时,发送失败。

[0652] (N2) 接收到的数据帧的 GS 是节点装置 100 以外的其他节点装置,并且,OLS 以外的所有邻接节点装置是 (N2-1) 或者 (N2-2),并且,向 OLS 的数据帧的发送失败。

[0653] (N2-1) 与最大值的权重对应。

[0654] (N2-2) 在指定为 LD 来发送数据帧时,发送失败。

[0655] 此时,数据帧处理部 110 在步骤 S838a 中废弃接收到的数据帧。即,数据帧处理部 110 将在步骤 S801 中找到的项从缓冲部 109 删除。并且,数据帧接收处理结束。

[0656] 另一方面,在针对不是节点装置 100 的其他的节点装置是 GS 的数据帧,从节点装

置 100 向节点装置 100 的 OLS 的发送成功的情况下执行步骤 S839a。在步骤 S839a 中,数据帧处理部 110 在加权表 104 中,使与在步骤 S830b 中发送的数据帧的 GD 和 LD 的组对应的权重变小。换言之,数据帧处理部 110 在与接收到的数据帧的 GD 对应的加权表 104-i 中,对与发送的数据帧的 LD(即步骤 S808 或者 S810 中存储的 OLS)对应的权重进行更新。

[0657] 例如,与步骤 S829、S839 同样,数据帧处理部 110 可以使用式 (6) 来更新权重。数据帧处理部 110 还在加权表 104-i 的更新了权重的项中,对最终更新时刻设定当前时刻。并且,数据帧接收处理结束。

[0658] 图 30 是表示基于问候帧的收发的邻接节点的识别和图 6 的路径选择的时序图。

[0659] 在图 1 的网络 1 中,各节点装置 $N_1 \sim N_7$ 独立地分别进行图 16 的问候帧发送处理。虽然哪个节点装置先发送问候帧是任意的,但是在图 30 的例子中,首先在步骤 S1201 中,节点装置 N_2 执行图 16 的步骤 S403,并发送问候帧。由此,问候帧分别被与节点装置 N_2 邻接的节点装置 N_1 、 N_3 和 N_6 接收。并且,节点装置 N_1 、 N_3 和 N_6 分别在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_2 识别为邻接节点装置。

[0660] 另外,在图 30 的例子中,接着在步骤 S1202 中,节点装置 N_4 执行图 16 的步骤 S403,并发送问候帧。由此,问候帧分别被与节点装置 N_4 邻接的节点装置 N_3 、 N_5 和 N_7 接收。并且,节点装置 N_3 、 N_5 和 N_7 分别在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,并将节点装置 N_4 识别为邻接节点装置。

[0661] 并且,在步骤 S1203 中,节点装置 N_3 执行图 16 的步骤 S403,发送图 7 的问候帧 312。由此,问候帧 312 分别被与节点装置 N_3 邻接的节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 接收。并且,节点装置 N_2 、 N_4 和 N_5 分别在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_3 识别为邻接节点装置。

[0662] 另外,在步骤 S1204 中,节点装置 N_7 执行图 16 的步骤 S403,发送问候帧。另外,在步骤 S1204 的时间点,节点装置 N_4 和 N_7 间的链路还未产生故障。因此,问候帧分别被与节点装置 N_7 邻接的节点装置 N_4 和 N_6 接收。并且,节点装置 N_4 和 N_6 分别在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_7 识别为邻接节点装置。

[0663] 另外,在步骤 S1205 中,节点装置 N_1 执行图 16 的步骤 S403,发送问候帧。由此,问候帧被与节点装置 N_1 邻接的节点装置 N_2 接收。并且,节点装置 N_2 在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_1 识别为邻接节点装置。

[0664] 并且,在步骤 S1206 中,节点装置 N_6 执行图 16 的步骤 S403,发送问候帧。由此,问候帧分别被与节点装置 N_6 邻接的节点装置 N_2 和 N_7 接收。并且,节点装置 N_2 和 N_7 分别在图 14 的步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_6 识别为邻接节点装置。

[0665] 并且,在步骤 S1207 中,节点装置 N_5 执行图 16 的步骤 S403,发送问候帧。由此,问候帧分别被与节点装置 N_5 邻接的节点装置 N_3 和 N_4 接收。并且,节点装置 N_3 和 N_4 分别在图 14 和步骤 S203 中调用执行图 15 的问候帧接收处理,将节点装置 N_5 识别为邻接节点装置。

[0666] 通过以上的步骤 S1201 ~ S1207,图 1 和图 6 所示的网络 1 内的节点装置 $N_1 \sim N_7$ 分别识别邻接节点装置,对邻接节点管理表 103- $N_1 \sim 103-N_7$ 进行更新。另外,如图 15 所示,节点装置 $N_1 \sim N_7$ 以问候帧的接收为契机,根据情况的不同有时对加权表 104- $N_1 \sim 104-N_7$ 进行更新。

[0667] 然后,在步骤 S1208 中节点装置 N_4 和 N_7 间的链路发生故障。

[0668] 另外,与故障的发生无关,在步骤 S101 中,节点装置 N_1 将节点装置 N_2 指定为 LD 来发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧。也就是说,在步骤 S101 中,节点装置 N_1 进行图 27 ~ 28 的处理。

[0669] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_2 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_2 发送 ACK 帧的处理在图 30 中被表现为步骤 S101a。

[0670] 另一方面,节点装置 N_1 在图 28 的步骤 S1121 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_1 在接收到在步骤 S101a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S1121 的待机,执行步骤 S1122 和 S1123,并结束图 28 的处理。

[0671] 另外,如步骤 S101a 所示那样,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_2 继续进行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,指定节点装置 N_3 作为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S102。另外,在图 7 中,在步骤 S102 中发送的数据帧 303 被例示。

[0672] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_3 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_3 发送 ACK 帧的处理在图 30 中被表现为步骤 S102a。另外,在图 7 中,步骤 S102a 中发送的 ACK 帧 322 被例示。

[0673] 另一方面,节点装置 N_2 在图 22 的步骤 S825 等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_2 在接收到在步骤 S102a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0674] 另外,如步骤 S102a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_3 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,指定节点装置 N_4 作为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S103。另外,在图 7 中,在步骤 S103 中发送的数据帧 304 被例示。

[0675] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_4 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_4 发送 ACK 帧的处理在图 30 中被表现为步骤 S103a。

[0676] 另一方面,节点装置 N_3 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_3 在接收到在步骤 S103a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0677] 另外,如步骤 S103a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_4 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,指定节点装置 N_7 作为 LD 来发送数据帧。步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S104。

[0678] 但是,在步骤 S1208 中节点装置 N_4 和 N_7 间的链路发生故障,数据帧没有到达节点装置 N_7 。因此,在图 30 中,步骤 S104 的箭头在途中成为虚线。

[0679] 节点装置 N_4 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。但是,由于没有从节点装置 N_7 接收到 ACK 帧,所以节点装置 N_4 在定期执行的图 26 的处理的步骤 S1003 中,识别为数据帧向节点装置 N_7 的发送失败。

[0680] 其结果,节点装置 N_4 结束步骤 S825 的待机,依次执行步骤 S826、S828、S829、S818 的处理。并且,节点装置 N_4 接着在步骤 S819 中,将节点装置 N_5 指定为 LD 来发送数据帧。步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S105。

[0681] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_5 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处

理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_5 发送 ACK 帧的处理在图 30 中被表现为步骤 S105a。

[0682] 另一方面,节点装置 N_4 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_4 在接收到在步骤 S105a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0683] 另外,如步骤 S105a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_5 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,将节点装置 N_3 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S106。

[0684] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_3 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中节点装置 N_3 发送 ACK 帧的处理在图 30 中被表现为步骤 S106a。

[0685] 另一方面,节点装置 N_5 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_5 在接收到在步骤 S106a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0686] 另外,如步骤 S106a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_3 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,将节点装置 N_5 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S107。

[0687] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_5 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_5 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S107a。

[0688] 另一方面,节点装置 N_3 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_3 在接收到在步骤 S107a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0689] 另外,如步骤 S107a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_5 继续执行步骤 S804 之后的处理。具体而言,处理从图 22 的步骤 S818 进入图 23 的步骤 S830,节点装置 N_5 在步骤 S830 中,将作为 OLS 的节点装置 N_4 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S830 中的发送相当于图 30 的步骤 S108。

[0690] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_4 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_4 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S108a。

[0691] 另一方面,节点装置 N_5 在图 23 的步骤 S836 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_5 在接收到在步骤 S108a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S836 的待机,执行步骤 S837 和 S839,并结束图 23 的处理。

[0692] 另外,如步骤 S108a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_4 继续执行步骤 S804 之后的处理。具体而言,处理从图 22 的步骤 S818 进入图 23 的步骤 S830,节点装置 N_4 在步骤 S830 中,将作为 OLS 的节点装置 N_3 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S830 中的发送相当于图 30 的步骤 S109。

[0693] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_3 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中节点装置 N_3 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S109a。

[0694] 另一方面,节点装置 N_4 在图 23 的步骤 S836 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_4 在接收到在步骤 S109a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S836 的待机,执行步骤 S837 和 S839,并结束图 23 的处理。

[0695] 另外,如步骤 S109a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_3 继续

执行步骤 S804 之后的处理。具体而言,处理从图 22 的步骤 S818 进入图 23 的步骤 S830,节点装置 N_3 在步骤 S830 中,将作为 OLS 的节点装置 N_2 指定为 LD 来发送数据帧。步骤 S830 中的发送相当于图 30 的步骤 S110。

[0696] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_2 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中,节点装置 N_2 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S110a。

[0697] 另一方面,节点装置 N_3 在图 23 的步骤 S836 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_3 在接收到在步骤 S110a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S836 的待机,执行步骤 S837 和 S839,并结束图 23 的处理。

[0698] 另外,如步骤 S110a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_2 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,将节点装置 N_6 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S111。

[0699] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_6 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中节点装置 N_6 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S111a。

[0700] 另一方面,节点装置 N_2 在图 22 的步骤 S825 中等待 ACK 帧的接收。并且,节点装置 N_2 在接收到在步骤 S111a 中发送的 ACK 帧时,从图 14 的步骤 S206 调用执行图 25 的处理,其结果,结束步骤 S825 的待机,执行步骤 S826 和 S827,并结束图 22 的处理。

[0701] 另外,如步骤 S111a 所示,在图 20 的步骤 S803 中发送了 ACK 帧的节点装置 N_6 继续执行步骤 S804 之后的处理,在图 22 的步骤 S819 中,将节点装置 N_7 指定为 LD 来发送数据帧。在步骤 S819 中的发送相当于图 30 的步骤 S112。

[0702] 由此,接收到数据帧的节点装置 N_7 从图 14 的步骤 S205 调用执行图 20 ~ 23 的处理。在图 20 的步骤 S803 中节点装置 N_7 发送 ACK 帧的处理在图 30 中表现为步骤 S112a。

[0703] 通过以上说明的一系列处理,对于网络 1 整体,即使在步骤 S1208 中发生故障,作为节点装置 $N_1 \sim N_7$ 的自主分散协调的结果,动态路径 $\langle N_1, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 也被选择,学习被进行。即,通过以上一系列的处理,在节点装置 $N_1 \sim N_6$ 中,加权表 $104-N_1 \sim 104-N_6$ 被更新。

[0704] 因此,在执行了步骤 S112a 之后,作为学习结果,将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧从最初开始就高效地被转送,代替了如图 6 那样在网络 1 内中一边试行错误地回溯一边被转送的处理。以下列举一些具体例。

[0705] (P1) 若节点装置 N_1 作为 GS 向邻接的节点装置 N_2 发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧,则节点装置 N_2 基于学习到的加权表 $104-N_2$,从最初就选择节点装置 N_6 作为 LD。并且,数据帧从节点装置 N_6 发送至作为 GD 的节点装置 N_7 。

[0706] (P2) 同样,在节点装置 N_2 作为 GS 发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧时,节点装置 N_2 也基于学习到的加权表 $104-N_2$,从最初就选择节点装置 N_6 作为 LD。并且,数据帧从节点装置 N_6 发送至作为 GD 的节点装置 N_7 。

[0707] (P3) 在节点装置 N_5 作为 GS 发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧时,节点装置 N_5 基于学习到的加权表 $104-N_5$,最初将节点装置 N_4 选择为 LD,而不是发生了回溯的节点装置 N_3 。以下同样,节点装置 N_4 将节点装置 N_3 选择为 LD,节点装置 N_3 将节点装置 N_2 选择为 LD,节点装置 N_2 将节点装置 N_6 选择为 LD,节点装置 N_6 将节点装置 N_7 选择为 LD。

[0708] (P4) 在节点装置 N_3 作为 GS 发送将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧时,节点装置 N_3 基于学习到的加权表 $104-N_3$,将节点装置 N_2 选择为 LD。因此,数据帧从最初开始高效地

沿着路径 $\langle N_3, N_2, N_6, N_7 \rangle$ 被转送。

[0709] 根据以上那样的实施方式,若如图 6 那样利用回溯在网络 1 内试行错误且动态地选择路径,则在回溯的过程中经由的各节点装置中,以加权表 104 的权重这样的形式来学习合适的路径。因此,在今后发送同样地将节点装置 N_7 指定为 GD 的数据帧的情况下,如上述 (P1) ~ (P4) 的例子那样,按照学习的结果来有效地进行路径选择。

[0710] < 绕行路径的调查 >

[0711] 在上述构成的网络(自组织网络)中,各节点装置自主地搜索路径。这里,实施方式的节点装置使用图 10 所示的加权表 104,按 GD(最终发送目的地)来管理 1 个或者多个候补路径。并且,节点装置在接收到要向 GD 转送的帧时,利用第 1 候补的路径来转送该帧。此时,如果第 1 候补的路径不通,则节点装置利用第 2 候补、第 3 候补、... 来进行转送处理。因此,实现了较高的数据到达率。

[0712] 然而,在无线通信中,有时由于噪声或衰减等的影响,品质暂时劣化,链路被切断。另外,若在通信路径上新建设建筑物等,则有时也会发生链路被永久遮断的情况。因此,为了对网络整体进行管理,网络管理装置定期地从全部节点收集路径信息,基于各节点的位置和路径信息来创建拓扑图。并且,网络管理装置利用拓扑图来执行 ping 指令或者 traceroute 指令等,由此对针对所希望的节点的路径进行调查。

[0713] 但是,ping 指令和 traceroute 指令基本上进行各节点装置分别选择了第 1 候补的路径时的路径调查。即,在利用上述指令的流程中,难以进行考虑了绕行路径的路径调查。

[0714] 图 31 是利用网络构成的第 4 例来说明绕行路径的图。图 1 的网络 4 是能够使用本实施方式的自组织网络的一例,包含多个节点装置。另外,在以下根据网络拓扑的观点进行的说明中,有时也将“节点装置”简称为“节点”。网络 4 内的各节点装置被预先分配了由参照符号表示的节点 ID。在图 31 中,节点 A ~ F, X, Y, S 分别具备参照图 1 ~ 图 30 说明的节点装置的功能。其中,节点 S 是具备管理网络的功能的服务器装置或者网关装置。

[0715] 图 31(a) 表示通过由各节点收集路径信息而创建的拓扑图。在该例中,节点 S 连接着节点 F。另外,节点 F 连接着节点 D、Y 和 E。在节点 S、F 间、节点 F、D 间、节点 F、Y 间,节点 F、E 间可以设置 1 个或者多个节点。节点 Y 还连接着节点 D、E、X。节点 X 连接着节点 A、B。并且,节点 A 连接着节点 C,节点 B 也连接着节点 C。

[0716] 在上述拓扑图中,例如在节点 F 和 Y 间至少存在有 3 条路径。因此,即使节点 F 和 Y 间的 3 条路径中的 1 条发生了故障,也能够利用其他的路径来继续进行通信。相应地,在节点 Y 和 X 间,至少在拓扑图上仅存在 1 条路径。因此,若假设如图 31(b) 所示那样节点 Y 和 X 间的链路被切断,则节点 A ~ C、X 无法与其他的节点进行通信,存在隔离的可能性。

[0717] 其中,上述拓扑图例如通过收集表示各节点的第 1 候补的路径的路径信息来创建。因此,该拓扑图并不一定表示所有的路径。即,虽然在拓扑图上不存在,但是有可能如图 31(c) 所示那样在节点 D 和 X 间存在有绕行路径。此时,即使节点 Y 和 X 间的链路被切断,节点 A ~ C、X 也能够与其他的节点进行通信。

[0718] 一般要求网络管理者事先防止产生图 31(b) 所示那样的隔离节点。因此,网络管理者调查针对节点 Y 和 X 间的路径是否存在绕行路径,在这样的绕行路径不存在时,实施追加新的节点等的对策。

[0719] 于是,在实施方式涉及的绕行路径调查中,针对所希望的路径,调查绕行路径是否

存在。此时,网络管理者例如参照上述那样的拓扑图来提取有可能导致节点隔离的路径,并对该路径输入调查绕行路径的有无的意思的指示。由此,通过实施方式的绕行路径调查方法来判定绕行路径的有无。

[0720] 另外,在节点数非常多的大规模的网络中,路径信息的收集和拓扑图的创建需要较长的时间。例如,假设节点数是 1000 万个,用于从 1 个节点取得路径信息的时间为 0.1 秒。此时,为了从所有节点收集路径信息来创建拓扑图,需要大约 12 天。由此,由拓扑图表现的路径状态可能与当前的路径状态不同。尤其是在无线网络中,由于电波环境的变化等,由拓扑图表现的路径状态与当前的路径状态不同的可能性变高。这意味着针对所希望的路径来调查绕行路径是否存在的处理很重要。

[0721] 图 32 是说明在网络 4 中调查绕行路径的方法的概要的图。这里,网络管理者将用于调查绕行路径的指示输入节点装置 S。另外,针对节点 Y 和 X 间的路径(以下是路径 YX)调查绕行路径是否存在。此时,实施方式的绕行路径调查方法例如按以下的顺序实施。另外,在图 32 中,连接节点间的实线表示通过收集路径信息而检测到的路径,连接节点间的虚线(在图 32 中描绘在节点 D 和 A 间)表示根据路径信息的收集没有检测到的路径。

[0722] (1) 网络管理者参照拓扑图来提取有可能导致节点隔离的路径。以下有时将该路径称为“调查对象路径”。在图 32 所示的例子中,路径 YX 是作为调查对象路径而被提取的路径。并且,网络管理者对节点装置 S 输入在调查对象路径的两端的节点中指定距离节点装置 S 较远的节点的绕行路径调查指示。在该例中,指定节点 X 的绕行路径调查指示被输入。另外,网络管理者也可以在绕行路径调查指示中指定调查对象路径(该例中是路径 YX)来代理指定节点。此时,节点装置 S 能够基于节点 Y 和节点 X 的位置来检测距离节点装置 S 较远的节点。

[0723] (2) 节点装置 S 在被输入了绕行路径调查指示时,作为调查要求节点装置进行动作。以下将节点装置 S 称为“调查要求节点装置 S”。调查要求节点装置 S 对由绕行路径调查指示指定的节点发送要求进行绕行路径调查的帧。在该例中,对节点 X 发送要求进行绕行路径调查的帧。将该要求进行绕行路径调查的帧在之后的说明中表现为“调查要求帧”。另外,调查要求帧例如作为参照图 7 说明的数据帧的 1 个而被传输。

[0724] (3) 节点装置 X 在接收到调查要求帧时,作为调查执行节点装置进行动作。以下将节点装置 X 称为“调查执行节点装置 X”。调查执行节点装置 X 对调查要求帧的 OLS(原始发送源邻接节点)进行检测。OLS 在节点装置最初接收到某帧时,意味着发送了该帧的邻接节点。这里,在实施方式涉及的网络中,调查要求帧基本上通过由各节点装置选择第 1 候补的路径而被传输至调查执行节点装置 X。因此,在图 32 所示的例子中,调查要求帧的 OLS 是节点 Y。并且,调查执行节点装置 X 存储调查要求帧的 OLS。

[0725] (4) 调查执行节点装置 X 将在网络 4 内最初发送了调查要求帧的调查要求节点装置 S 作为最终发送目的地来发送调查帧。此时,调查执行节点装置 X 在调查执行节点装置 X 的邻接节点中对调查要求帧的 OLS 以外的邻接节点发送调查帧。在图 32 所示的例子中,调查执行节点装置 X 的邻接节点是节点 Y、A 和 B。这里,节点 Y 是调查要求帧的 OLS。因此,在这种情况下,调查执行节点装置 X 将调查要求节点装置 S 作为最终发送目的地,向节点 A 和节点 B 发送用于调查绕行路径的帧。将该用于调查绕行路径的帧在之后的说明中表现为“调查帧”。另外,调查帧例如作为参照图 7 说明的数据帧的 1 个而被传输。

