



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102792737 B

(45) 授权公告日 2015.03.25

(21) 申请号 201180010501.2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011.02.22

H04W 40/12(2006.01)

(30) 优先权数据

H04W 40/28(2006.01)

2010-037141 2010.02.23 JP

H04W 84/18(2006.01)

2010-040271 2010.02.25 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2012.08.22

CN 1717108 A, 2006.01.04,

US 2009/0225698 A1, 2009.09.10,

(86) PCT国际申请的申请数据

审查员 姚刚

PCT/JP2011/053845 2011.02.22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/105371 JA 2011.09.01

(73) 专利权人 国立大学法人九州大学

地址 日本福岡县

(72) 发明人 古川浩 金光日

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 周春燕 段承恩

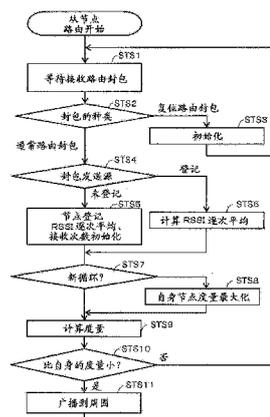
权利要求书3页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

通信系统、从节点、路由构建方法及程序

(57) 摘要

本发明提出一种通信系统等,其即使因接收功率(RSSI)的变动而使得传输路径变动,也能构建稳定的中继路径。在无线回传系统中,在构建以核心节点为根的树结构的通信路径时,在各从节点中使用从接收最近的复位路由封包起从相同的发送源节点接收到的n个路由封包的接收功率的逐次平均等,确定是否将该发送源节点作为树结构中的父节点。由于接收功率一般遵照对数正态分布,所以通过特别使用逐次平均,能够获得渐近地稳定的中继路径。



1. 一种通信系统,包含连接于基于网络的核心节点和直接或经由其它的从节点通过无线通信连接于所述核心节点的多个从节点,

所述核心节点对所述从节点发送指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化的复位路由封包,其后发送多个指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建的通常路由封包,

所述各从节点包含:

自身路径评价价值存储单元,其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价价值即自身路径评价价值;

上行中继目的地存储单元,其存储上行中继目的地信息,所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点;以及

路由构建处理单元,其在从接收到所述复位路由封包起从相同的发送源节点接收到 n 个所述通常路由封包的情况下,判断是否将所述发送源节点设为新的所述上行中继目的地节点而确定从所述核心节点至该从节点的通信路径,其中, n 为自然数;

所述路由构建处理单元具有:

接收功率评价价值计算单元,其基于第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率,计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价价值即接收功率评价价值;

新累积路径评价价值计算单元,其基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价价值及所述接收功率评价价值,计算第 n 个接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价价值即新累积路径评价价值;以及

路径更新单元,其在所述新累积路径评价价值比所述自身路径评价价值小的情况下,使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息,使所述自身路径评价价值存储单元存储所述累积路径评价价值来作为新的所述自身路径评价价值而进行更新处理;

其中,所述接收功率评价单元,在 n 为 2 以上的情况下,不仅基于第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率,还基于所述复位路由封包的接收功率或 / 及此外接收的所述通常路由封包的一部分或全部的接收功率,计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价价值即接收功率评价价值。

2. 如权利要求 1 所述的通信系统,其中:

所述接收功率评价价值计算单元以常数或所述复位路由封包的接收功率为初始值,对于 α_n 及 β_n , 根据式 (eq1), 来计算第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率 R_n 的评价价值即接收功率评价价值 A_n , α_n 及 β_n 为 n 的函数, α_n 为不恒等于零的函数:

$$A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n. \quad (\text{eq1}).$$

3. 如权利要求 2 所述的通信系统,其中:

在式 (eq1) 中, $A_1 = R_1$, 在 n 为 2 以上的情况下, $\alpha_n = (n-1)/n$ 且 $\beta_n = 1/n$ 。

4. 如权利要求 2 所述的通信系统,其中:

在式 (eq1) 中, α_n 或 / 及 β_n 为常数。

5. 一种从节点,其直接或经由其它的节点通过无线通信连接于核心节点,所述核心节点连接于基于网络,所述从节点包含:

自身路径评价值存储单元,其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价值即自身路径评价值;

上行中继目的地存储单元,其存储上行中继目的地信息,所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点;以及

路由构建处理单元,其在从所述核心节点接收到复位路由封包后从相同的发送源节点接收到 n 个通常路由封包的情况下,判断是否将所述发送源节点设为新的所述上行中继目的地节点而确定从所述核心节点至该从节点的通信路径,所述复位路由封包指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化,所述通常路由封包指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建,其中, n 为自然数;

所述路由构建处理单元具有:

接收功率评价值计算单元,其通过所述复位路由封包的接收功率及所接收的 n 个所述通常路由封包的逐次平均、或所接收的 n 个所述通常路由封包的逐次平均计算接收功率评价值 A_n ,所述接收功率评价值 A_n 评价第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率 R_n ;

新累积路径评价值计算单元,其基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价值及所述接收功率评价值,计算第 n 个接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价值即新累积路径评价值;以及