[0726] (5a) 调查要求节点装置 S 在接收到调查帧时,判定为对于路径 YX 存在绕行路径。即,调查帧如上述那样,被从调查执行节点装置 X 向调查要求帧的 OLS 以外的邻接节点发送。在图 32 所示的例子中,调查帧不是从调查执行节点装置 X 向节点 Y 发送,而是向节点 A、B 发送。因此,由调查要求节点装置 S 接收的调查帧应该从调查执行节点装置 X 经由路径 YX 以外的路径而被传输并到达调查要求节点装置 S。因此,调查要求节点装置 S 在接收到调查帧时,能够判定为对于路径 YX 存在绕行路径。另外,在图 32 所示的例子中,从调查执行节点装置 X 发送的调查帧经由节点 A 和节点 D 到达调查要求节点装置 S。然后,调查要求节点装置 S 向调查执行节点装置 X 发送与调查帧对应的接收响应帧。

[0727] (5b) 调查要求节点装置 S 在从发送了调查要求帧时开始在规定时间内没有接收到调查帧时,判定为对于路径 YX 不存在绕行路径。另外,在判定为绕行路径不存在时,网络管理者能够研究用于实现绕行路径的中继节点的设置。

[0728] (6a) 调查执行节点装置 X 在从调查要求节点装置 S 接收到与调查帧对应的接收响应帧时,判定为调查帧向调查要求节点装置 S 的发送成功。即,调查执行节点装置 X 判定为与调查要求节点装置 S 之间存在绕行路径。

[0729] (6b) 调查执行节点装置 X 在没有从调查要求节点装置 S 接收到与调查帧对应的接收响应帧时,判定为调查帧向调查要求节点装置 S 的发送失败。此时,调查执行节点装置 X 判定为与调查要求节点装置 S 之间不存在绕行路径。

[0730] 这样,在实施方式的绕行路径调查方法中,调查要求节点装置 S 能够对与调查执行节点装置 X 之间的绕行路径的有无进行调查,并且调查执行节点装置 X 也能够对与调查要求节点装置 S 之间的绕行路径的有无进行调查。即,在前者的情况下,节点装置 S 将节点装置 X 作为调查对象节点装置来进行绕行路径调查。另外,在后者的情况下,节点装置 X 将节点装置 S 作为调查对象节点装置来进行绕行路径调查。其中,在实施方式的说明中,为了便于说明,将创建调查要求帧来发送的节点装置称为“调查要求节点装置”,将根据调查要求帧创建调查帧来发送的节点装置称为“调查执行节点装置”。

[0731] 上述的调查要求节点装置和调查执行节点装置的动作例如由图 3 所示的上位层处理部 111 来实现。上位层处理部 111 为了执行上述的绕行路径调查,具备要求帧发送部 111a、判定部 111b、响应帧发送部 111c、检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f。要求帧发送部 111a、判定部 111b、响应帧发送部 111c、检测部 111d、调查帧发送部 111e、判定部 111f 例如通过执行软件程序来实现。其中,要求帧发送部 111a、判定部 111b、响应帧发送部 111c、检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f 的一部分或者全部可以由硬件电路来实现。

[0732] 在节点装置作为调查要求节点装置(图 32 中为节点装置 S)进行动作时,上位层处理部 111 具备要求帧发送部 111a 和判定部 111b。要求帧发送部 111a 根据来自网络管理者的输入,将调查执行节点装置(图 32 中为节点装置 X)作为最终发送目的地,对调查执行节点装置发送要求调查帧的发送的调查要求帧。调查要求帧要求调查执行节点装置向在调查执行节点装置的邻接节点中中继了调查要求帧的发送源邻接节点以外的邻接节点发送将调查要求节点装置作为最终发送目的地的调查帧。因此,调查执行节点装置在接收到调查要求帧时,根据该要求发送调查帧。并且,判定部 111b 在接收到从调查执行节点装置发送的调查帧时,判定为与调查执行节点装置之间存在绕行路径。

[0733] 另外,在节点装置作为调查要求节点装置进行动作时,上位层处理部 111 也可以具备响应帧发送部 111c。此时,响应帧发送部 111c 在接收到调查帧时,对调查执行节点装置发送接收响应帧。

[0734] 另一方面,在节点装置作为调查执行节点装置(图 32 中为节点装置 X)进行动作时,上位层处理部 111 具备检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f。检测部 111d 在接收到从帧发送源节点装置(图 32 中为节点装置 S)发送的第 1 帧时,检测中继了该第 1 帧的发送源邻接节点。调查帧发送部 111e 将以帧发送源节点装置为最终发送目的地的第 2 帧向由检测部 111d 检测到的发送源邻接节点以外的邻接节点发送。并且,判定部 111f 在第 2 帧的发送失败时,判定为与帧发送源节点装置之间不存在绕行路径。这里,第 1 帧、第 2 帧分别相当于调查要求帧、调查帧。另外,“第 2 帧的发送失败”在该例中意味着第 2 帧没有到达帧发送源节点装置。此时,第 2 帧的发送的成功/失败例如基于来自帧发送源节点装置的响应的有无而被识别。另外,上位层处理部 111 在由判定部 111f 判定为“与帧发送源节点装置之间不存在绕行路径”时,可以将该判定结果向帧发送源节点装置通知。

[0735] 另外,在节点装置作为调查要求节点装置进行动作时,上位层处理部 111 也可以不具备检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f。另外,在节点装置作为调查执行节点装置进行动作时,上位层处理部 111 也可以不具备要求帧发送部 111a、判定部 111b 和响应帧发送部 111c。其中,各节点装置分别有被指定为调查执行节点装置的可能性。因此,各节点装置的上位层处理部 111 虽然没有被特别限定,但是优选具备检测部 111d、调查帧发送部 111e 和判定部 111f。另一方面,调查要求节点装置例如由作为网络管理涉及的服务器装置而动作的节点装置实现。因此,要求帧发送部 111a、判定部 111b 和响应帧发送部 111c 例如可以仅在服务器装置中设置。

[0736] 图 33 是表示调查要求节点装置的动作的流程图。该处理例如在由网络管理者输入了绕行路径调查指示时被执行。绕行路径调查指示在该例中用于指示调查执行节点装置。

[0737] 在步骤 S1401 中,上位层处理部 111 对绕行路径调查涉及的各种变量进行初始化。例如,在得到来自调查执行节点装置的响应之前以规定次数反复发送调查要求帧的情况下,对调查要求帧的发送次数进行计数的变量被初始化。

[0738] 在步骤 S1402 中,要求帧发送部 111a 将表示绕行路径调查要求的数据 (inspection request) 创建成调查要求帧的净荷,将调查执行节点装置指定为 GD 来提供给数据帧处理部 110。

[0739] 由此,按照上述的图 27 所示的流程图,例如在图 32 所示的例子中,设定节点 F 与节点 S 邻接,当在图 27 的流程图的步骤 S1110 中取得了节点 F 时,创建并发送具有图 7 所示格式的以下那样的调查要求帧。

[0740] LD :F

[0741] LS :S

[0742] GD :X

[0743] GS :S

[0744] FID :节点装置 S 所管理的唯一的值(例如序列号)

[0745] 类型 :D(数据)

[0746] 长度 :净荷的长度

[0747] 净荷 :表示绕行路径调查要求的数据 (inspection request)

[0748] 另外,在本实施方式中,对净荷中插入了"inspection request"这一字符串本身时识别为调查要求帧的例子进行了说明,但是也可以是包含表示绕行路径调查要求的特定的数值或字符的识别码。

[0749] 并且,要求帧发送部 111a 使进行针对调查要求帧的响应帧的接收的超时监视的定时器开始计时。并且,将该调查执行节点装置的节点 ID 和超时监视开始时刻对应地存储于调查历史表 112。

[0750] 另外,各节点装置在从邻接节点接收到帧时,如参照图 1~图 30 说明的那样,基于该接收帧的帧头自主地选择路径来进行转送处理。由此,从调查要求节点装置发送的调查要求帧被转送至被指定为 GD 的调查执行节点装置。并且,后面参照图 34 进行了说明,调查执行节点装置在接收到调查要求帧时,将调查要求节点装置作为 GD 来发送调查帧。调查帧是数据帧的 1 个,具有图 7 所示的格式。

[0751] 在步骤 S1403 中,判定部 111b 等待上述定时器的超时、以及来自调查执行节点装置的数据帧的接收的任意一种情况的发生。来自调查执行节点装置的数据帧在该例中表示设定于接收帧的帧头的"GS"是调查执行节点装置、设定于接收帧的帧头的"GD"是调查要求节点装置的、从调查执行节点装置发送的调查帧或者调查响应帧。在接收帧的类型是"数据"时,在如图 14 所示的流程图中,执行步骤 S205 的数据帧接收处理。在数据帧接收处理中,如图 20 所示,如果设定于接收帧的 GD 是自己本身(即调查要求节点装置),则通过步骤 S805 的处理,接收帧被提供给上位层处理部 111。通过将这样提供给上位层处理部 111 的接收帧的帧头所设定的 GS 与存储于调查历史表 112 的调查执行节点装置的节点 ID 进行比较,判定部 111b 对来自调查执行节点装置的数据帧的接收进行检测。另外,定时器的计时期间虽然依赖于网络的规模,但是相对于被预计为帧被传输至任意的节点所需要的时间被设定成足够长的期间(例如 30 秒左右)。并且,在检测到定时器的超时、或者来自调查执行节点装置的数据帧的接收时,处理进入步骤 S1403。

[0752] 在步骤 S1404 中,判定部 111b 判定在步骤 S1403 中检测到的是否是来自调查执行节点装置的数据帧的接收。当在 S1403 中检测到来自调查执行节点装置的数据帧的接收时,在步骤 S1404 中,判定部 111b 判定为在步骤 S1403 中检测到的是来自调查执行节点装置的数据帧的接收(S1404:是),处理进入步骤 S1405。另一方面,当在步骤 S1403 中检测到超时时,判定部 111b 判定为在步骤 S1403 中检测到的不是来自调查执行节点装置的数据帧的接收(S1404:否),处理进入步骤 S1408。

[0753] 在步骤 S1405 中,上位层处理部 111 的判定部 111b 解读接收帧的净荷。

[0754] 并且,在步骤 S1406 中,判定部 111b 根据在步骤 S1405 中解读的净荷是否是表示绕行路径调查的数据(inspection)来判定接收帧是否是调查帧。当在步骤 S1405 中解读的净荷是表示绕行路径调查的数据(inspection)的情况下,判定部 111b 在步骤 S1406 中判定为接收帧是调查帧(步骤 S1406:是),处理进入步骤 S1407。

[0755] 在步骤 S1407 中,判定部 111b 判定为与调查执行节点装置之间存在绕行路径。并且,判定部 111b 输出表示存在绕行路径的信息。

[0756] 另一方面,当在步骤 S1405 中解读的净荷不是表示绕行路径调查的数据

(inspection) 的情况下,在步骤 S1406 中,判定部 111 判定为接收帧不是调查帧 (S1406 : 否),处理进入步骤 S1409。

[0757] 在步骤 S1409 中,判定部 111b 根据在步骤 S1405 中解读的净荷是否是表示不存在绕行路径的数据 (dead end),来判定接收帧是否是调查结果帧。

[0758] 当在步骤 S1405 中解读的净荷是表示不存在绕行路径的数据 (dead end) 时,在步骤 S1409 中,判定部 111b 判定为接收帧是调查结果帧 (步骤 S1407 :是),处理进入步骤 S1410。

[0759] 当在步骤 S1405 中解读的净荷不是表示不存在绕行路径的数据 (dead end) 时,在步骤 S1409 中,判定部 111b 判定为接收帧不是调查结果帧 (步骤 S1409 :否),处理返回步骤 S1403。

[0760] 在步骤 S1410 中,判定部 111b 判定为与调查执行节点装置之间不存在绕行路径。并且,判定部 111b 输出表示不存在绕行路径的信息,图 33 的处理结束。

[0761] 判定部 111b 的判定结果例如显示于与调查要求节点装置或者调查要求节点连接的服务器计算机的显示装置。或者,判定部 111b 的判定结果保存于与调查要求节点装置或者调查要求节点连接的服务器计算机所具备的存储装置中。另外,可以构成为,将该判定结果、判定理由以及判定时的时刻与调查执行节点装置的节点 ID 对应地存储于调查历史表 112,或者,从调查历史表 112 删除该调查执行节点装置的节点 ID 以及与该节点 ID 对应存储的数据。通过这样构成,例如在一次要求针对多个节点装置进行绕行路径的调查的情况下,能够将步骤 S1403 中的、要与接收帧的 GS 进行比较的调查历史表 112 所存储的调查执行节点装置的节点 ID 的候补缩小为绕行路径的调查结果未判定的候补。

[0762] 在步骤 S1408 中,响应帧发送部 111c 将表示绕行路径调查结束指示的数据 (abort) 创建成接收响应帧的净荷,将调查执行节点装置指定为 GD,并向数据帧处理部 110 提供。

[0763] 由此,按照上述的图 27 所示的流程图,例如在图 32 所示的例子中,设定节点 F 与节点 S 邻接,当在图 27 的流程图步骤 S1110 中取得了节点 F 时,创建并发送具有图 7 所示格式的下述那样的接收响应帧。

[0764] LD :F

[0765] LS :S

[0766] GD :X

[0767] GS :S

[0768] FID :节点装置 S 所管理的唯一的值 (例如序列号)

[0769] 类型 :D (数据)

[0770] 长度 :净荷的长度

[0771] 净荷 :表示绕行路径调查结束指示的数据 (abort)

[0772] 另外,在本实施方式中,对在净荷中插入了"abort"这一字符串本身时识别为接收响应帧的例子进行了说明,但是也可以是包含表示绕行路径调查结束指示的特定的数值或字符的识别码。

[0773] 并且图 33 的处理结束。

[0774] 这样,调查要求节点装置向调查执行节点装置发送调查要求帧,根据是否接收到

作为其响应的调查帧,来调查与调查执行节点装置之间是否存在绕行路径。由此,网络管理者能够针对所希望的路径(尤其是1个可能由于链路切断而导致节点隔离的路径)容易地了解绕行路径的有无。因此,能够预先防止节点的隔离。

[0775] 图 34 是表示调查执行节点装置的动作的流程图。该处理例如在从邻接节点接收到帧时被执行。

[0776] 在步骤 S1301 中,上位层处理部 111 在接收到数据帧时,判定接收帧是否是调查要求帧。调查要求帧在该例中如参照图 33 所说明的那样,作为数据帧被传输。因此,如果接收帧的类型是“数据”,则在图 14 所示的流程图中执行步骤 S205 的数据帧接收处理。在数据帧接收处理中,如图 20 所示,如果接收帧的 GD 是自己本身(即调查执行节点装置),则执行步骤 S805,接收帧被提供给上位层处理部 111。并且,上位层处理部 111 对该接收帧的净荷进行解读,检查是否是表示绕行路径调查要求的数据(inspection request),由此检查接收帧是否是调查要求帧。并且,在上位层处理部 111 判定为接收帧是调查要求帧时(S1301:是),处理进入步骤 S1302。另一方面,在上位层处理部 111 判定为接收帧是调查要求帧时(S1301:是),图 34 的处理结束。

[0777] 在步骤 S1302 中,检测部 111d 检测接收到的调查要求帧的 OLS(原始发送源邻接节点)。调查要求帧的 OLS 在最初接收到该调查要求帧时表示发送了该调查要求帧的邻接节点。另外,接收帧的发送源邻接节点由设定于接收帧的帧头的“LS”识别。在图 32 所示的例子中,调查执行节点装置 X 的检测部 111d 将节点 Y 检测为调查要求帧的 OLS。并且,检测部 111d 将设定于调查要求帧的帧头的 GS(调查要求节点装置的节点 ID)和检测到的调查要求帧的 OLS 保存于调查表 112 中。

[0778] 在步骤 S1307 中,调查帧发送部 111e 将表示绕行路径调查的数据(inspection)创建为调查帧的净荷,指定 GD、OLS 并向数据帧处理部 110 提供。该调查帧的最终发送目的地(GD)是作为设定于调查要求帧的 GS 的调查要求节点装置。另外,OLS 是在步骤 S1302 中保存于调查历史表 112 中的调查要求帧的 OLS。

[0779] 由此,按照上述的图 27 所示的流程图,例如在图 32 所示的例子中,当在图 27 的流程图的步骤 S1110 中取得了节点 A 时,创建并发送具有图 7 所示格式的下述那样的调查帧。

[0780] LD :A

[0781] LS :X

[0782] GD :S

[0783] GS :X

[0784] FID :节点装置 X 所管理的唯一的值(例如序列号)

[0785] 类型 :D(数据)

[0786] 长度 :净荷的长度

[0787] 净荷 :表示绕行路径调查的数据(inspection)

[0788] 另外,在本实施方式中,对在净荷中插入了“inspection”这一字符串本身时识别为调查帧的例子进行了说明,但是也可以是包含表示绕行路径调查的特定的数值或字符的识别码。

[0789] 由于已经对数据帧处理部 110 的动作进行了说明,所以这里省略详细说明,当在调查要求节点装置和调查执行节点装置之间存在将调查要求帧向调查执行节点装置发送

了的调查执行节点装置的邻接节点装置、和绕行与调查执行节点装置间的路径（链路）的绕行路径时，该调查帧经由该绕行路径被传输至调查要求节点装置。并且，在调查要求节点装置接收到该调查帧时，在图 33 的步骤 S1404 中判定为“是”。由此，通过调查要求节点装置，在图 33 的步骤 S1407 之后的处理中，发送将调查要求节点装置作为发送源（GS）、将调查执行节点装置作为最终发送目的地（GD）的接收响应帧。接收响应帧如上述那样包含表示绕行路径调查结束指示的数据。

[0790] 在步骤 S1308 中，调查帧发送部 111e 等待来自调查要求节点装置的数据帧的接收、和调查帧的发送失败的通知的任意一种的情况的发生。来自调查要求节点装置的数据帧在该例中表示“GS”是调查要求节点装置、“GD”是调查执行节点装置的接收响应帧。在接收帧的类型是“数据”时，在图 14 所示的流程图中，执行步骤 S205 的数据帧接收处理。在数据帧接收处理中，如图 20 所示，如果接收帧的 GD 是自己本身（即调查要求节点装置），则通过步骤 S805 的处理，接收帧被提供给上位层处理部 111。通过将这样提供给上位层处理部 111 的接收帧的 GS 与存储于调查历史表 112 的调查要求节点装置的节点 ID 进行比较，判定部 111b 对来自调查要求节点装置的数据帧的接收进行检测。

[0791] 另外，调查帧的发送失败的通知在不存在绕行路径的情况下，表示由图 28 所示的流程图的步骤 S1113、图 29 所示的流程图的步骤 S830c 的处理通知的调查帧的发送失败的通知。并且，若检测到来自调查要求节点装置的数据帧的接收、或者调查帧的发送失败的通知，则处理进入步骤 S1309。

[0792] 在步骤 S1309 中，判定部 111f 检查在步骤 S1308 中检测到的是否是来自调查要求节点装置的数据帧。当在 S1308 中检测到来自调查要求节点装置的数据帧的接收时，在步骤 S1305 中，判定部 111f 判定为在步骤 S1304 中检测到的是来自调查要求节点装置的数据帧（S1305：是），处理进入步骤 S1311。

[0793] 在步骤 S1311 中，判定部 111f 对接收帧的净荷进行解读。

[0794] 并且，在步骤 S1312 中，判定部 111f 根据在步骤 S1311 中解读到的净荷是否是表示绕行路径调查结束指示的数据（abort）来检查接收帧是否是接收响应帧。

[0795] 当在步骤 S1311 中解读到的净荷是表示绕行路径调查结束指示的数据（abort）时，判定部 111f 在步骤 1312 中判定为接收帧是接收响应帧（步骤 S1312：是），图 34 的处理结束。这里，接收响应帧在调查帧到达调查要求节点装置时被创建。即，当在调查要求节点装置和调查执行节点装置之间存在将调查要求帧向调查执行节点装置发送了的调查执行节点装置的邻接节点装置、和绕行与调查执行节点装置之间的路径（链路）的绕行路径时，创建接收响应帧。因此，判定部 111f 在接收到接收响应帧时，判定为存在绕行路径。

[0796] 另一方面，当在 S1308 中检测到调查帧的发送失败的通知时，在步骤 S1309 中，判定部 111f 判定为在步骤 S1308 中检测到的不是来自调查要求节点装置的数据帧（S1309：否），处理进入步骤 S1313。

[0797] 在步骤 S1313 中，判定部 111f 判定为与调查要求节点装置之间不存在绕行路径。并且，判定部 111f 输出表示不存在绕行路径的信息。

[0798] 在步骤 S1314 中，判定部 111f 将表示不存在绕行路径的数据（dead end）创建为调查结果帧的净荷，并指定 GD 来向数据帧处理部 110 提供。该调查帧的最终发送目的地（GD）是调查要求节点装置。

[0799] 由此,按照上述的图 27 所示的流程图,创建并发送调查帧。调查结果帧在该例中在判定为不存在绕行路径时被发送。因此,在图 27 所示的流程图的步骤 S1110 中,由接收到调查要求帧时的 OLS 识别的节点被取得为 LD。并且,例如,在图 32 所示的例子中,在步骤 S1110 中取得节点 Y,创建并发送具有图 7 所示格式的下述那样的调查帧。

[0800] LD :Y

[0801] LS :X

[0802] GD :S

[0803] GS :X

[0804] FID :节点装置 X 所管理的唯一的值 (例如序列号)

[0805] 类型 :D (数据)

[0806] 长度 :净荷的长度

[0807] 净荷 :表示不存在绕行路径的数据 (dead end)

[0808] 另外,在本实施方式中,对在净荷中插入了“dead end”这一字符串本身时识别为调查结果帧的例子进行了说明,但是也可以是包含表示不存在绕行路径的特定的数值或字符的识别码。

[0809] 并且图 34 的处理结束。另外,在该结束时,可以构成为,判定部 111f 将该判定结果、判定理由以及判定时的时刻与调查要求节点装置的节点 ID 对应地存储于调查历史表 112 中,或者从调查历史表 112 删除该调查要求节点装置的节点 ID 和与该节点 ID 对应存储的数据。通过这样构成,例如在从多个节点装置接收到绕行路径的调查要求时,能够将步骤 S1301 中的、要与接收帧的 GS 进行比较的调查历史表 112 所存储的调查要求节点装置的节点 ID 的候补缩小成绕行路径的调查结果未判定的候补。

[0810] 并且,调查要求节点装置在接收到调查结果帧时,识别为在调查要求节点装置和调查执行节点装置之间不存在将调查要求帧向调查执行节点装置发送了的调查执行节点装置的邻接节点装置、和绕行与调查执行节点装置之间的路径 (链路) 的绕行路径。

[0811] 另外,调查要求节点装置以及调查执行节点装置以外的节点装置的动作如参照图 1 ~ 图 30 所说明的那样。因此,节点装置通过自主地进行路径选择,能够将从调查要求节点装置发送的调查要求帧和接收响应帧向调查执行节点装置转送。另外,节点装置通过自主地进行路径选择,能够将从调查执行节点装置发送的调查帧和调查结果帧向调查要求节点装置转送。

[0812] 另外,在图 33 ~ 图 34 所示的例子中,调查要求节点装置在接收到调查帧时,向调查执行节点发送接收响应帧。并且,调查执行节点装置在接收到该接收响应帧时,停止发送调查帧的处理。但是,实施方式的绕行路径调查方法不被该顺序限定。即,调查执行节点装置可以与接收响应帧无关地向所有的邻接节点 (除了调查要求帧的 OLS 之外) 发送调查帧。此时,针对与调查执行节点装置邻接的所有邻接节点,能够调查绕行路径是否存在。另外,调查要求节点装置也可以在接收到调查帧时不发送接收响应帧。其中,在这种情况下,调查执行节点装置无法识别调查帧是否到达了调查要求节点装置。

[0813] 并且,在上述的例子中,调查执行节点装置对各邻接节点逐个地依次发送调查帧,但是实施方式的绕行路径调查方法不限于此。即,调查执行节点装置也可以同时向 2 个以上的邻接节点发送调查帧。或者,调查执行节点装置也可以同时向所有的邻接节点 (除了

调查要求帧的 OLS 之外) 发送调查帧。

[0814] 并且, 在上述的例子中, 绕行路径调查帧(调查要求帧, 调查帧, 接收响应帧, 调查结果帧) 实现为图 7 所示的数据帧的一种方式。但是, 实施方式的绕行路径调查方法不限于此。即, 绕行路径调查帧可以以与图 7 所示的数据帧不同的分配了“类型”的专用帧来实现。

[0815] 图 36 是表示绕行路径存在时的调查流程的图。在此, 假设路径 SF、FD、FY、FE、DY、EY、YX、XA、XB、AC、BC 存在。另外, 虽然在拓扑图中没有表现, 但是节点 D、A 间也能够进行通信。并且, 节点 S 是调查要求节点装置, 节点 X 是调查执行节点装置。

[0816] 此时, 首先从调查要求节点装置 S 向调查执行节点装置 X 发送绕行路径调查要求。此时, 调查执行节点装置 X 检测“节点 Y”作为绕行路径调查要求的 OLS。

[0817] 调查执行节点装置 X 将调查要求节点装置 S 作为最终发送目的地来向节点 Y 以外的邻接节点发送调查帧。在此, 调查执行节点装置 X 将调查节点向节点 A 发送。

[0818] 节点装置 A 在检测到调查帧的最终发送目的地不是节点 A 而是节点 S 时进行帧转送处理。此时, 根据节点装置 A 的加权表 104 的状态的不同, 作为转送目的地有可能选择节点 C, 但是这里为了简化说明, 选择节点 D 作为转送目的地。由此, 节点装置 A 将从调查执行节点装置 X 发送来的调查帧向节点 D 转送。

[0819] 节点装置 D 和其他的节点装置的动作基本上与节点装置 A 相同。因此, 从调查执行节点装置 X 发送的调查帧到达调查要求节点装置 S。

[0820] 调查要求节点装置 S 在接收到从调查执行节点装置 X 发送来的调查帧时, 判定为在调查要求节点装置 S 和调查执行节点装置 X 之间, 除了包含路径 YX 的路径之外, 还存在不包含路径 YX 的绕行路径。并且, 调查要求节点装置 S 利用与调查帧对应的接收响应帧来向调查执行节点装置 X 发送调查结束通知。

[0821] 调查执行节点装置 X 接收与调查帧对应的调查结束通知。由此, 调查执行节点装置 X 也能够识别为在调查要求节点装置 S 和调查执行节点装置 X 之间存在不包含路径 YX 的绕行路径。并且, 调查执行节点装置 X 结束绕行路径调查。即, 之后调查帧不被发送。

[0822] 图 37 是表示绕行路径不存在时的调查流程。在该实施例中, 也存在路径 SF、FD、FY、FE、DY、EY、YX、XA、XB、AC 和 BC。其中, 在该实施例中, 在其他节点间不存在通信路径。并且, 与图 36 所示的流程同样, 从调查要求节点装置 S 向调查执行节点装置 X 发送绕行路径调查要求, 调查执行节点装置 X 向节点 Y 以外的邻接节点发送调查帧。

[0823] 调查执行节点装置 X 参照邻接节点管理表 103 来选择调查帧的发送目的地。在该例中, 在调查执行节点装置 X 的邻接节点管理表 103 中, 登记有节点 A、B 和 Y。其中, 节点 Y 是绕行路径调查要求的 OLS, 因此不会被选择为调查帧的发送目的地。即, 调查帧的发送目的地是节点 A 和 B。并且, 调查执行节点装置 X 的调查帧发送部 111d 首先选择节点 A。即, 调查帧向节点 A 发送。

[0824] 节点装置 A 与图 36 所示的例子同样, 在检测到调查帧的最终发送目的地不是节点 A 而是节点 S 时, 进行帧转送处理。这里, 节点装置 A 选择节点 C 作为转送目的地。由此, 节点装置 A 将从调查执行节点装置 X 发送来的调查帧向节点 C 转送。

[0825] 节点装置 C 和节点装置 B 的动作基本上与节点装置 A 相同。即, 节点装置 C 将调查帧向节点装置 B 转送, 节点装置 B 将调查帧向调查执行节点装置 X 转送。

[0826] 调查执行节点装置 X 在从节点装置 B 接收到调查帧时,通过执行图 20 所示的步骤 S801 至图 21 所示的步骤 S817 的处理,选择调查帧的转送目的地。另外,通过该一系列处理中的步骤 S809 的处理,节点 A 的权重被变更为最大值。这里,与调查执行节点装置 X 邻接有节点 A、Y、B。并且,调查执行节点装置 X 通过以下的理由选择节点 B 作为调查帧的转送目的地。

[0827] 即,节点 A 是从调查执行节点装置 X 最初发送了该调查帧时的 LD,被登记于调查执行节点装置 X 的 FID 管理表 105 中。因此,调查执行节点装置 X 无法将该调查帧向节点 A 转送。

[0828] 另外,节点 Y 是从调查要求节点装置 S 发送的绕行路径调查要求的 OLS,被从调查帧的发送目的地除外。另外,将绕行路径调查要求的 OLS 从调查帧的发送目的地除外的流程例如通过以下处理来执行,即、在图 34 的步骤 S1303 中由上位层处理部 111 指定 OLS,基于该指定在图 27 的 S1110 中取得与该指定的 OLS 不同的 LD。除了该实施方式以外,上位层处理部 111 例如也可以进行如下处理,即、在实施绕行路径调查的期间(执行图 34 的流程图的处理的期间),暂时在加权管理表 104 中,将绕行路径调查要求的 OLS 的权重设定为最大(=1.0)。此时,在图 37 所示的例子中,在调查执行节点装置 X 所具备的加权管理表 104 的“GD=节点 S”的项中,将与“LD=节点 Y”对应的权重设为最大即可。由此,调查执行节点装置 X 的数据帧处理部 110 在从节点装置 B 接收到调查帧时,不会将节点 Y 选择为转送目的地。

[0829] 这样,调查帧被从调查执行节点装置 X 发送至节点 B。然后,该调查帧经由节点 C 和节点 A,再次返回调查执行节点装置 X。

[0830] 调查执行节点装置 X 在从节点装置 A 接收到调查帧时,再次执行图 20 所示的步骤 S801 至图 22 所示的步骤 S817 的处理,由此对调查帧的转送目的地进行调查。通过该一系列处理中的步骤 S809 的处理,节点 B 的权重被变更为最大值。因此,在该时间点,由于对于邻接节点管理表 103 不存在作为调查要求帧的 OLS 的 Y 以外的调查帧的转送目的地,所以在图 22 所示的步骤 S818 中判定为“是”。由此,由于调查执行节点装置 X 是该调查帧的 GS,所以执行图 29 所示的流程图,在步骤 S830a 中判定为“是”。因此,通过步骤 S830c,从数据帧处理部 110 向上位层处理部 111 通知“发送失败”。

[0831] 若调查执行节点装置 X 的判定部 111f 如上述那样从数据帧处理部 110 通知“发送失败”,则在图 34 的步骤 S1305 中判定为“否”。其结果,判定部 111f 在步骤 S1306 中判定为与调查要求节点装置 S 之间不存在绕行路径。

[0832] 然后,调查执行节点装置 X 将上述调查结果向调查要求节点装置 S 通知。此时,调查执行节点装置 X 将调查要求节点装置 S 作为最终发送目的地,将调查结果帧向节点 Y 发送。由此,调查要求节点装置 S 能够识别到绕行路径不存在。另外,调查要求节点装置 S 根据在规定时间内没有接收到与绕行路径调查要求对应的调查帧的情况,也能够识别到绕行路径不存在。

[0833] 另外,在上述的流程中,如参照图 37 所说明的那样,从调查执行节点装置 X 向节点 A 发送的调查帧依次经由节点 C、B 返回调查执行节点装置 X 时,判定为“向节点 A 的发送失败”。但是,在调查执行节点装置 X 向节点 A 发送调查帧的同时,在上述转送流程中也向节点 B 发送调查帧。并且,从调查执行节点装置 X 向节点 B 发送的调查帧依次经由节点 C、A

返回调查执行节点装置 X。即,向节点 B 的发送也以失败告终。因此,调查执行节点装置 X 在执行图 37 所示的 1 个转送流程时,也可以判定为“向节点 A 和节点 B 的发送均失败”。此时,调查执行节点装置 X 的判定部 111f 在图 37 所示的 1 个转送流程被执行时,也可以判定为与调查要求节点 S 之间不存在绕行路径。

[0834] 这样,在实施方式的绕行路径调查方法中,由网络管理者指定的对象通信节点根据来自监视服务器的要求来执行绕行路径调查。由此,调查在监视服务器和对象通信节点之间是否存在绕行路径。因此,网络管理者针对所希望的通信节点,能够立刻判断隔离的危险性。并且,在检测到隔离的可能性较高的通信节点时,网络管理者实施追加通信节点等的方案,由此能够预先防止通信故障。

[0835] 另外,在本实施例的说明中,由上层处理部 111 执行绕行路径调查所涉及的处理,由此,不会对数据帧处理部 110 增加绕行路径调查所涉及的处理的负荷,能够使其只专注于数据帧的转送处理,但是在不脱离本实施例的要旨的范围内能够进行各种变形。例如,可以构成为,使数据帧处理部 110 执行该绕行路径调查涉及的处理的一部分或者全部。

[0836] 另外,将绕行路径调查所涉及的各种帧说明为数据帧的 1 个,但是也可以构成为,赋予表示绕行路径调查的数据类型,在图 14 所示的帧分支处理部 106 进行的步骤 S202 的帧的类型检查中,也将与绕行路径调查所涉及的帧作为数据帧向数据帧处理部 110 提供。通过这样构成,在数据帧处理部 110 从缓冲部 109 选择未处理的接收帧时,能够参照帧类型,对绕行路径调查所涉及的帧和通常的数据帧进行识别来优先选择并处理其中一种。另外,在上位处理部 111 的判定部 111b、判定部 111f 中不用对净荷进行解读就能够识别是绕行路径调查所涉及的帧。