路径更新单元,其在所述新累积路径评价值比所述自身路径评价值小的情况下,使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息,使所述自身路径评价值存储单元存储所述累积路径评价值来作为新的所述自身路径评价值而进行更新处理。

6. 一种路由构建方法,其是包含连接于基于网络的核心节点和直接或经由其它的从节点通过无线通信连接于所述核心节点的多个从节点的通信系统中的路由构建方法,

所述各从节点包含:

自身路径评价值存储单元,其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价值即自身路径评价值;

上行中继目的地存储单元,其存储上行中继目的地信息,所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点;以及

周边节点存储单元,其存储能够发送接收封包的节点及与该节点的封包发送接收时的接收功率的评价值即接收功率评价值的组合;

所述路由构建方法包括:

初始化步骤,所述核心节点对所述从节点发送指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化的复位路由封包,接收到所述复位路由封包的从节点的初始化单元判断是否初次接收到该复位路由封包,在初次接收到的情况下,将相同的所述复位路由封包发送至存储于所述周边节点存储单元的节点,并删除存储于所述周边节点存储单元的信息,将所述自身路径评价值设定为最大值;以及

路由构建步骤,所述核心节点对所述从节点确定发送的顺序并发送多个指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建的通常路由封包,在接收到所述通常路由封包的所述

从节点中，

接收功率评价值计算单元，

在所接收的通常路由封包的发送源节点未存储于所述周边节点存储单元的情况下，基于所述通常路由封包的接收功率计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价值即接收功率评价值，使所述周边节点存储单元存储所述发送源节点与所述接收功率评价值的组合，

在所接收的通常路由封包的发送源节点存储于所述周边节点存储单元的情况下，不仅基于所述通常路由封包的接收功率，还基于存储于所述周边节点存储单元的所述接收功率评价值计算新的接收功率评价值，对所述周边节点存储单元，使其存储所述发送源节点与新的所述接收功率评价值的组合，

新循环处理单元基于所述发送的顺序判断所接收的所述通常路由封包是否是以前未接收到的所述通常路由封包，如果是未接收到的所述通常路由封包，则将所述自身路径评价值设为最大值，

新累积路径评价值计算单元基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价值及所述接收功率评价值，计算所接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价值即新累积路径评价值，

路径更新单元在所述新累积路径评价值比所述自身路径评价值小的情况下，使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息，使所述自身路径评价值存储单元存储所述累积路径评价值来作为新的所述自身路径评价值而进行更新处理，对存储于所述周边节点存储单元的节点发送新的所述自身路径评价值，由此确定从所述核心节点至该从节点的通信路径。

通信系统、从节点、路由构建方法及程序

技术领域

[0001] 本发明涉及通信系统、从节点、路由构建方法及程序,尤其涉及包含连接于基干网络的核心节点和直接或经由其它的节点通过无线通信连接于核心节点的多个从节点的通信系统等。

背景技术

[0002] 作为实现新一代宽带移动(broadband mobile)的一种方式,以无线将半径为数十米的狭小小区基站组进行多跳中继连接的蜂窝系统得到研究。在该系统中,基站组之中称为核心节点的几个基站以有线连接于基干网络,其它节点通过经由核心节点的无线多跳中继进行与基干网络的通信。

[0003] 这种无线中继网络通称为无线回转网络(wireless backhaul)。其稳定运用和大容量化达成优质的无线多跳中继协议的实现。无线回转网络的路由协议通过度量和算法而被赋予特征,依照度量的定义,对应的算法也不同。迄今所提出的度量例如有跳数和/或节点间的无线链接的质量等。是ETX(Expected Transmission Count:期望传输数)度量、RTT(Per-hop Round Trip Time:每跳往返时间)度量、WCETT(Weighted Cumulative Expected Transmission:加权累积期望传输时间)度量等。而且,现有经常使用的算法有Bellman-Ford算法和/或Dijkstra算法等。

[0004] 而且,发明人们提出了以传输损耗为度量的路由方法(以下称为“现有的最小传输损耗路由”)(参照专利文献1~3、非专利文献1)。现有的最小传输损耗路由通过节点间的接收功率(RSSI,Received Signal Strength Indicator:接收信号强度指示)求取传输损耗,以其作为度量,根据Bellman-Ford算法构建从各节点到核心节点的传输损耗成为最小的中继路径。参照图8,关于现有的最小传播损耗路由具体地进行说明。图8是表示现有的最小传播损耗路由中的从节点的工作的流程图。核心节点广播1次度量0的路由封包(routing packet),从节点若接收到路由封包(步骤STSP1),则根据接收时的RSSI计算传输损耗,将该传输损耗与包含于接收封包中的累积度量(表示从发送了该接收封包的节点到核心节点的传输损耗之和)相加而计算新的度量(步骤STSP2)。若该新的度量比本节点所保存的累积度量小(步骤STSP3),则更新路由,将包含新度量的路由封包广播到周围(步骤STSP4)。在步骤STSP3中若该新的度量不比本节点所保存的累积度量小,则不进行路由的更新处理。通过反复以上过程而形成路由。此外,在未接收路由封包而经过预定的时间后(步骤STSP5),发送节点登记封包(步骤STSP6),并结束处理。最终构建以核心节点为中心的树型的路径。由于最小传输损耗路由以节点间的传输损耗作为度量,所以中继路径全体对干扰的耐性高,能够期待高质量、高效率的传送特性。