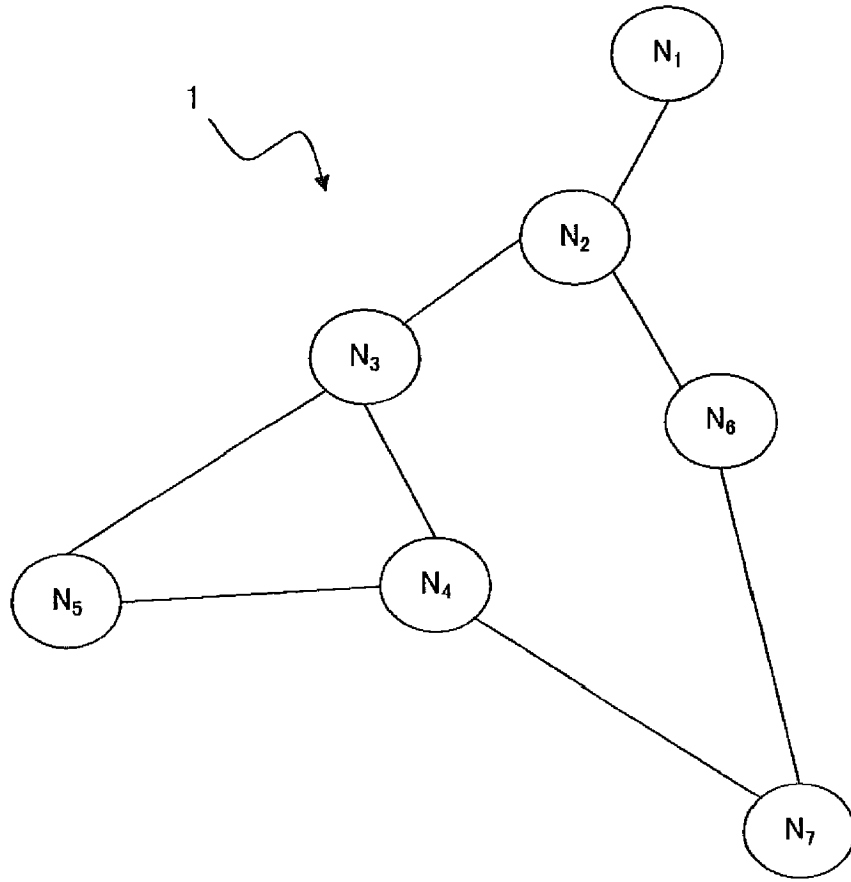


图 1

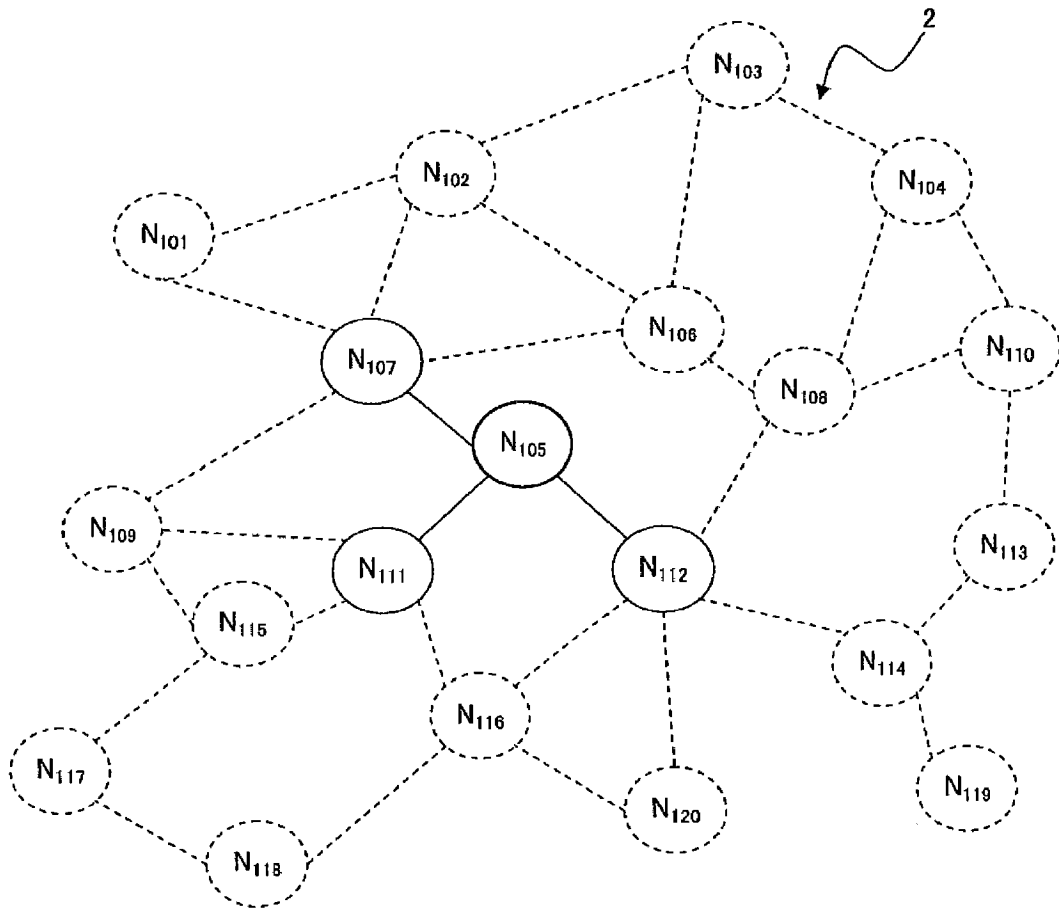


图 2

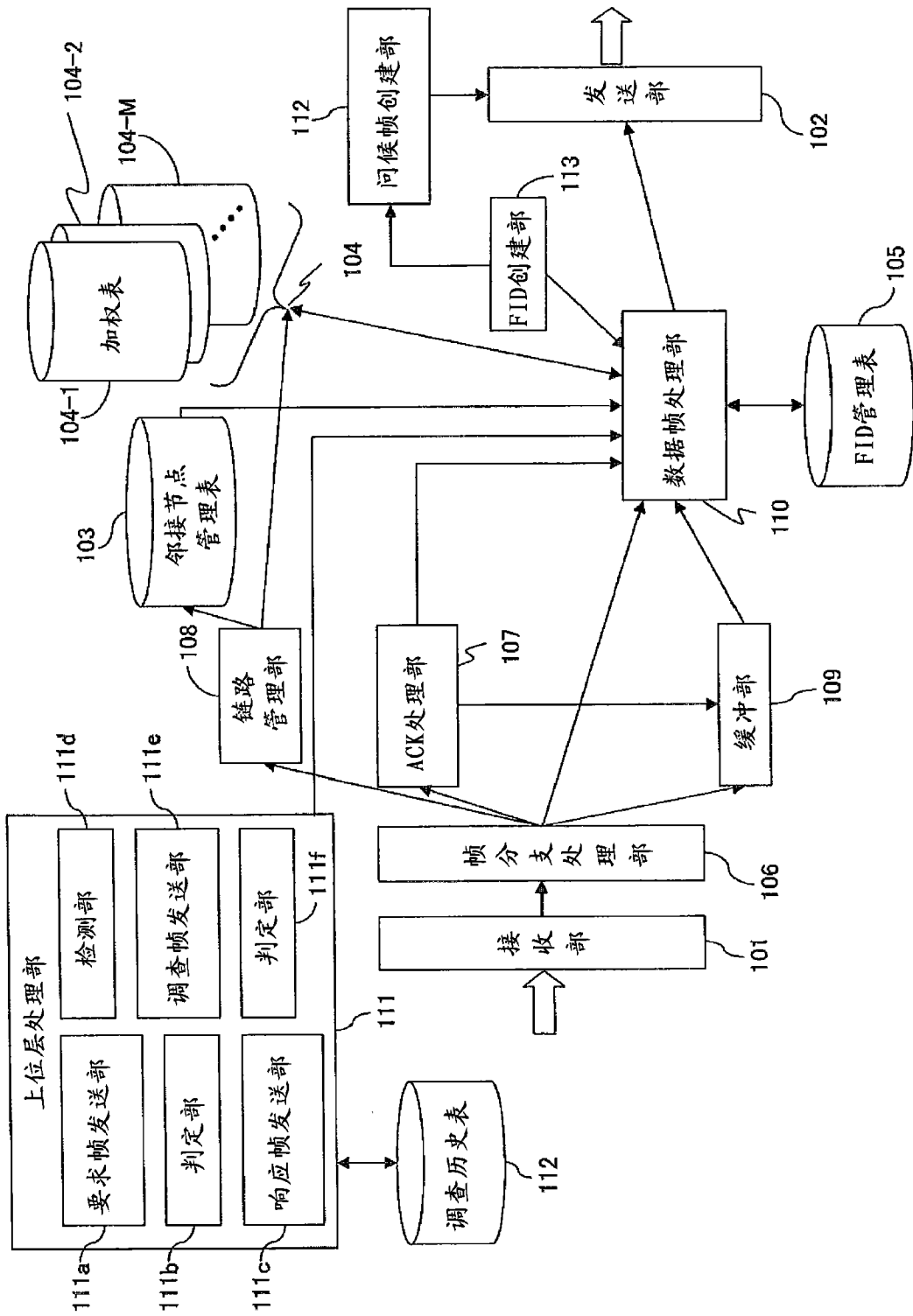


图 3

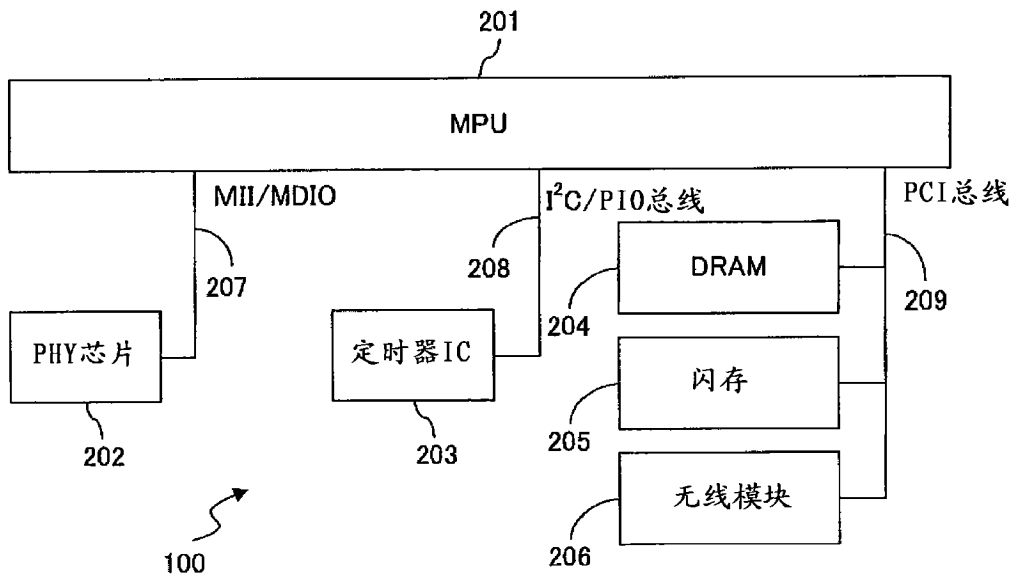


图 4

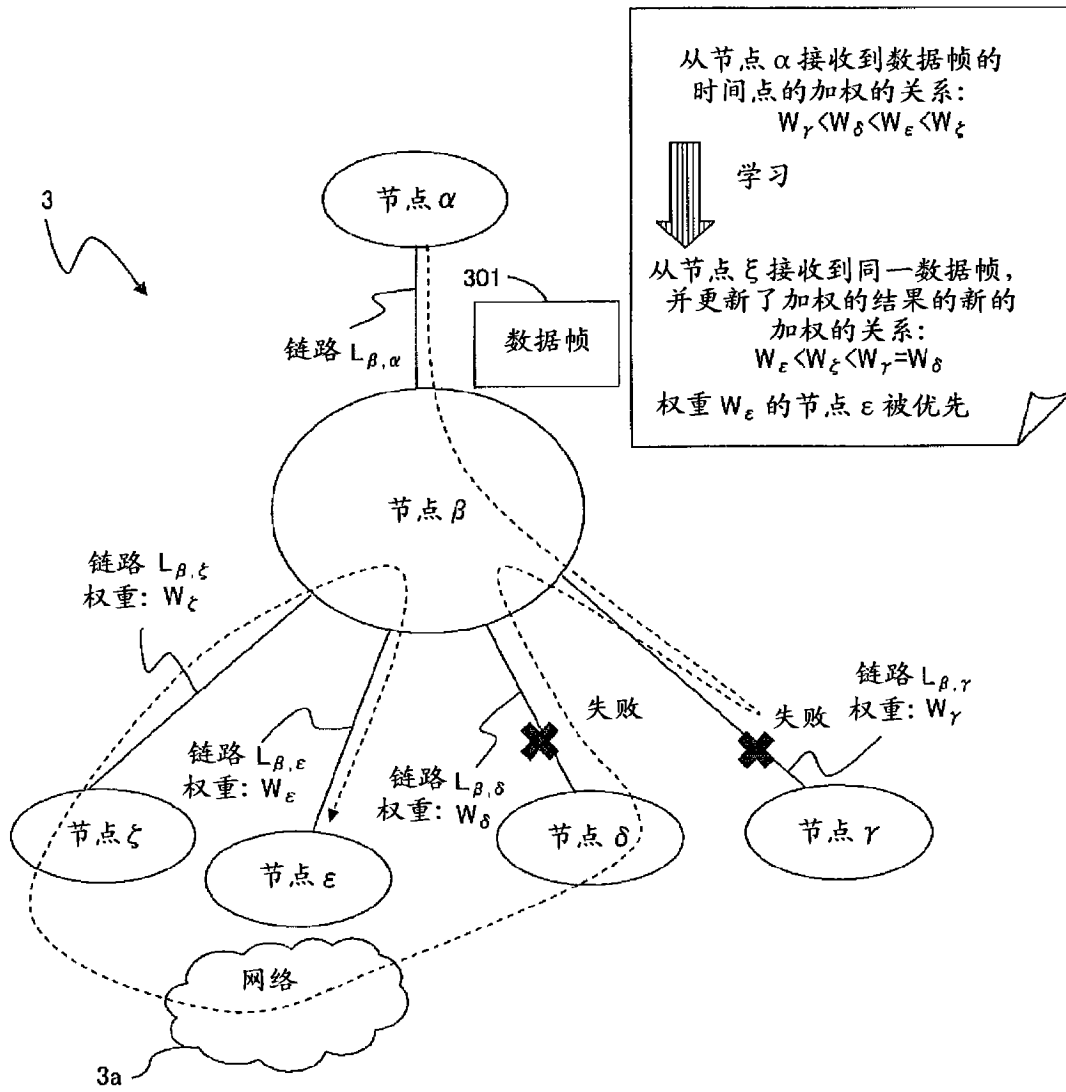


图 5

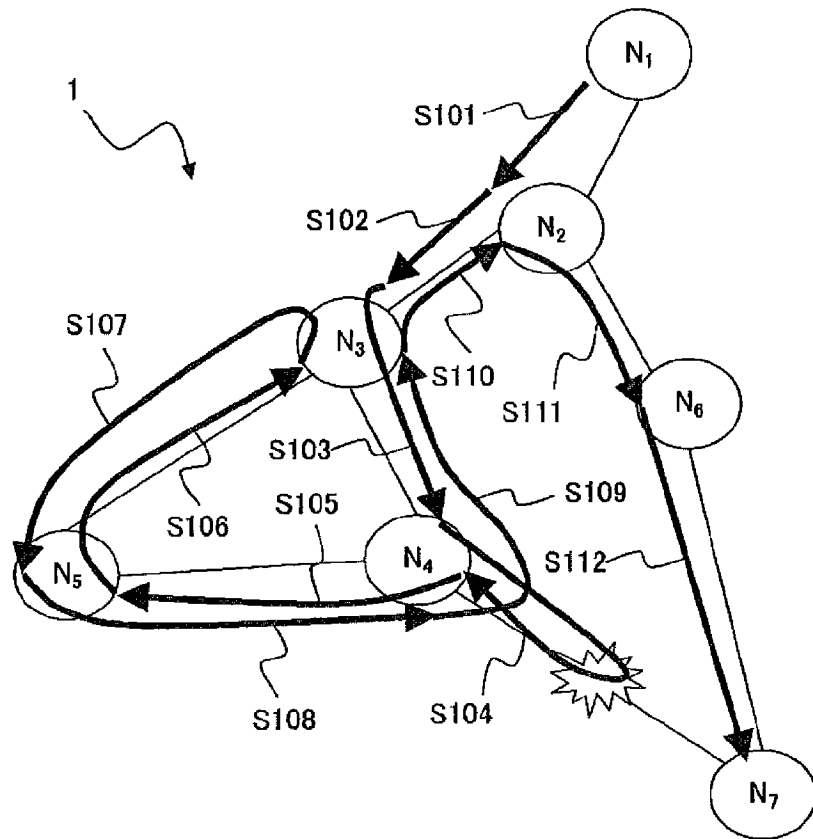


图 6

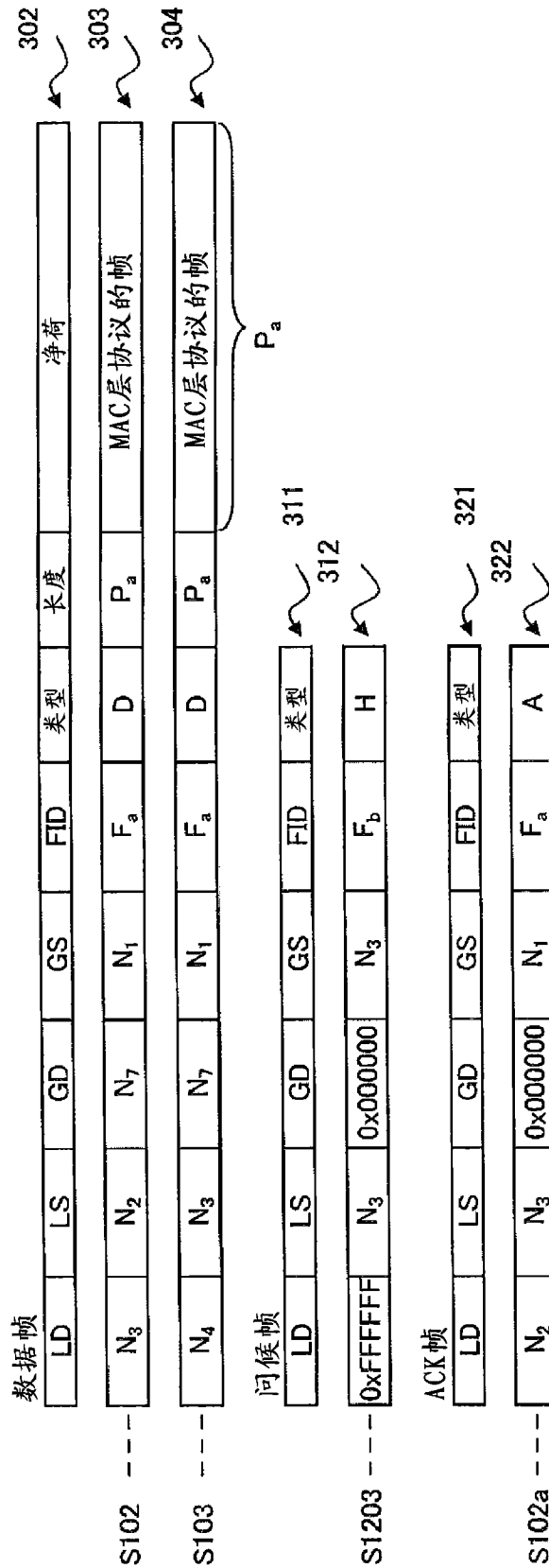


图 7

超时时刻	数据帧							
	LD	LS	GD	GS	FID	类型	长度	净荷
$T_{3,j}$	N_3	N_2	N_7	N_1	F_a	D	P_a	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

109- N_3

图 8

节点ID	最终更新时间
N_1	$TA_{2,1}$
N_3	$TA_{2,3}$
N_6	$TA_{2,6}$

103- N_2

节点ID	最终更新时间
N_2	$TA_{3,2}$
N_4	$TA_{3,4}$
N_5	$TA_{3,5}$

103- N_3

图 9

GD	最终更新时间	LD	权重
N_7	$TW_{3,7,2}$	N_2	$W_{3,7,2}$
	$TW_{3,7,4}$	N_4	$W_{3,7,4}$
	$TW_{3,7,5}$	N_5	$W_{3,7,5}$
N_4	$TW_{3,4,2}$	N_2	$W_{3,4,2}$
	$TW_{3,4,4}$	N_4	$W_{3,4,4}$
	$TW_{3,4,5}$	N_5	$W_{3,4,5}$
⋮	⋮	⋮	⋮

104- N_3

图 10

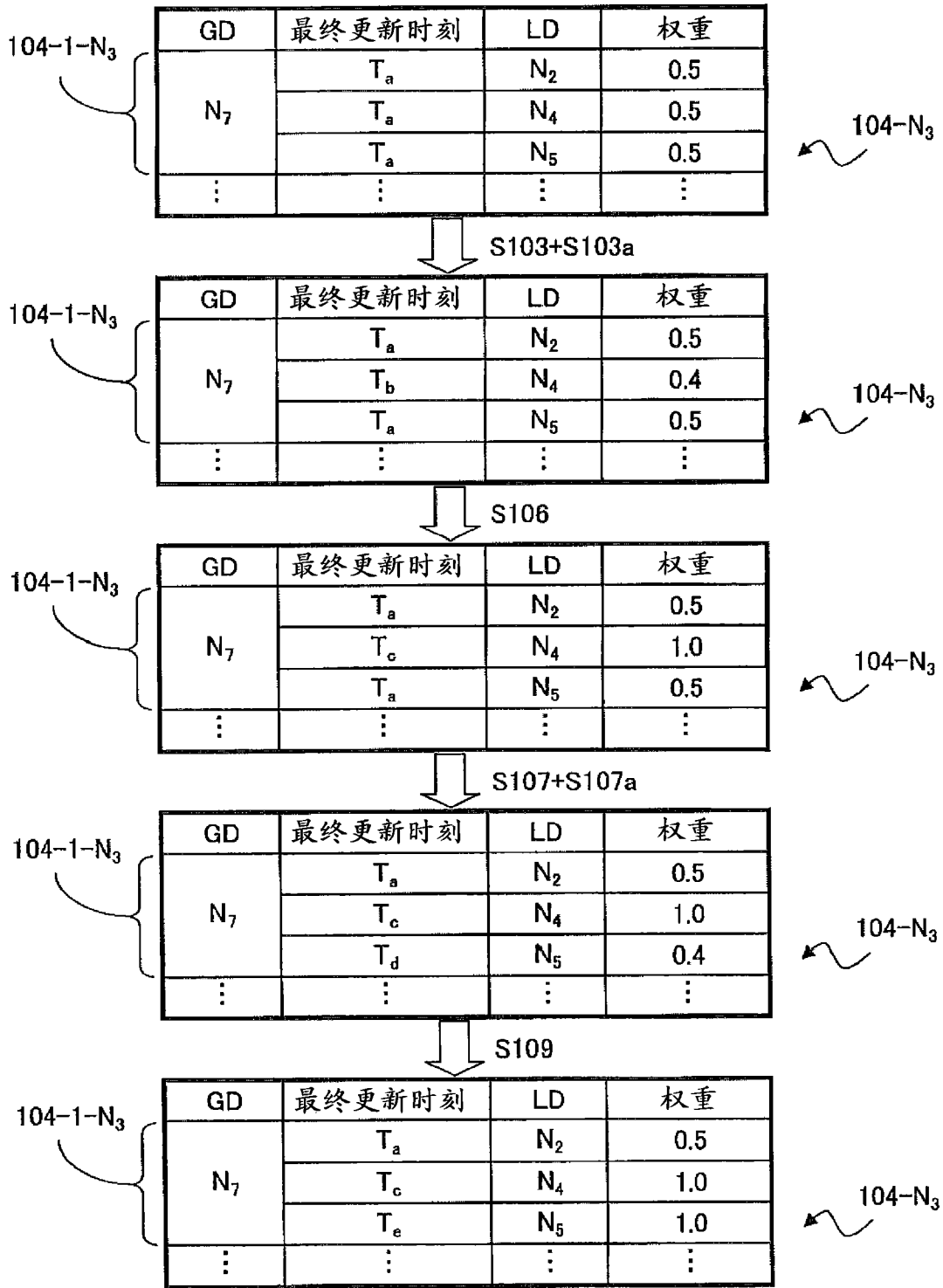


图 11

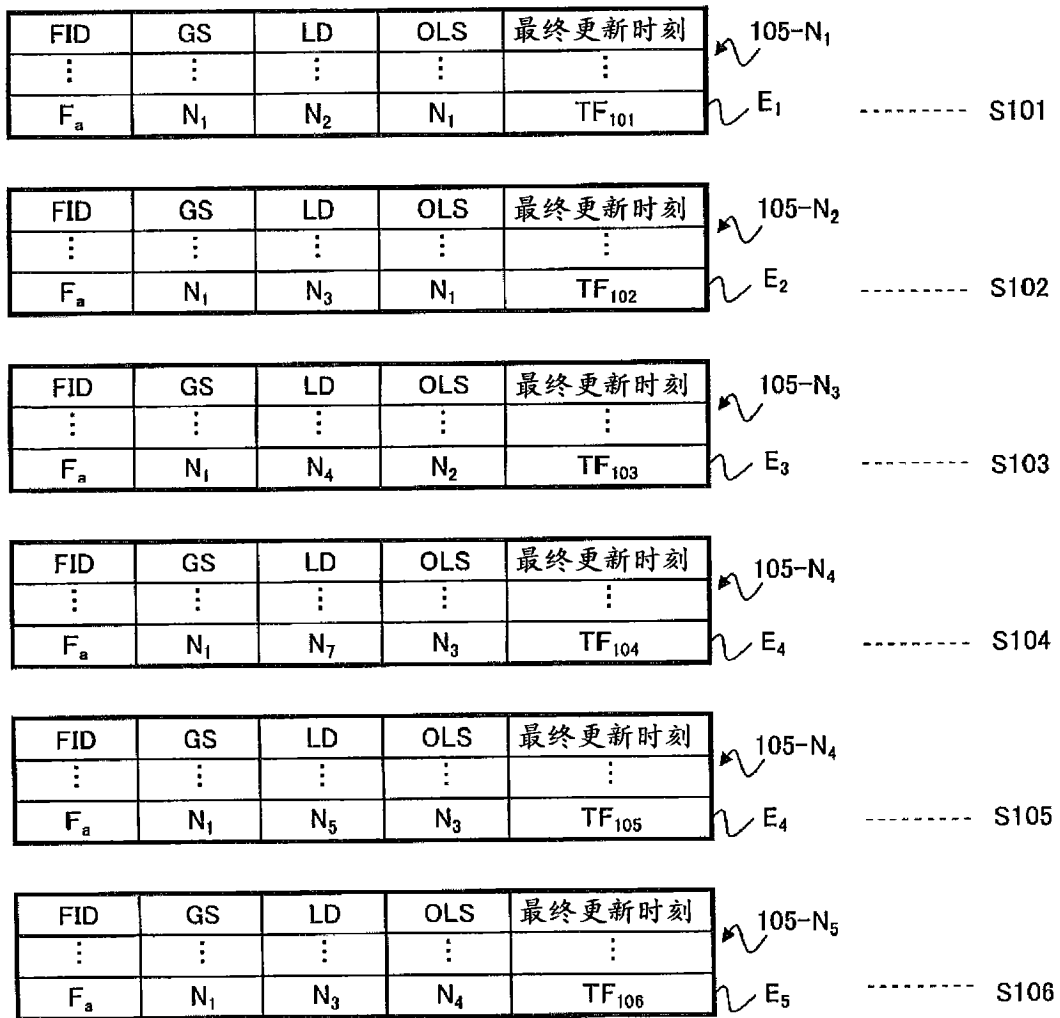


图 12

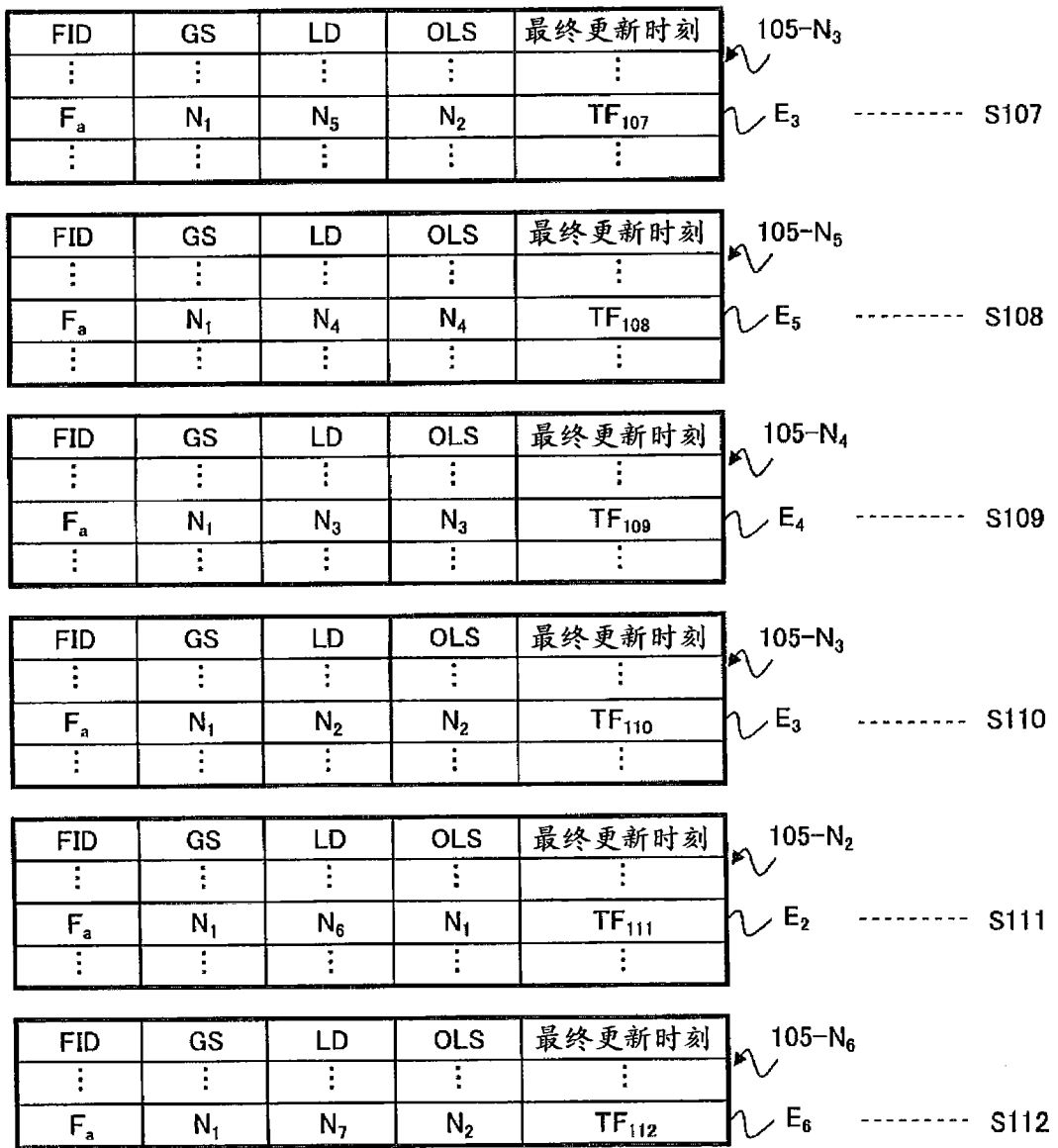


图 13

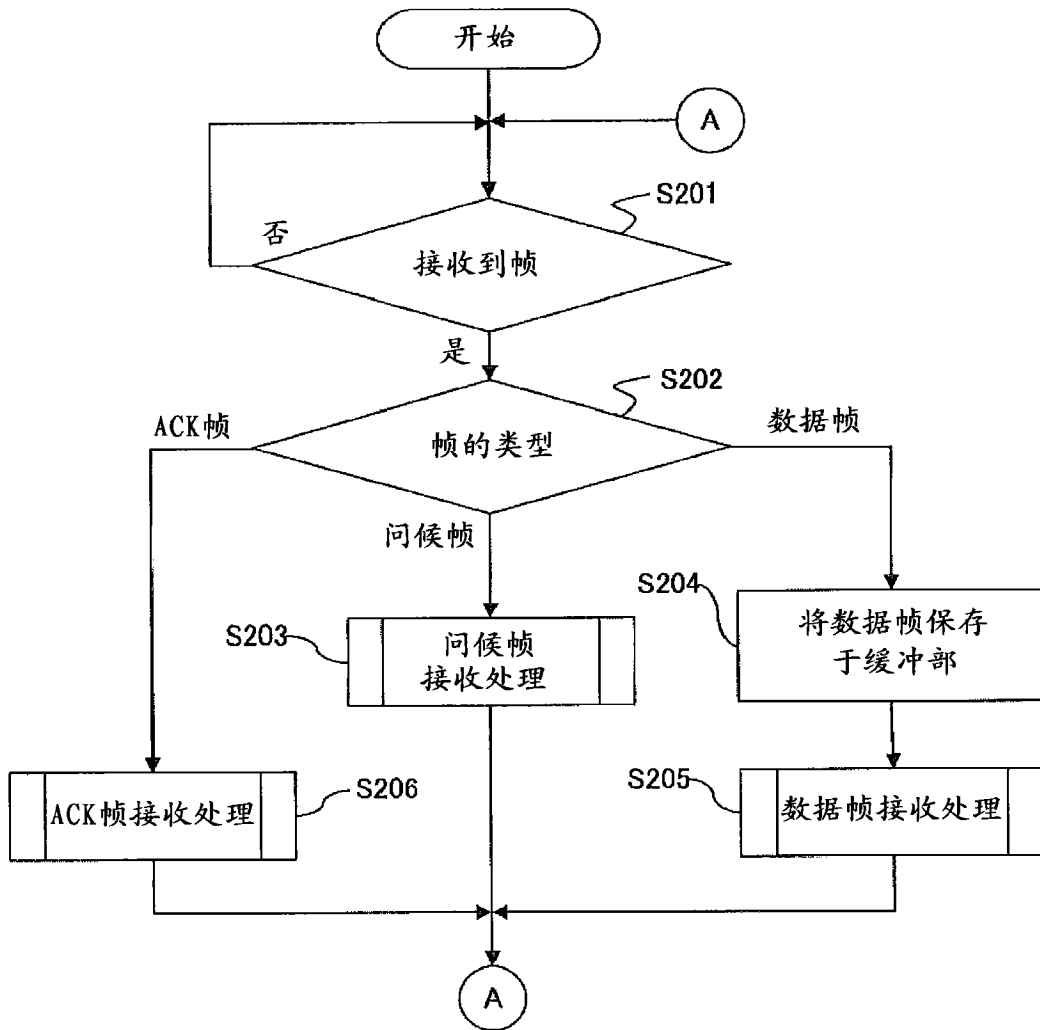


图 14

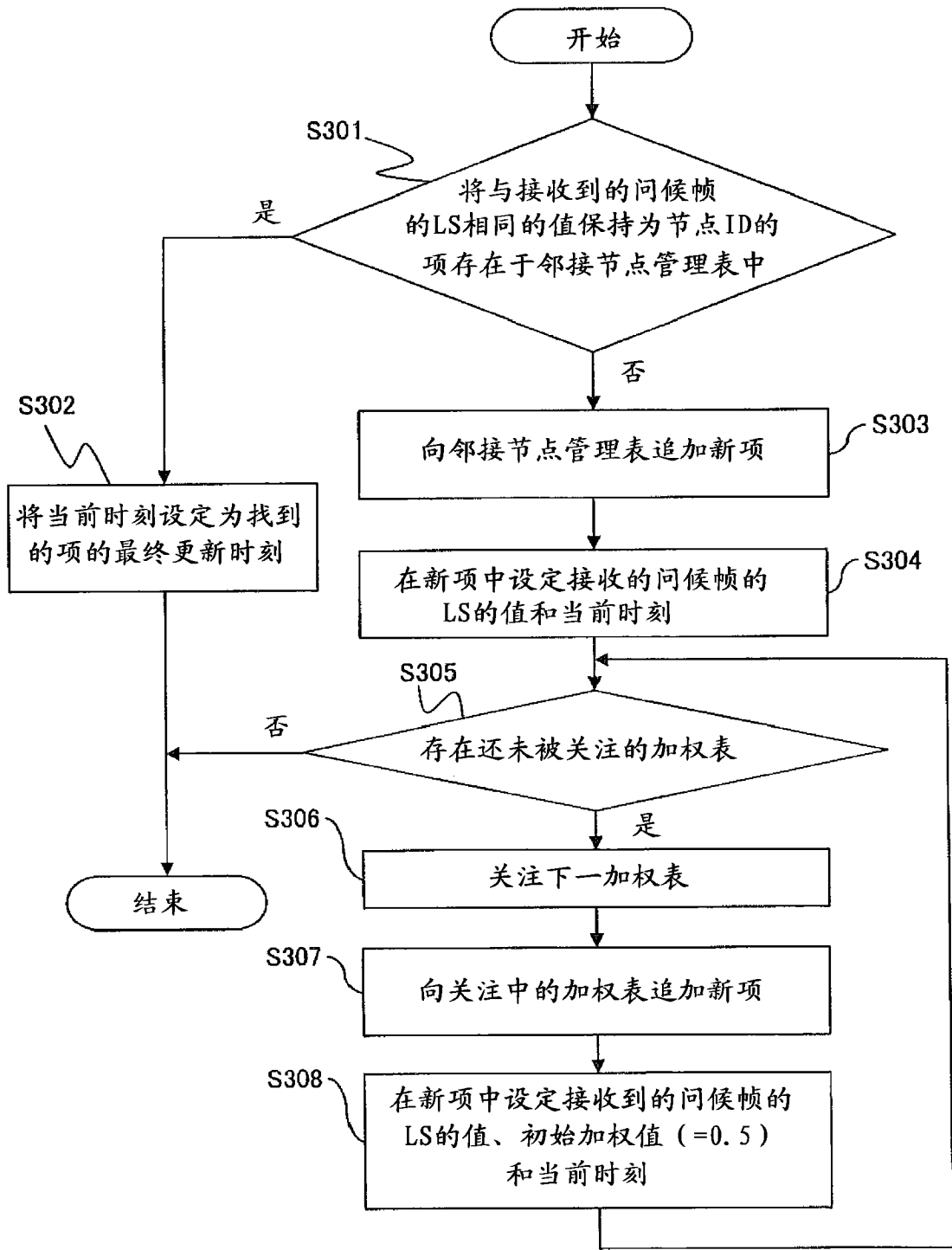


图 15

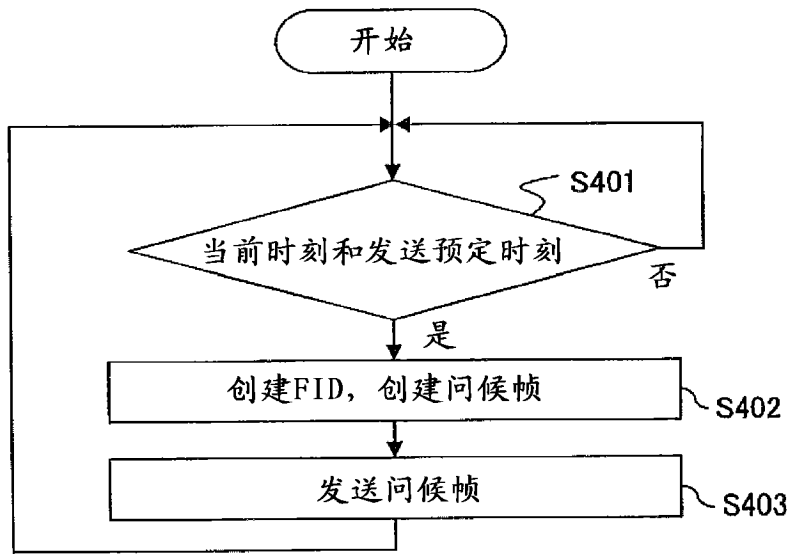


图 16

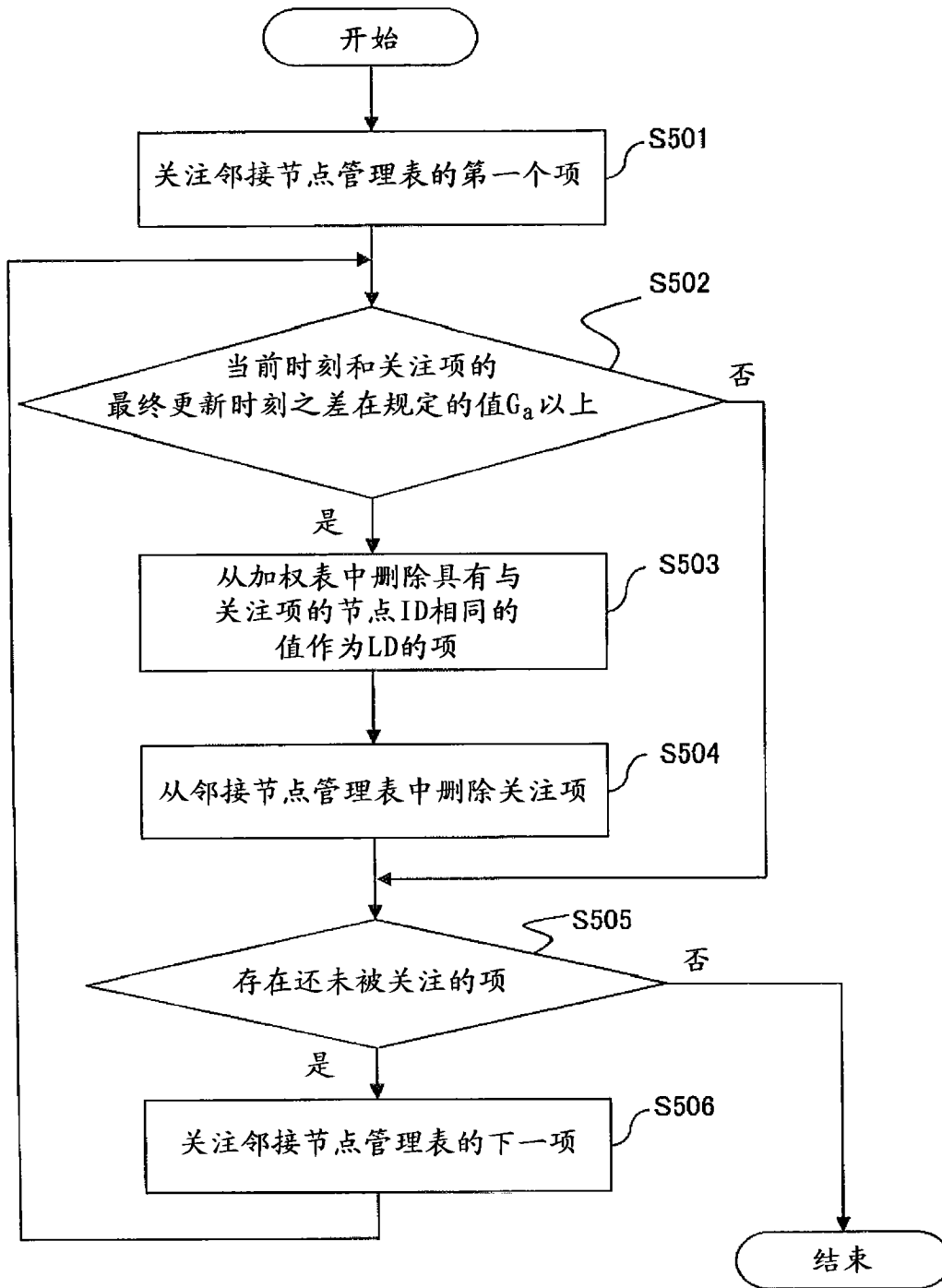