[0005] 此外,关于无线多跳中继中的路由协议,已经提出有多种方法,在自组织型的无线回转网络中,通过IETF(Internet Engineering Task Force:因特网工程任务推动小组)的MANET(Mobile Ad-Hoc Networks:移动自组织网络)WG也进行了标准化。

发明内容

[0006] 但是,在以跳数作为度量的情况下,距离远的节点间的链路会被使用于路由,与路由的稳定性获得相违背。

[0007] 此外,在现有的最小传播损耗路由中,有因传输路径的变动而使得路由变得不稳定的问题。即,在非专利文献 1 中关于最小传输损耗路由,不考虑传输路径的变动的影响而通过计算机模拟评价了其有效性。但是,在实际环境中,尽管各节点被固定地设置,但会因人的往来等而使 RSSI 变动(参照图 2 的线 a)。在现有的最小传输损耗路由中,由于度量仅根据所接收的路由封包的 RSSI 进行计算,所以若 RSSI 变动,则在路径构建中所使用的度量也变动,所构建的路由也依执行时刻而变动,亦即变得不稳定。

[0008] 已经提出的无线多跳中继中的路由协议,也没有获得相对于传输路径的变动稳定的路径的机制。因此,据此构建的路由不过是在特定时刻最佳的路由,为了应付传输路径的变动,需要频繁的路径再构建,会提高网络的负荷。

[0009] 若具体地研究,则这些路由协议能够分类为需求(on-demand)型和静态型。

[0010] 在需求型的路由协议中,每次产生通信请求就进行路由处理,所构建的路由持续存在一定的生存期间(TTL)。若通信结束,则该路由被删除。需求型的路由协议虽然路由处理的负荷大,但由于能够迅速应对网络拓扑的变化,所以适合移动性大的移动自组织网络。

[0011] 另一方面,在静态型路由协议中,在构建网络时与系统的启动同时构建路由,然后保持该路由而开始服务。在无线回转网络中,由于各基站被固定设置,所以静态型的路由协议适合。

[0012] 在无线回转网络中虽然各基站被固定设置,但传输路径会受到由人的移动等引起的衰落(fading)的影响而变动。但是,在现有的静态型路由协议中,与现有的最小传播损耗路由同样,未进行考虑了传输路径的变动的算法设计。由于完全忽视传输路径的随时间变动,所以即使是相同的节点配置,也会构建依路由的执行时刻而不同的中继路径。此外,使用独自的测试台检查因无线回转网络中的传输路径的变动使得所构建的路由随时间变动的现象,据此还报告出系统的吞吐量发生变动。

[0013] 在静态型路由中,若仅看系统启动时的传输路径状况而进行路由,则此后若传输路径变动,则将无法保证由该路由提供的系统的性能,在最坏的情况下,也有时中继路径被断绝。

[0014] 因此,本发明的目的在于提出即使因 RSSI 的变动而使得传输路径变动,也能构建稳定的中继路径的通信系统等。

[0015] 本发明的第一方面为一种通信系统,包含连接于基干网络的核心节点和直接或经由其它的从节点通过无线通信连接于所述核心节点的多个从节点,所述核心节点对所述从节点发送指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化的复位路由封包,其后发送多个指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建的通常路由封包,所述各从节点包含:自身路径评价存储单元,其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价值即自身路径评价值;上行中继目的地存储单元,其存储上行中继目的地信息,所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点;以及路由构建处理单元,其在从接收到所述复位路由封包起从相同的发送源节点接收到 n 个(n 为自然数)所述通常路由封包的情况下,判断是否将所述发送源节

点设为新的所述上行中继目的地节点而确定从所述核心节点至该从节点的通信路径；所述路由构建处理单元具有：接收功率评价价值计算单元，其基于第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率，计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价价值即接收功率评价价值；新累积路径评价价值计算单元，其基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价价值及所述接收功率评价价值，计算第 n 个接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价价值即新累积路径评价价值；以及路径更新单元，其在所述新累积路径评价价值比所述自身路径评价价值小的情况下，使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息，使所述自身路径评价价值存储单元存储所述累积路径评价价值来作为新的所述自身路径评价价值而进行更新处理；其中，所述接收功率评价单元，在 n 为 2 以上的情况下，不仅基于第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率，还基于所述复位路由封包的接收功率或 / 及此外接收的所述通常路由封包的一部分或全部的接收功率，计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价价值即接收功率评价价值。

[0016] 本发明的第二方面为第一方面的通信系统，其中：所述接收功率评价价值计算单元以常数或所述复位路由封包的接收功率为初始值，对于 α_n 及 β_n ，根据式 (eq1)，来计算第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率 R_n 的评价价值即接收功率评价价值 A_n ， α_n 及 β_n 为 n 的函数， α_n 为不恒等于零的函数。

[0017] 本发明的第三方面为第二方面的通信系统，其中：在式 (eq1) 中， $A_1=R_1$ ，在 n 为 2 以上的情况下， $\alpha_n=(n-1)/n$ 且 $\beta_n=1/n$ 。

[0018] 本发明的第四方面为第二方面的通信系统，其中：在式 (eq1) 中， α_n 或 / 及 β_n 为常数。

[0019] 本发明的第五方面为一种从节点，其直接或经由其它的节点通过无线通信连接于核心节点，所述核心节点连接于基干网络，所述从节点包含：自身路径评价价值存储单元，其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价价值即自身路径评价价值；上行中继目的地存储单元，其存储上行中继目的地信息，所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点；以及路由构建处理单元，其在从所述核心节点接收到复位路由封包后从相同的发送源节点接收到 n 个 (n 为自然数) 通常路由封包的情况下，判断是否将所述发送源节点设为新的所述上行中继目的地节点而确定从所述核心节点至该从节点的通信路径，所述复位路由封包指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化，所述通常路由封包指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建；所述路由构建处理单元具有：接收功率评价价值计算单元，其通过所述复位路由封包的接收功率及所接收的 n 个所述通常路由封包的逐次平均、或所接收的 n 个所述通常路由封包的逐次平均计算接收功率评价价值 A_n ，所述接收功率评价价值 A_n 评价第 n 个接收的所述通常路由封包的接收功率 R_n ；新累积路径评价价值计算单元，其基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价价值及所述接收功率评价价值，计算第 n 个接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价价值即新累积路径评价价值；以及路径更新单元，其在所述新累积路径评价价值比所述自身路径评价价值小的情况下，使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息，使所述自身路径评价价值存储单元存储所述累积路径评价价值来作为新的所述自身路径评

价值而进行更新处理。

[0020] 本发明的第六方面为一种路由构建方法,其是包含连接于基干网络的核心节点和直接或经由其它的从节点通过无线通信连接于所述核心节点的多个从节点的通信系统中的路由构建方法,所述各从节点包含:自身路径评价价值存储单元,其存储从所述核心节点至该从节点的通信路径的评价价值即自身路径评价价值;上行中继目的地存储单元,其存储上行中继目的地信息,所述上行中继目的地信息表示从该从节点至所述核心节点的通信路径中的最初的中继目的地节点即上行中继目的地节点;以及周边节点存储单元,其存储能够发送接收封包的节点及与该节点的封包发送接收时的接收功率的评价价值即接收功率评价价值的组合;所述路由构建方法包括:初始化步骤,所述核心节点对所述从节点发送指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的初始化的复位路由封包,接收到所述复位路由封包的从节点的初始化单元判断是否初次接收到该复位路由封包,在初次接收到的情况下,将相同的所述复位路由封包发送至存储于所述周边节点存储单元的节点,并删除存储于所述周边节点存储单元的信息,将所述自身路径评价价值设定为最大值;以及路由构建步骤,所述核心节点对所述从节点确定发送的顺序并发送多个指示从所述核心节点至该从节点的通信路径的构建的通常路由封包,在接收到所述通常路由封包的所述从节点中,接收功率评价价值计算单元,在所接收的通常路由封包的发送源节点未存储于所述周边节点存储单元的情况下,基于所述通常路由封包的接收功率计算该从节点与所述发送源节点之间的接收功率的评价价值即接收功率评价价值,对所述周边节点存储单元,使其存储所述发送源节点与所述接收功率评价价值的组合,在所接收的通常路由封包的发送源节点存储于所述周边节点存储单元的情况下,不仅基于所述通常路由封包的接收功率,还基于存储于所述周边节点存储单元的所述接收功率评价价值计算新的接收功率评价价值,对所述周边节点存储单元,使其存储所述发送源节点与新的所述接收功率评价价值的组合,新循环处理单元基于所述发送的顺序判断所接收的所述通常路由封包是否是以前未接收到的所述通常路由封包,如果是未接收到的所述通常路由封包,则将所述新自身路径评价价值设为最大值,新累积路径评价价值计算单元基于从所述核心节点至所述发送源节点的中继路径的评价价值及所述接收功率评价价值,计算所接收的所述通常路由封包所经由的通信路径的评价价值即新累积路径评价价值,路径更新单元在所述新累积路径评价价值比所述自身路径评价价值小的情况下,使所述上行中继目的地存储部存储所接收的所述通常路由封包的封包发送源来作为新的所述上行中继目的地节点信息,使所述自身路径评价价值存储单元存储所述累积路径评价价值来作为新的所述自身路径评价价值而进行更新处理,对存储于所述周边节点存储单元的节点发送新的所述自身路径评价价值,由此确定从所述核心节点至该从节点的通信路径。

[0021] 本发明的第七方面为一种程序,其用于使计算机作为第五方面的从节点发挥作用。

[0022] 此外,接收功率评价价值计算单元也可以在式 (eq1) 中,将 A_0 作为复位路由封包的接收功率 R_0 ,对自然数 n , 设为 $\alpha_n = n/(n+1)$ 且 $\beta_n = 1/(n+1)$ 而计算接收功率评价价值。特别是,在本发明的第六方面中,接收到复位路由封包的从节点的初始化单元也可以在删除存储于所述周边节点存储单元的信息后,对所述周边节点存储单元,将复位路由封包的接收功率设为接收功率评价价值的初始值,使其组合存储复位路由封包的发送源节点与接收功率评价价值的初始值。此外,也可以作为(稳定地)记录有本发明的第七方面的程序的计算机