图 17

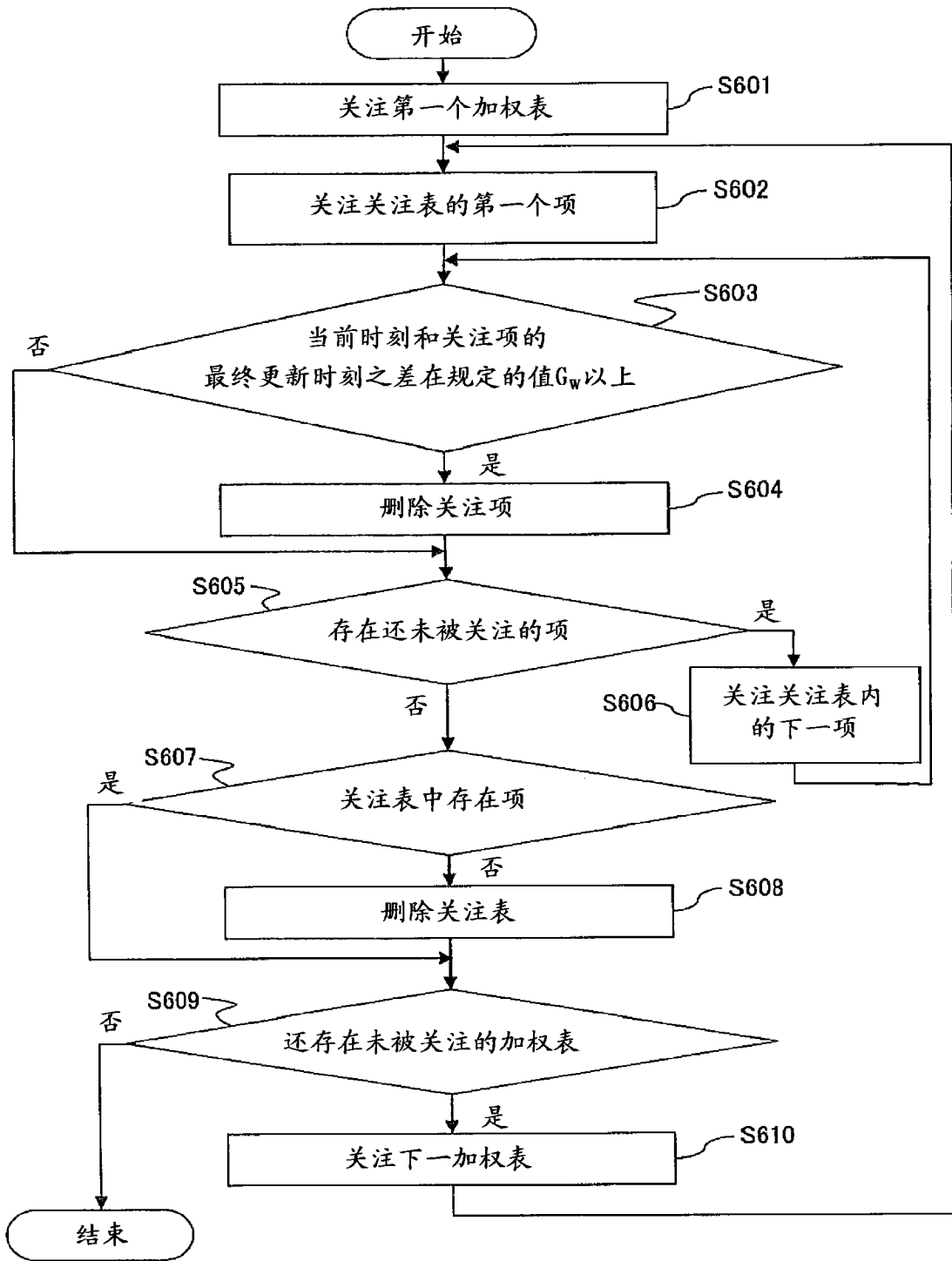


图 18

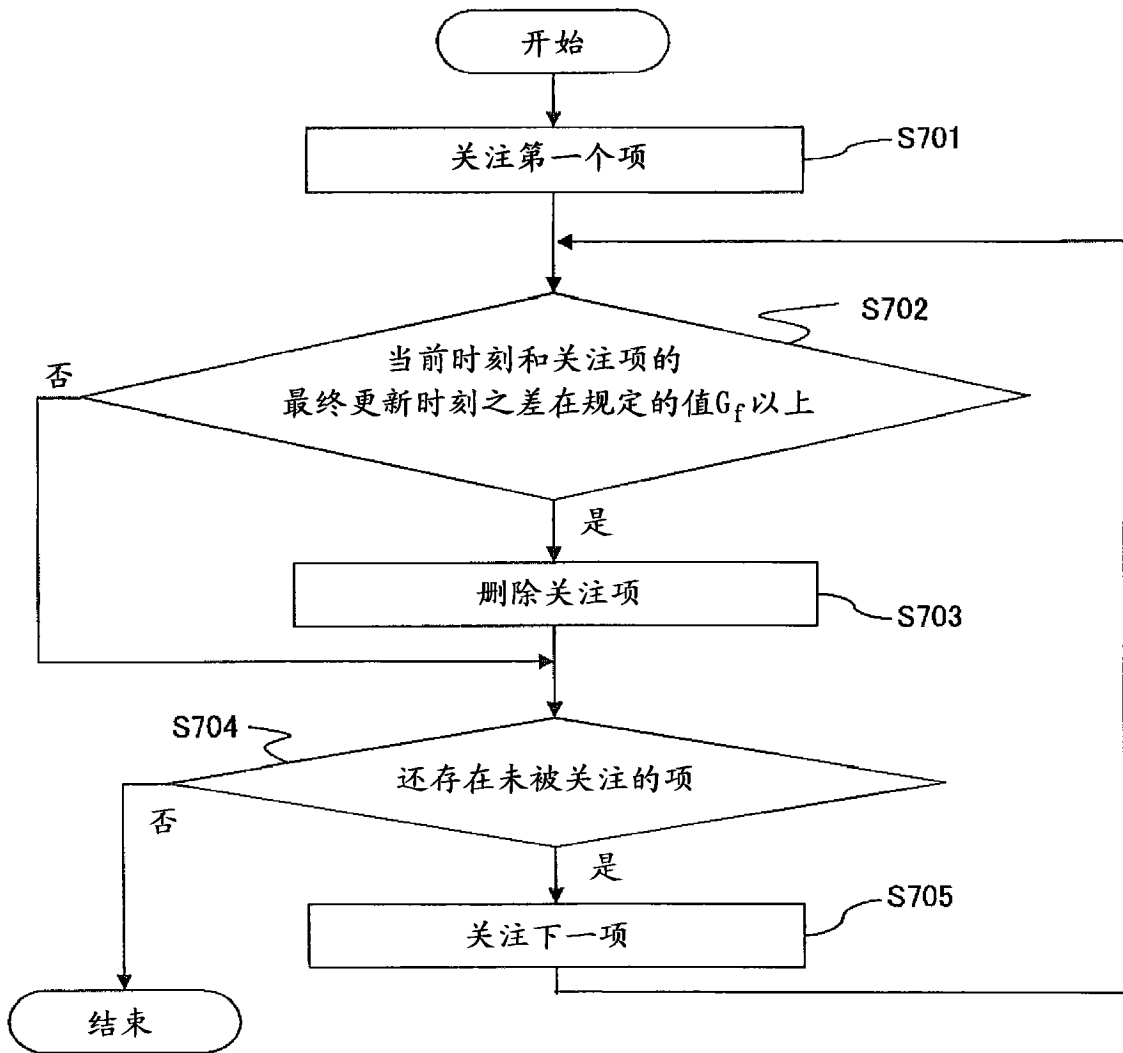


图 19

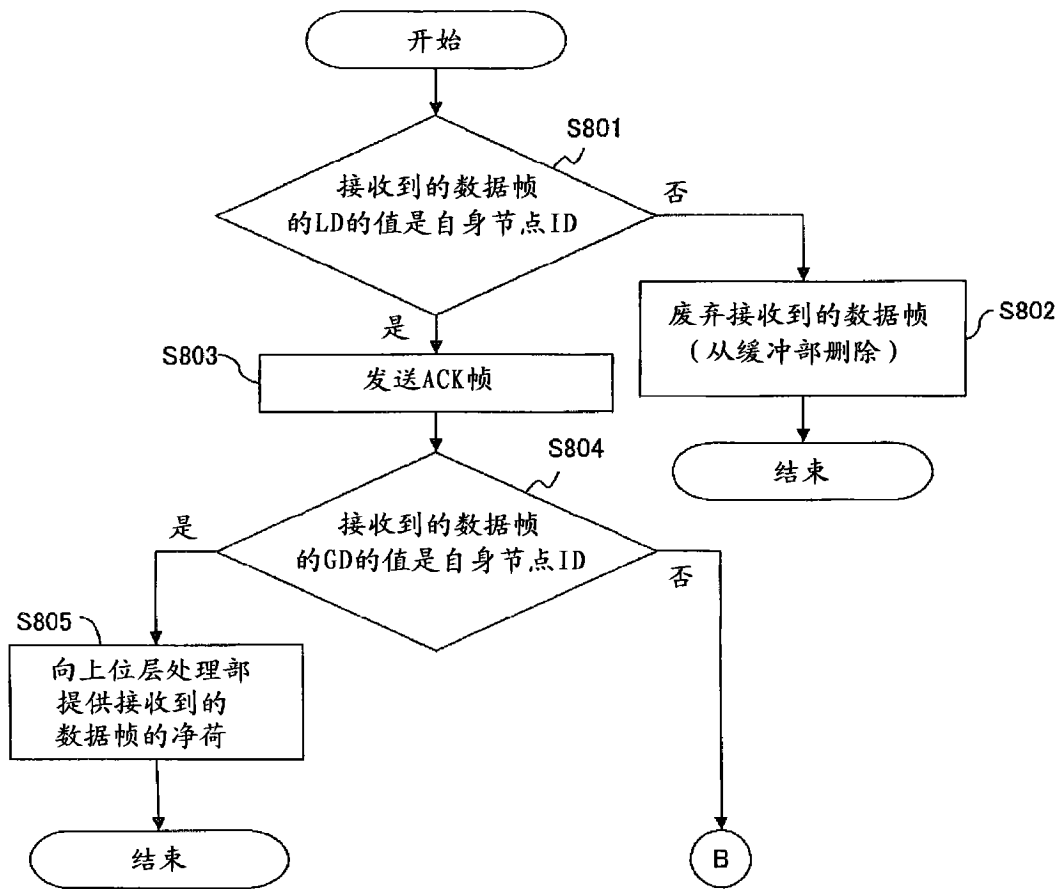


图 20

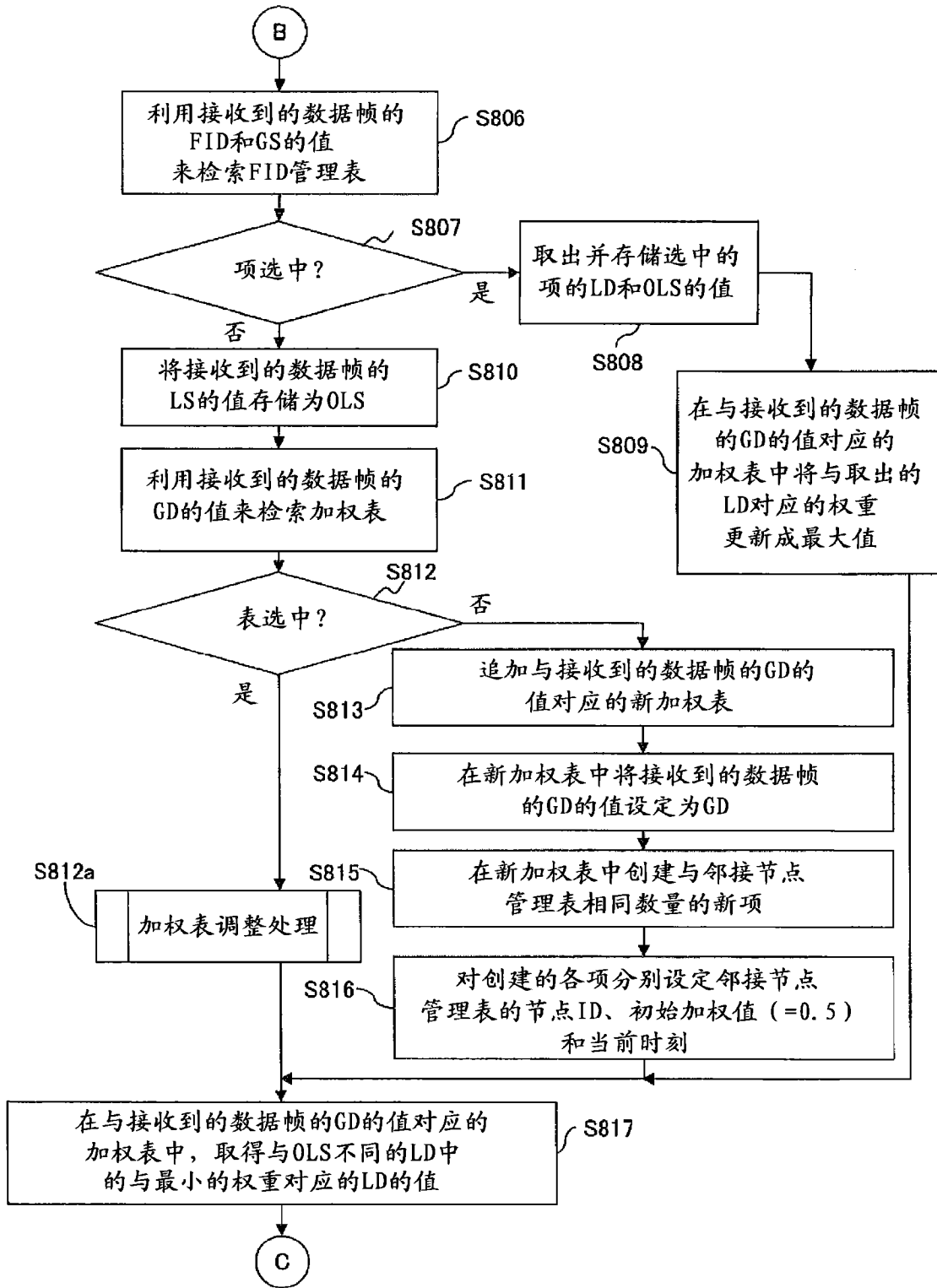


图 21

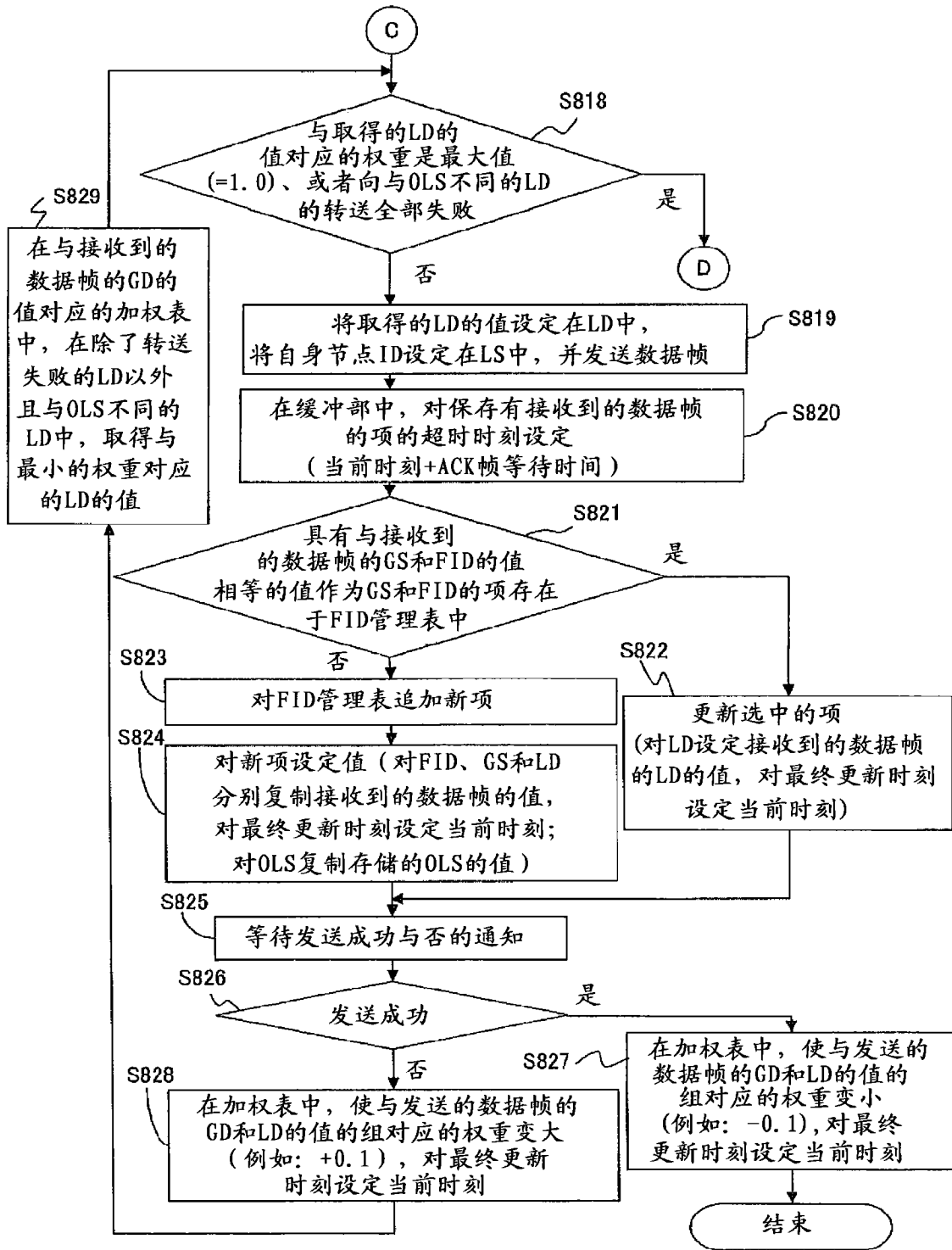


图 22

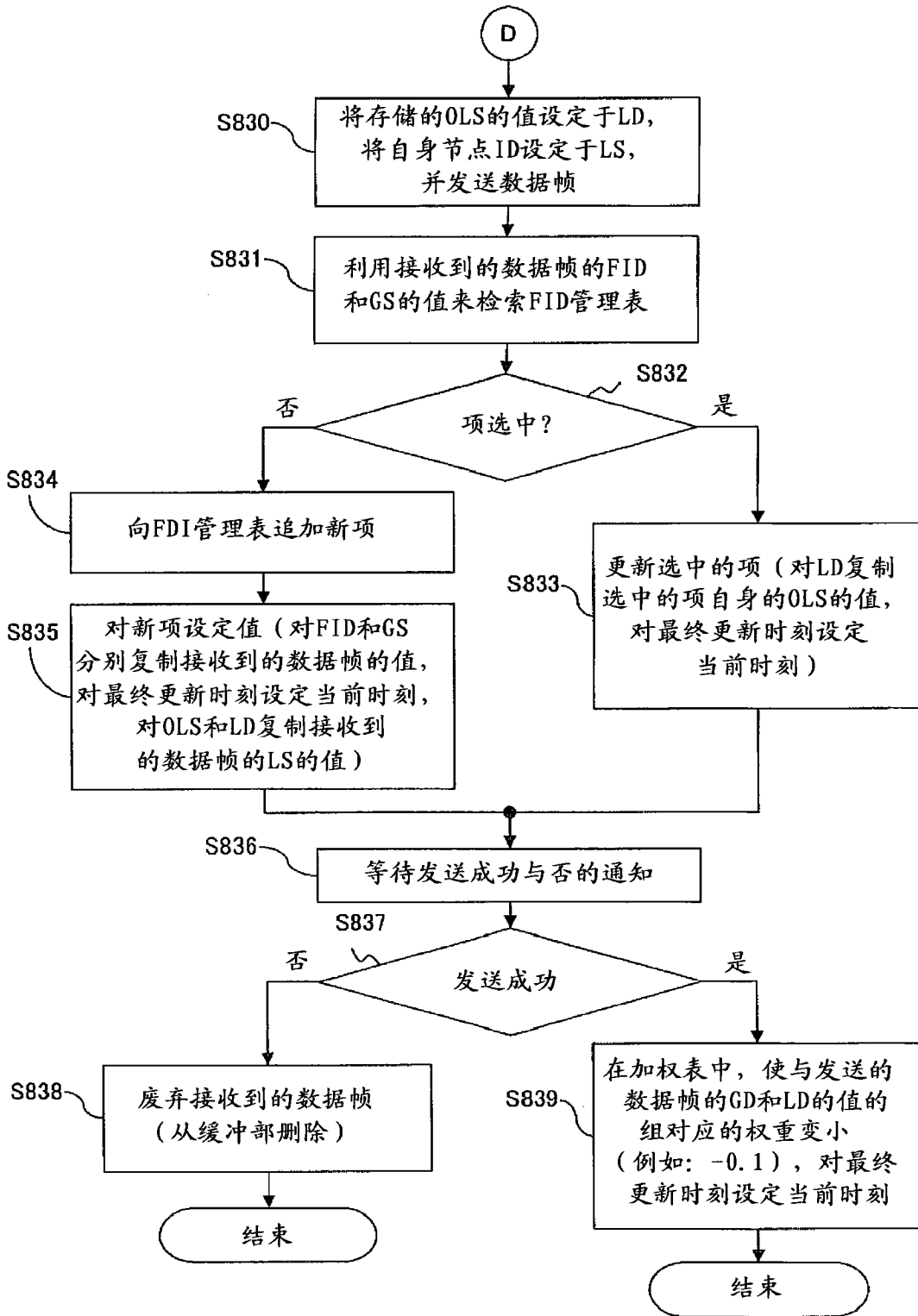


图 23