可读取记录介质而掌握。

[0023] [数式 1]

$$[0024] \quad A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n. \quad (\text{eq1})$$

[0025] 此外,函数 α_n 及 β_n 也可以例如为 $\alpha_n + \beta_n \leq 1$ (特别是 $\alpha_n + \beta_n = 1$) 的函数。进而,通过设定为对于 $n \rightarrow \infty$, $\alpha_n \rightarrow 1$ 及 $\beta_n \rightarrow 0$ 的函数,能够将接收功率评价值 A_n 设为更稳定的值而进行计算。

[0026] 发明的效果

[0027] 根据本发明,与现有的最小传输损耗路由不同,通过不仅考虑成为各路由构建处理的开始的契机的通常路由封包的 RSSI,还考虑在最近的复位路由封包的接收以后接收到的其它通常路由封包的 RSSI 而进行路由构建处理,即使在复位路由封包的接收以后,各节点被固定设置,在无设置位置的变动的状态下 RSSI 变动的情况下,也能构建稳定的中继路径。

[0028] 进而,通过如本发明的第二及第五方面,对从复位路由封包的接收起第 n 个 (n 为 2 以上的自然数) 接收的通常路由封包的接收功率评价值 A_n ,除了该通常路由封包的接收功率 R_n 外还利用接收功率评价值 A_{n-1} 来进行求取,能够限制存储于各从节点的变量,进而计算处理也减轻,能够使从节点的实现变得容易。特别是,在无线回转网络的传输路径中,已知 RSSI 一般遵照对数正态分布,通过如本发明的第三方面,利用逐次平均求取 A_n ,能够获得渐近地稳定的中继路径。此外,通过如本发明的第四方面,将函数 α_n 或 / 及 β_n 设为常数,可以缓和 RSSI 的变动。

附图说明

[0029] 图 1 是表示作为本发明的实施例的通信系统 1 的概要的图。

[0030] 图 2 是表示 RSSI 的变动 (线 a) 及逐次平均的变化 (线 b) 的曲线图。

[0031] 图 3 是表示图 1 的核心节点 5 的结构的一例的框图。

[0032] 图 4 是表示图 3 的核心节点 5 的工作的一例的流程图。

[0033] 图 5 是表示图 1 的从节点 7_i 的结构的一例的框图。

[0034] 图 6 是表示图 5 的从节点 7_i 的工作的一例的流程图。

[0035] 图 7 是表示通过本实施例的实验构建的稳定路由的图。

[0036] 图 8 是表示现有的最小传播损耗路由中的从节点的工作的流程图。

[0037] 符号说明

[0038] 1: 通信系统, 3: 基干网络, 5: 核心节点, 7_i : 从节点, 51_i : 自身路径评价值存储部, 53_i : 节点存储部, 75_i : 初始化部, 81_i : 节点登记处理部, 83_i : 接收功率评价值计算部, 87_i : 累积路径评价值计算部, 91_i : 路径更新部。

具体实施方式

[0039] 以下,参照附图关于本发明的实施例进行说明。此外,本发明不限于该实施例。

[0040] 实施例

[0041] 图 1 是表示作为本发明的实施例的通信系统 1 的概要的图。通信系统 1 为无线回转系统,各基站被固定设置。通信系统 1 的基站有两种,为有线连接于基干网络 3 的核心节

点 5 (本申请权利要求的“核心节点”的一例) 和多个从节点 7_1 、 \dots 、 7_{10} (本申请权利要求的“从节点”的一例)。基站间可以进行无线通信 (以下称基站间的无线通信线路为“中继线路”), 中继线路如图 1 所示, 构建以核心节点 5 为中心的树型的路径。此外, 在各基站有可以进行无线通信的区域 (cluster cell: 群集小区)。例如如便携电话那样可以移动且可以与基站进行无线通信的便携终端 9 若存在于某基站的群集小区内, 则在与该基站之间进行无线通信 (以下, 称基站与便携终端等之间的无线通信线路为“接入线路”)。便携终端 9 能够通过接入线路及中继线路连接于基干网络 3。

[0042] 接着, 关于本实施例中的路由协议, 对通过 RSSI 的逐次平均计算 RSSI 的评价值的情况进行说明 (以下称为“本协议”)。本协议通过多次循环 (round) 构成, 在各循环中各中继节点与周边的节点反复进行路由封包的发送接收, 计算 RSSI 的逐次平均而构建一条完整的路由。

[0043] 在无线回转网络的传输路径中, 已知 RSSI 一般遵从对数正态分布 (参照非专利文献 2)。即, 以分贝表示的 RSSI 为振幅的分布遵照正态分布的概率过程。