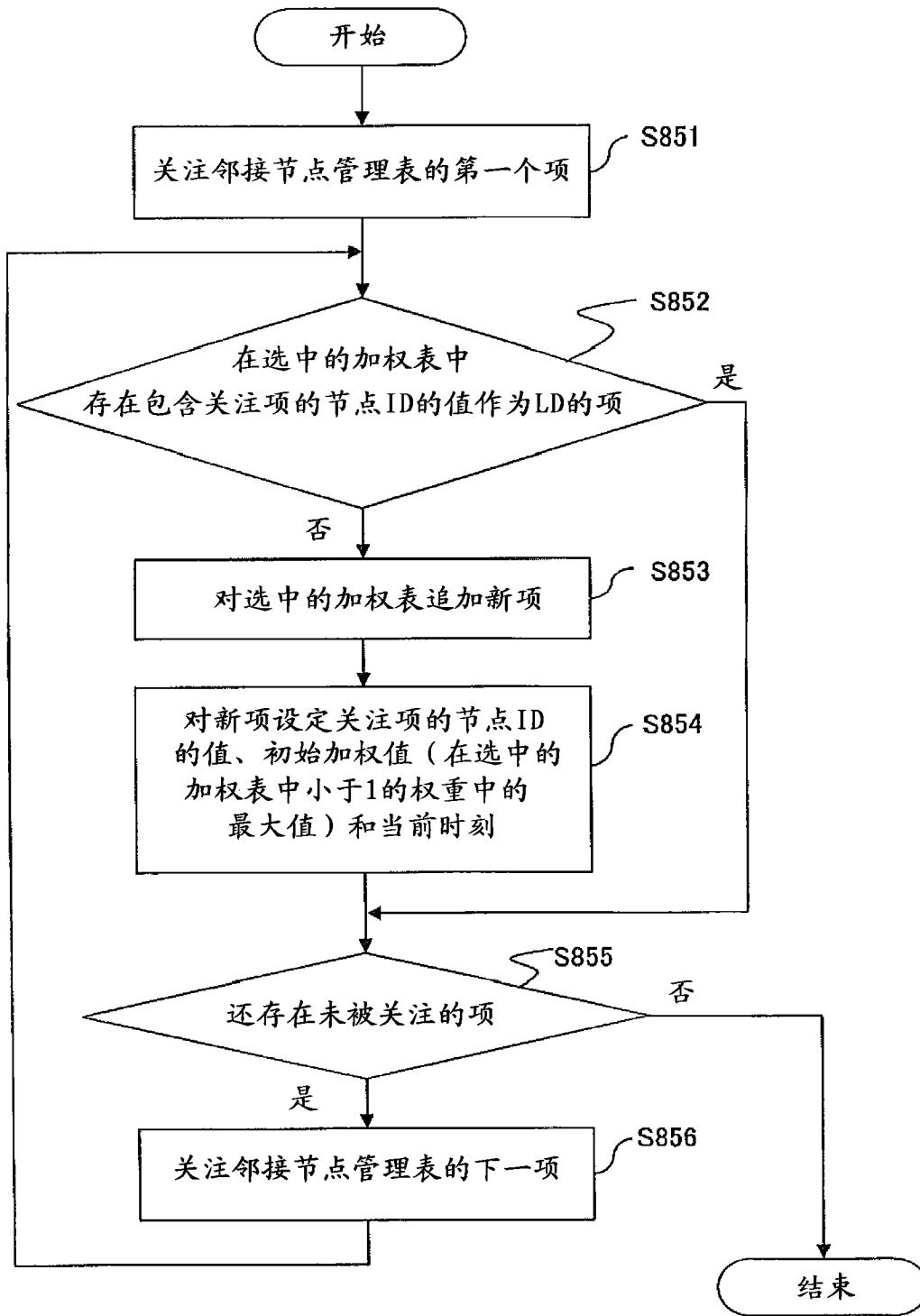


图 24

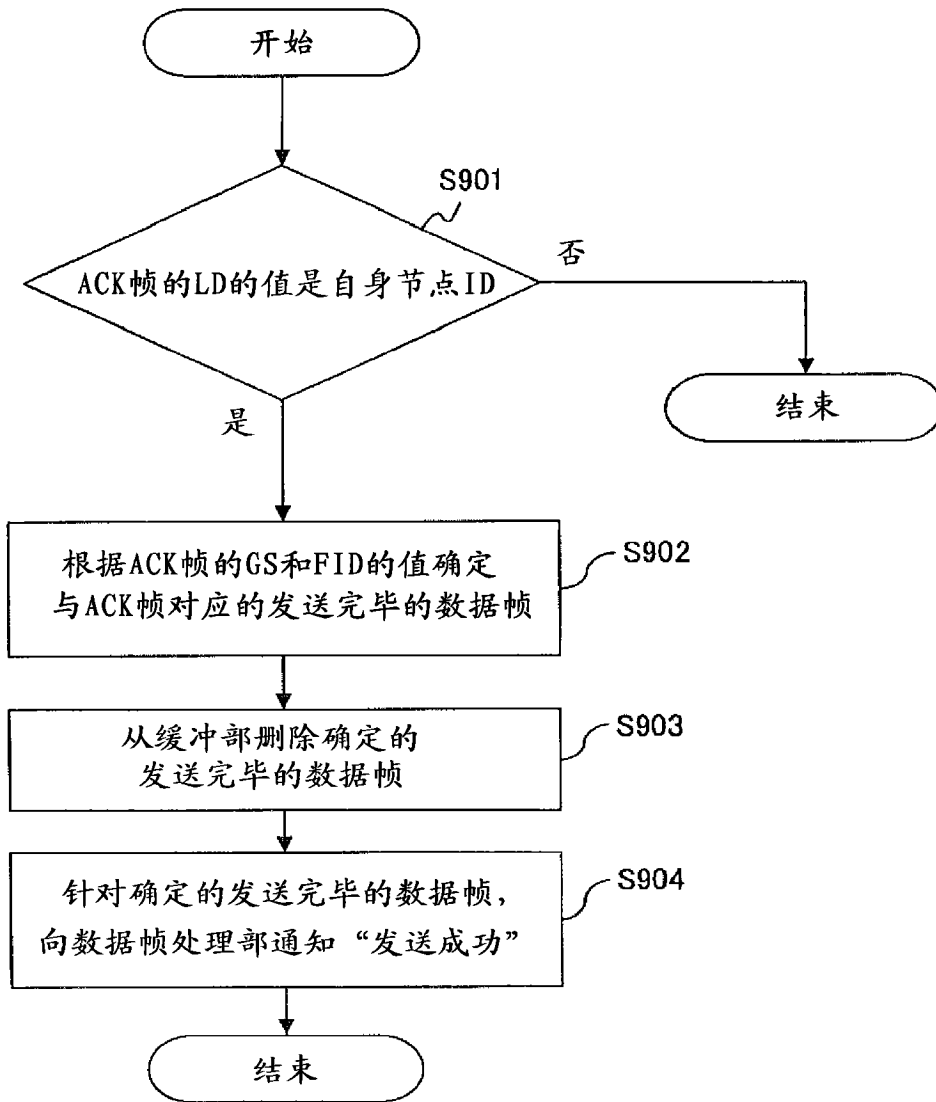


图 25

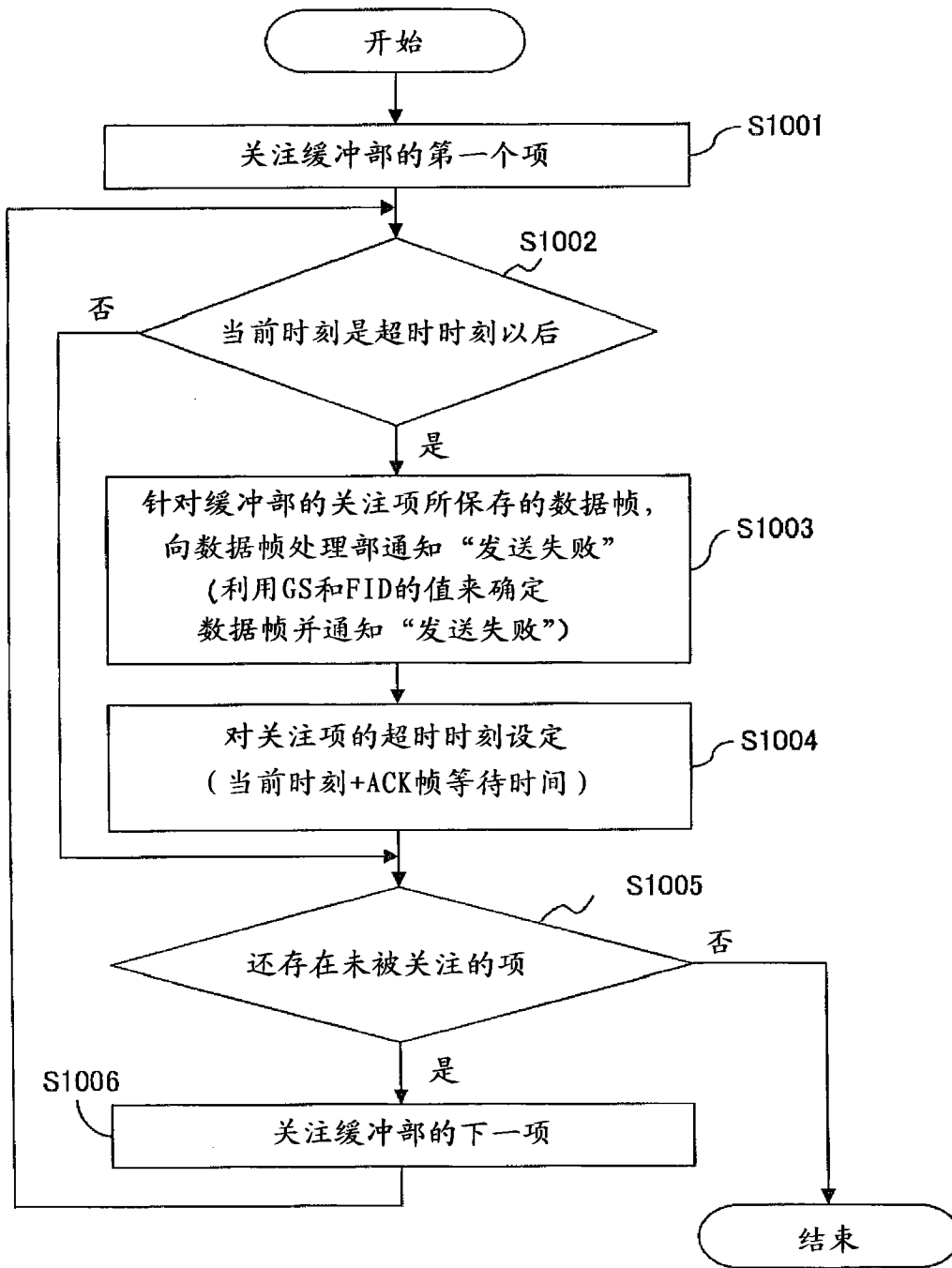


图 26

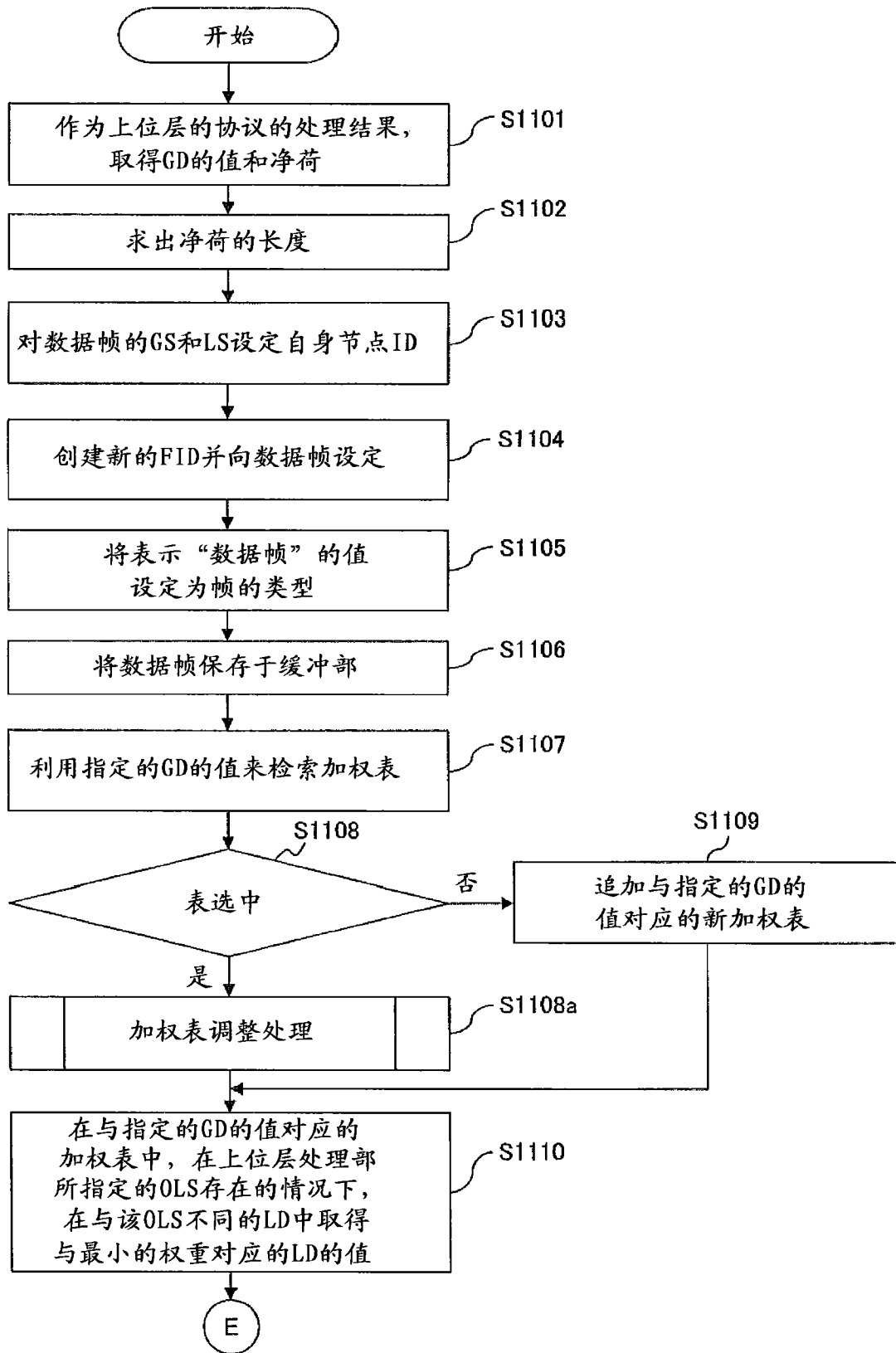


图 27

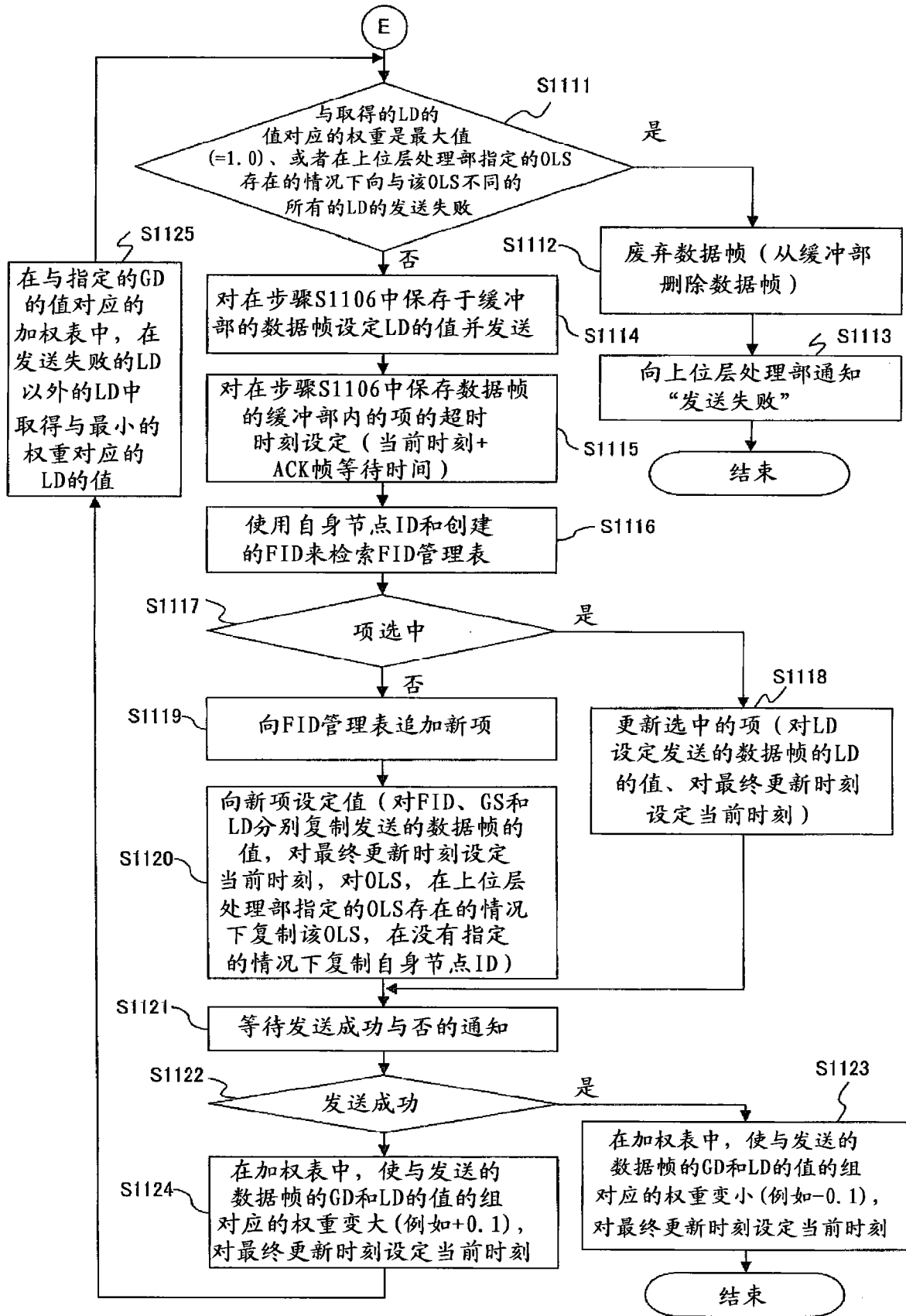


图 28

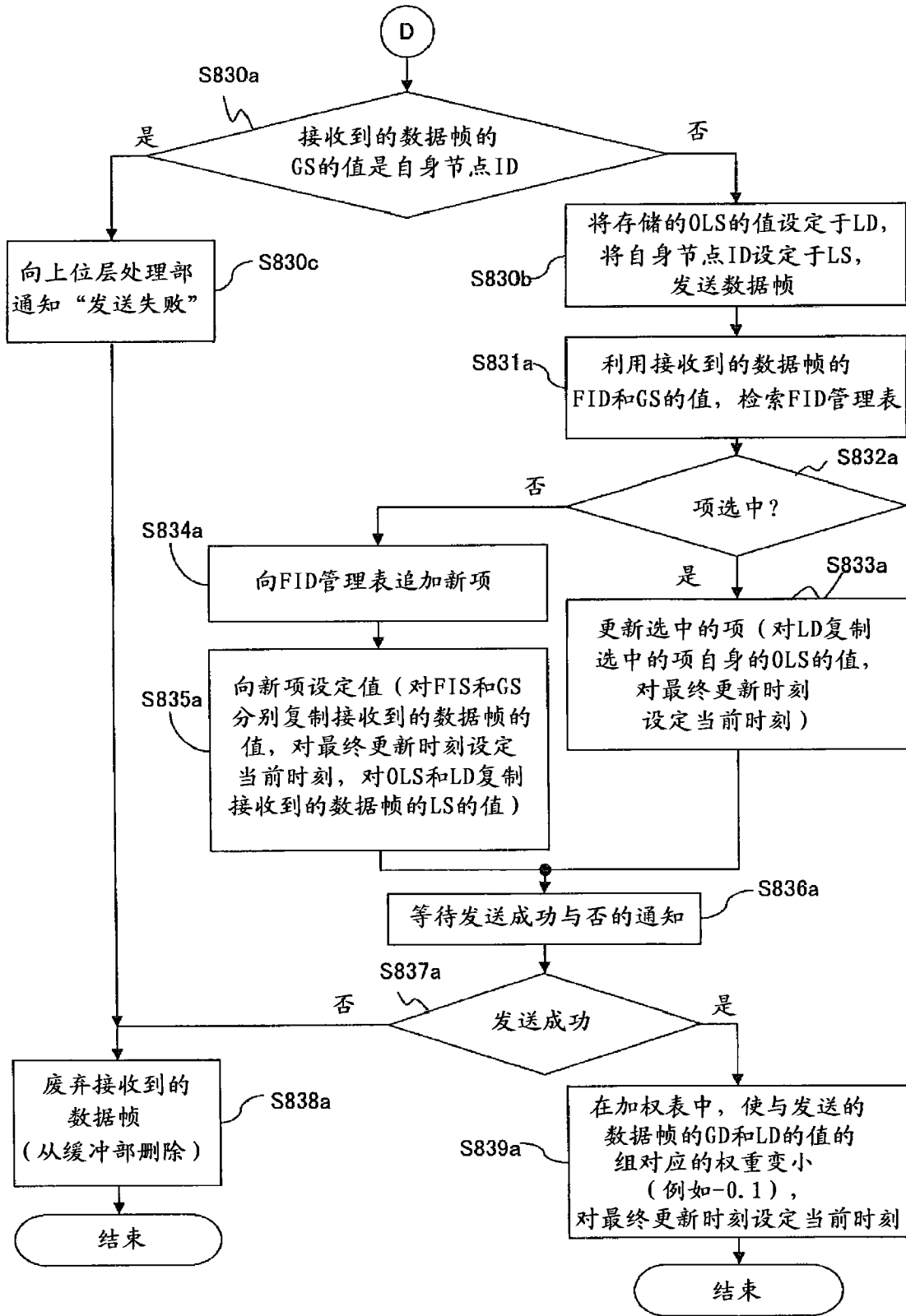


图 29

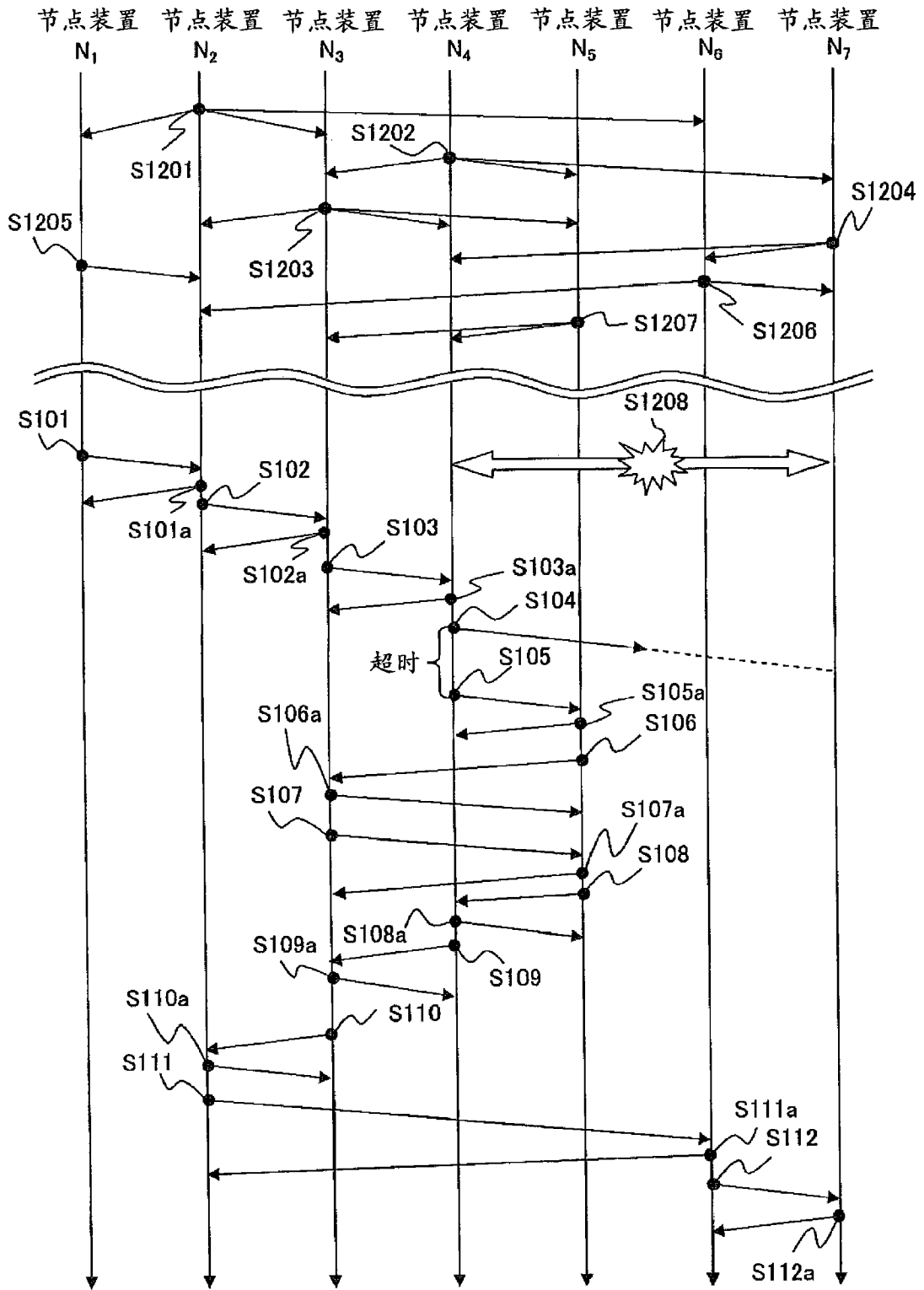


图 30