[0044] 通过式 (1) 定义以一定时间间隔对节点间的 RSSI 进行均匀采样而得到的值的序列 $\{R_n, n=1, 2, \dots\}$ 的逐次平均值 $\{A_n, n=1, 2, \dots\}$ 。逐次平均的序列 $\{A_n\}$ 随着 n 变大而收敛于该概率过程的平均值 (参照非专利文献 3)。因此, 由于若增加循环的次数, 则各节点间的 RSSI 的逐次平均收敛于一定的值, 所以由各循环构建的路由渐近向稳定的路由收敛。

[0045] [数式 2]

[0046]

$$A_n = \begin{cases} R_1, & n=1 \\ \frac{A_{n-1} \times (n-1) + R_n}{n}, & n=2, 3, \dots \end{cases} \quad (1)$$

[0047] 在图 1 的中继线路中, 传输路径会受到由人的移动等引起的衰落的影响而变动。在图 2 的曲线图中, 以三角形的符号描绘的线 a, 表示在将 IEEE802. 11a 设为无线接口的情况下实际观测的 RSSI 的随时间变动的状况。RSSI 随着时间剧烈地变动。因此, 如果要使用现有的最小传播损耗路由等始终追随于该 RSSI 的变动, 则中继线路的路径会变得不稳定。

[0048] 相对于此, 在图 2 的曲线图中, 以瓦图 (vatu) 符号描绘的线 b, 表示根据式 (1) 得到的逐次平均的变化。图 2 的线 b 在从 -52dBm 变化到 -55dBm 后稳定于该值。这样, 可知: 通过以一定间隔对节点间的 RSSI 进行采样并取逐次平均, 一定时间后能够抑制 RSSI 的变动。

[0049] 接着, 参照图 3 至图 6, 关于本协议中的图 1 的核心节点 5 及从节点 7_i (i 为从节点的个数以下的自然数) 的结构及工作的一例进行说明。

[0050] 首先, 关于以本协议处理的路由封包、各节点所保存的路由变量及参数等进行定义。

[0051] “自身节点度量” (本申请权利要求的“自身路径评价值”的一例) 在各节点中, 为从该节点到核心节点的中继路径上的传输损耗之和。各节点保存该自身节点度量, 在电源接入时以最大值进行初始化。

[0052] “路由封包”是核心节点 5 对各从节点 7_i 发送的封包。路由封包有两种, 为在核心节点 5 对各从节点 7_i 发出已存路由信息的清除请求时使用的复位路由封包 (本申请权利

要求的“复位路由封包”的一例)、和在构建路由时使用的通常路由封包(本申请权利要求的“通常路由封包”的一例)。路由封包包含累积度量(本申请权利要求的“累积路径评价价值”的一例)和封包 ID 的信息。此处,包含于路由封包的累积度量是发送了该路由封包的节点在发送时所保存的自身节点度量。

[0053] “周边节点表”是记录有周边节点的地址、RSSI 的逐次平均以及路由封包的发送次数的表。此处,周边节点是处于与自身节点能够进行封包的发送接收的范围内的节点。

[0054] “上行中继目的地”是在各从节点 7_i 中作为路由信息保存的上行中继目的地节点的地址(本申请权利要求的“上行中继目的地节点信息”的一例)。在本协议中采用 Bellman-Ford 算法。因此,所构建的中继路径为图 1 那样的树结构,各从节点 7_i 仅具有唯一的上行中继目的地。因此,各从节点 7_i 保存上行中继目的地节点的地址作为路由信息。由于在中继工作时能够检查并确认向上行方向中继的封包的发送源地址,所以下行中继目的地在路由时不确定,而在路径确定后进行检查。

[0055] “自身节点 TimeID”是为了标识各路由封包的发送时刻而具有的时戳。

[0056] 此外,本协议中必要的参数为:各从节点的路由历史清除的等待时间 T_w 、循环的执行次数 N_r 、循环之间的间隔 T_c 、各循环中核心节点的等待时间 T_r 以及从节点的等待时间 T_s 。

[0057] 首先,参照图 3,关于图 1 的核心节点 5 说明结构的一例。

[0058] 核心节点 5 包含:存储周边节点表的节点存储部 13;存储各种参数的参数存储部 15;设置有电源开关 19 及复位按钮 21 的输入部 17;与从节点 7_i 进行无线通信的无线通信部 23;控制核心节点 5 的工作的控制部 25;更新节点存储部 13 的周边节点表的节点登记处理部 27。无线通信部 23 包含:天线 29;控制利用天线 29 进行的通信的通信控制部 31。电源开关 19 在核心节点 5 的电源接入时被操作。复位按钮 21,例如在如变更了核心节点 5 及从节点 7_i 的一部分或全部的配置的情况和/或从通信系统 1 删除了从节点 7_i 的一部分、新增加了从节点的情况那样所配置的节点有变更时,为了从外部进行指示以便重新构建中继路径而被操作。

[0059] 其次,参照图 4 说明图 1 的核心节点 5 的工作的一例。图 4 的该处理,在需要初始化时,从初始化开始以 T_c 时间间隔进行 N_r 次。在图 4 中,作为需要初始化的情况,以电源开关 19 或复位按钮 21 被操作的情况为例来进行说明。