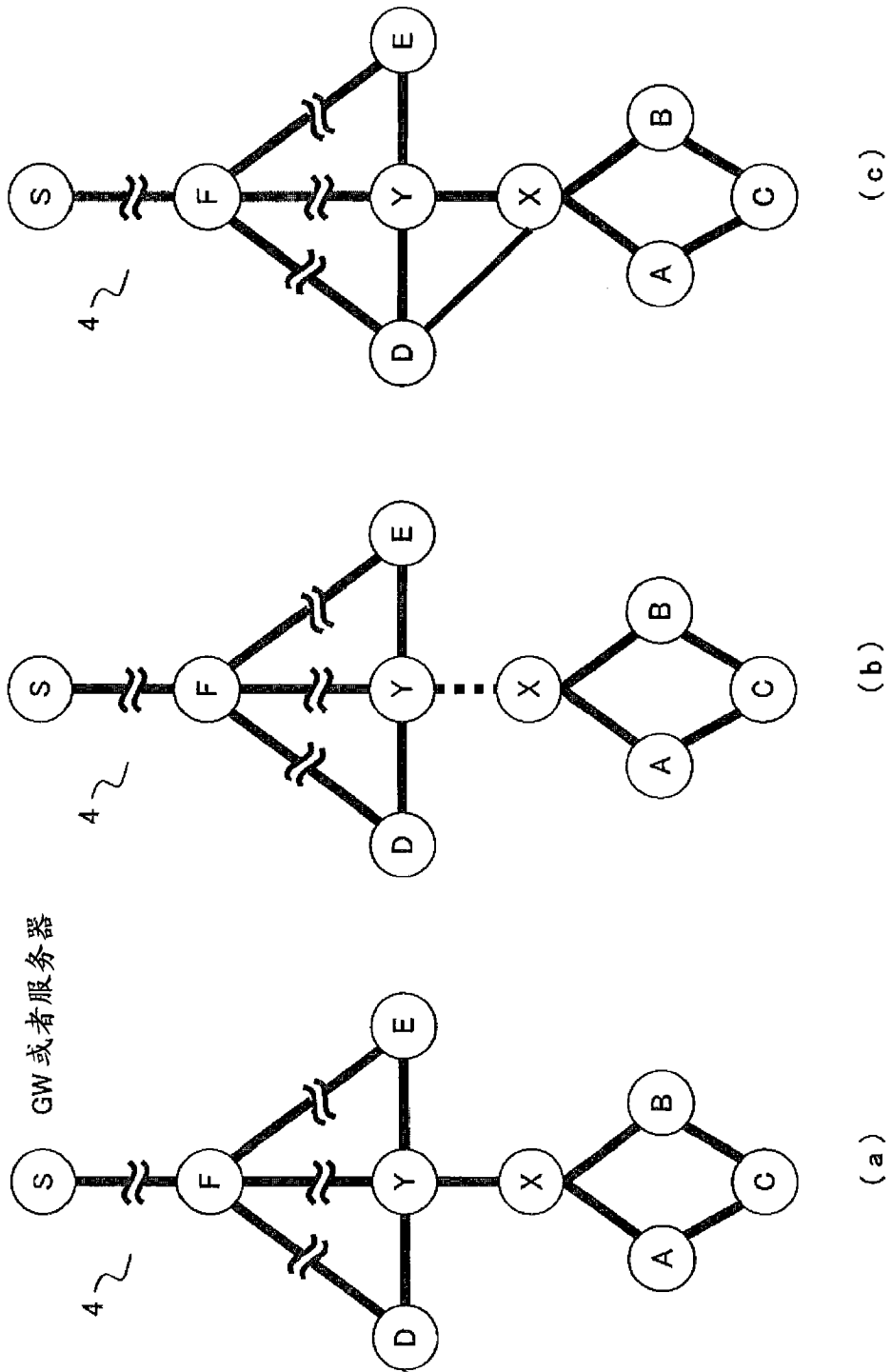


图 31

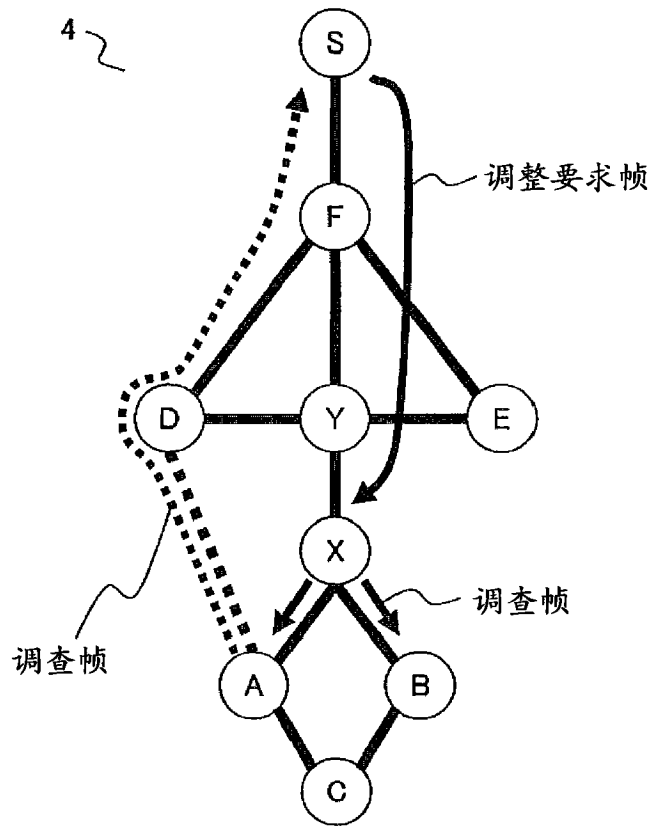


图 32

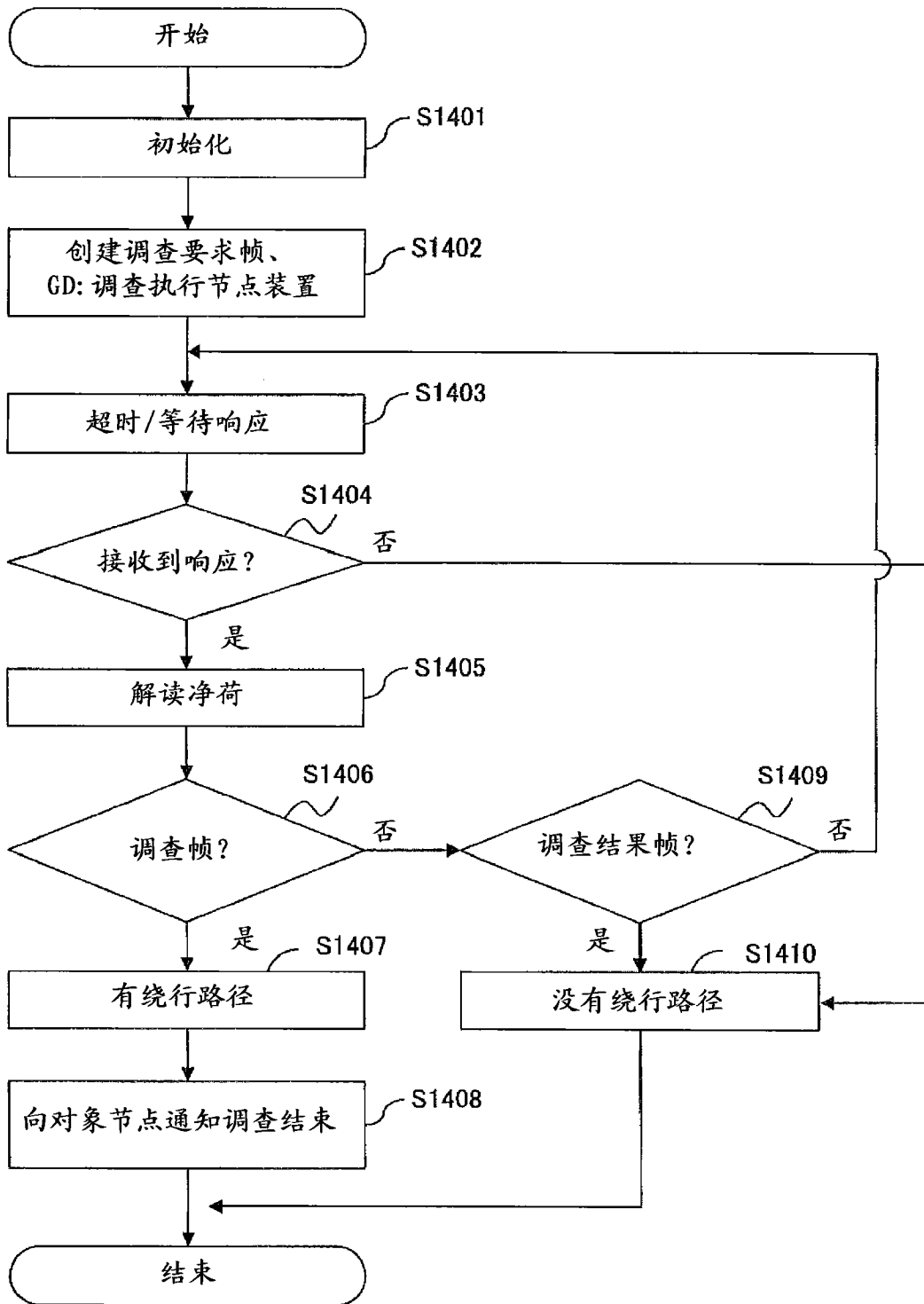


图 33

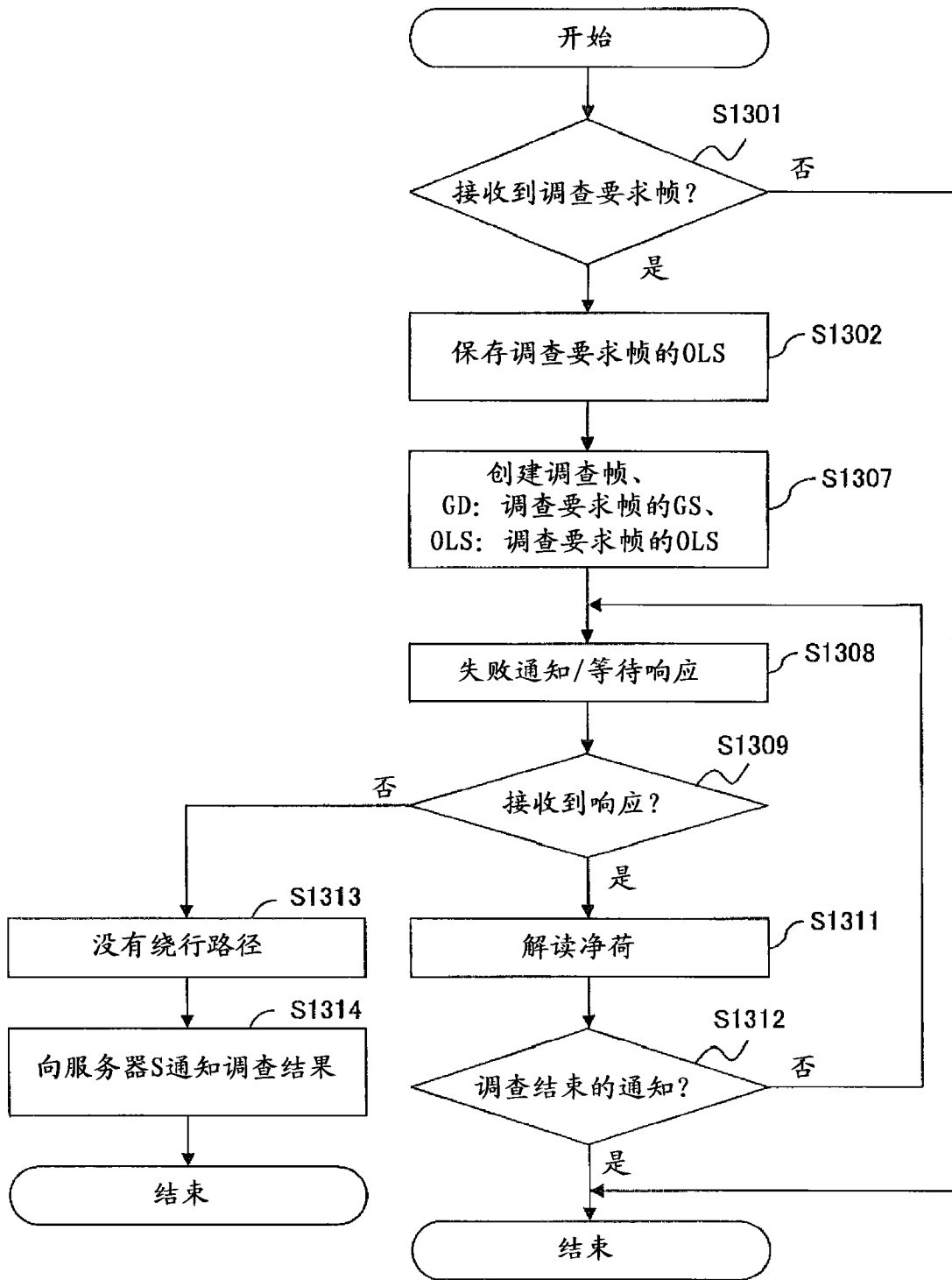


图 34

节点ID	最终更新时间
D	T_D
A	T_A
B	T_B
Y	T_Y
E	T_E

图 35

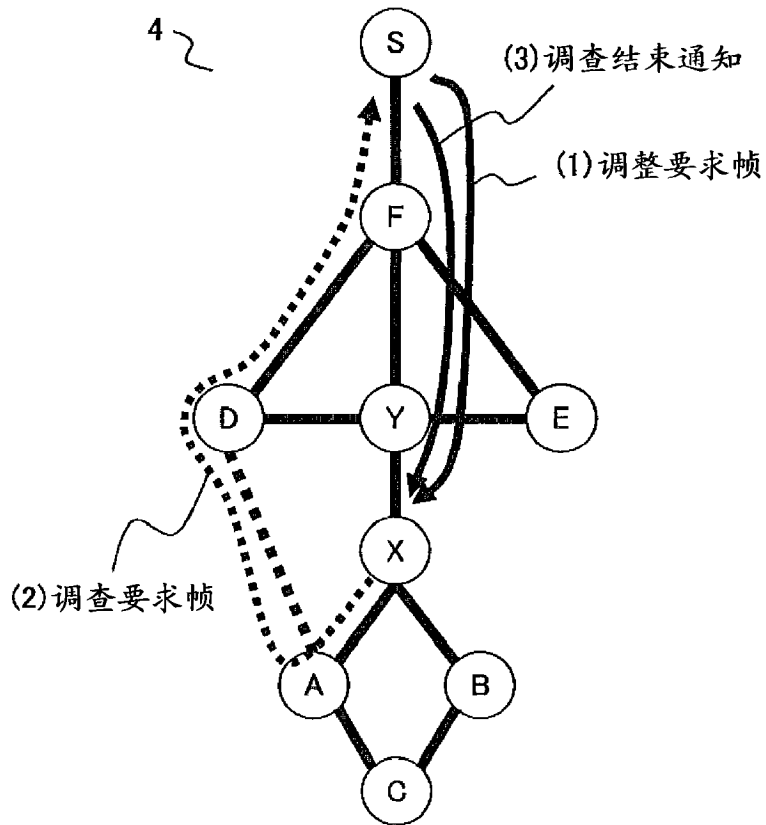


图 36

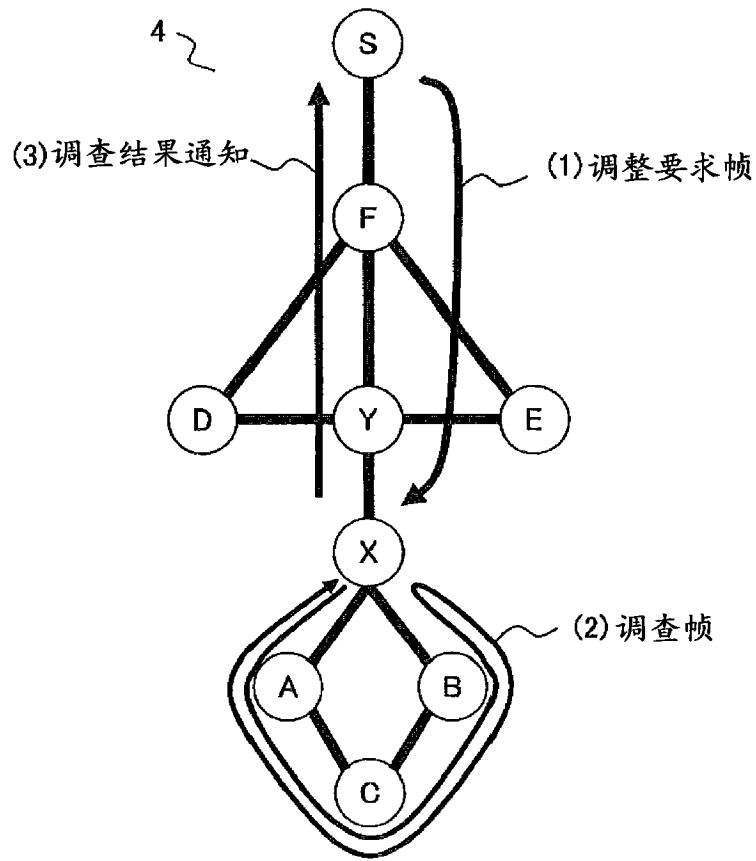


图 37