[0060] 控制部 25 判断是否通电或复位按钮 21 被按下(步骤 STC1)。在被操作的情况下,在核心节点 5 中,控制部 25 将复位路由封包的封包 ID 和核心节点 5 的自身节点 TimeID 设定为发送路由封包的时刻,控制无线通信部 23 的通信控制部 31 而通过天线部 29 对各从节点 7_i 发送复位路由封包(步骤 STC2),等待 T_w 时间(例如 7 秒)(步骤 STC3),以 T_c 间隔对各从节点 7_i 发送通常路由封包(步骤 STC4)。此时,路由封包的累积度量为 0,封包 ID 设定为核心节点发送广播封包的时刻。另一方面,在步骤 STC1 中,在既未通电且复位按钮 21 也未被按下的情况下,进行步骤 STC4 的处理。此为一次循环,核心节点 5 若从循环开始经过了 T_r 时间则结束循环,从而通信系统 1 完成一次路由。此外,若接收节点登记封包,则节点登记处理部 27 将该封包的封包发送源节点作为周边节点,登记于节点存储部 13 的周边节点表(步骤 STC5)。

[0061] 此外,时间间隔 T_c 由于不仅是一定间隔,而且在本协议中渐进地稳定,所以也可

以根据次数变更时间间隔。此外,控制部 25 也可以在步骤 STC1 中以预定的时刻进行复位路由封包的广播,以便例如周末和 / 或在一天中也根据夜间和白天等时间段变更中继路径。

[0062] 接着,参照图 5 及图 6,关于图 1 的从节点 7_i 进行说明。

[0063] 参照图 5 说明图 1 的从节点 7_i 的结构的一例。从节点 7_i 包含:存储自身节点度量的自身路径评价价值存储部 51_i (本申请权利要求的“自身路径评价价值存储单元”的一例);存储上行中继目的地节点的地址的上行中继目的地存储单元 53_i (本申请权利要求的“上行中继目的地存储单元”的一例);存储自身节点 TimeID 的 TimeID 存储部 55_i ;存储周边节点表的节点存储部 57_i (本申请权利要求的“节点存储单元”的一例);存储各种参数的参数存储部 59_i ;与其它节点进行无线通信的无线通信部 65_i ;控制从节点 7_i 的工作的控制部 71_i 。无线通信部 65_i 包含:用于与其它节点进行无线通信的天线 61_i ;控制利用天线 61_i 进行的通信的通信控制部 63_i 。

[0064] 控制部 71_i 包含:判断所接收的封包的种类的判断部 73_i ;在接收到复位路由封包的情况下对周边节点表等进行初始化的初始化部 75_i (本申请权利要求的“初始化单元”的一例);在接收到通常路由封包的情况下进行从核心节点 5 到该从节点 7_i 的中继路径的构建处理的路由构建处理部 77_i (本申请权利要求的“路由构建处理单元”的一例)。

[0065] 路由构建处理部 77_i 具有:在所接收的通常路由封包的封包发送源未登记于周边节点表的情况下登记封包发送源的节点登记处理部 81_i (本申请权利要求的“节点登记处理单元”的一例);根据式 (1) 计算从复位路由封包的接收起第 n 个 (n 为自然数) 接收的通常路由封包的接收功率 R_n 的逐次平均 A_n (本申请权利要求的“接收功率评价价值”的一例) 的接收功率评价价值计算部 83_i (本申请权利要求的“接收功率评价价值计算单元”的一例);比较接收封包的封包 ID 与自身节点 TimeID,判断是否开始新的循环的新循环处理部 85_i ;使用逐次平均 A_n 计算从发送源节点到自身节点的传输损耗,与包含于接收封包的累积度量相加而计算新的度量(以下称为“新度量”)的累积路径评价价值计算部 87_i (本申请权利要求的“累积路径评价价值计算单元”的一例);比较新度量与自身节点度量的比较部 89_i ;在新度量比自身节点度量小的情况下,将封包发送源作为新的上行中继目的地,将新度量作为新的自身节点度量进行更新处理,对存储于周边节点表的各节点发送更新后的自身节点度量的路径更新部 91_i (本申请权利要求的“路径更新单元”的一例)。

[0066] 此处,累积路径评价价值计算部 87_i 根据式 (2) 计算传输损耗。TX_POWER 表示发送功率,单位为 dBm。

[0067] [数式 3]

[0068]

$$PassLoss = 10 \frac{TX_POWER - RSSI}{10} \quad (2)$$

[0069] 其次,参照图 6,关于图 5 的从节点 7_i 的工作进行说明。

[0070] 从节点 7_i 等待路由封包的接收(步骤 STS1),若接收路由封包,则判断部 73_i 判断所接收的路由封包的种类(步骤 STS2)。在复位路由封包的情况下,初始化部检查接收封包的封包 ID,如果比自身的 TimeID 新,则将相同的复位路由封包广播到周边节点,清除周边节点表,将自身节点度量设定为最大值,将自身节点 TimeID 设定为接收封包的封包 ID(步骤 STS3)。

[0071] 在接收到通常路由封包的情况下,节点登记处理部 81_i确认发送源节点,检查周边节点表中是否没有该发送源节点的登记(步骤 STS4)。在未被登记的情况下,登记于周边节点表。此时,将接收时的 RSSI 设为逐次平均的初始值,接收次数设定为 1(步骤 STS5)。

[0072] 在为来自已经登记于表的节点的路由封包的情况下,接收功率评价计算部 83_i根据对该发送源节点的当前逐次平均 A_{n-1} 和接收功率 R_n 利用式(1)求取新的逐次平均 A_n ,以所计算的值更新表的该节点的逐次平均,将接收次数增加 1 次(步骤 STS6)。

[0073] 接着,新循环处理部 85_i检查接收封包的封包 ID,在比自身节点 TimeID 新的情况下,判断为新的循环开始(步骤 STS7),将自身节点度量设定为最大值,且将自身节点 TimeID 设定为接收封包的封包 ID(步骤 STS8)。如果为以前的循环,则前进到步骤 STS9 的处理。

[0074] 接着,累积路径评价计算部 87_i使用被逐次平均的 RSSI 计算从发送源节点到自身节点的传输损耗,并与包含于接收封包的累积度量相加而得到新度量(步骤 STS9)。

[0075] 接着,比较部 87_i比较新度量与自身节点度量(步骤 STS10)。在新度量比自身节点度量小的情况下,以该值更新自身节点度量,将上行中继目的地更新为接收封包的发送源节点的地址。然后,广播以新度量作为累积度量的新的路由封包(步骤 STS11)。在新度量不比自身节点度量小的情况下,返回到步骤 STS1 的处理。

[0076] 从节点 7_i若从新的循环开始起经过了 T_s 时间则结束循环。

[0077] 接着,将使用节点间 RSSI 的逐次平均的路由方法安装于测试台上,在实际领域(field)进行特性评价。对测试台使用本发明人们所推进的日本文化教育部科学省知识群集创成事业 II 期(文部科学省知的クラスタ創成事業 II 期)“MIMO-MESH 点”的开发项目的成果物即 Picomesh LunchBox(以下称为“LB”)。

[0078] LB 搭载有 3 系统的 802.11b/g/a 的通用无线 LAN 模块,分配 2 系统给中继线路用,分配 1 系统给接入线路用。对各无线模块分配不同的频道,避免接入线路与中继线路之间的干扰。

[0079] 如图 7 所示,构建核心节点 C 与 5 个从节点 $S_1 \sim S_5$ 的通信系统。实验时协议的参数为,各循环中核心节点的等待时间 T_r 为 2 秒,各循环中从节点的等待时间 T_s 为 2 秒,从节点的复位等待时间 T_w 为 5 秒,各循环的间隔 T_c 为 3 分钟,循环次数 N_r 为 100 次。

[0080] 表 1 表示在应用现有的最小传输损耗路由、每隔 3 分钟执行合计 100 次的路由的情况下所出现的中继路径的模式和应用本实施例中的路由协议、同样执行合计 100 次的路由所出现的中继路径的模式实验结果。

[0081] 在应用现有的路由方法的情况下,根据时间段构建 8 个不同的模式的中继路径。依赖于路由时的传输路径的状况,系统不稳定。相对于此,在应用本申请所提出的协议的情况下,确认了从第 2、3 次的循环起固定于图 7 所示的路由 1。因此,可知:根据本实施例,在传输路径随时间变动的实际环境中也能构建稳定的中继路径。

[0082] [表 1]

[0083]

出现模式	现有方法	本实施例
Route1	35%	100%

Route2	20%	0%
Route3	10%	0%
Route4	5%	0%
Route5	15%	0%
Route6	5%	0%
Route7	5%	0%
Route8	5%	0%

[0084] 此外,本实施例是以核心节点为一个的系统为前提的,但也能容易地扩展到存在多个核心节点的系统。在存在多个核心节点的情况下,路由封包从各核心节点发送。因此,例如核心节点 5 在初始化时将自身节点 TimeID 设定为 0。核心节点 5 若接收到复位路由封包,则检查封包 ID,如果比自身节点 TimeID 新,则广播相同的复位路由封包,以接收封包的封包 ID 更新自身节点 TimeID。然后, Tw 时间后以 Tc 间隔对周围广播通常路由封包,若发送次数达到 Nr 则结束。通过设为这种系统,在存在多个核心节点的情况下也能实现。

[0085] 此外,本发明的接收功率评价计算部 83_i的接收功率评价值的计算也不限定于本实施例。例如也可以如式 (3),将复位路由封包的接收功率 R₀作为接收功率评价值的初始值 A₀,关于第 n 个 (n 为自然数) 接收的通常路由封包的接收功率评价值 A_n,根据路由封包的接收功率的逐次平均进行计算。在此情况下,只要在图 6 的步骤 STS3 中,在初始化部 75_i对周边节点存储部 57_i进行初始化的情况下,对周边节点存储部 57_i使其组合存储复位路由封包的发送源节点和接收功率评价值的初始值,然后计算逐次平均即可。这样,也可以使用复位路由封包的接收功率计算接收功率评价值。一般,接收功率评价计算部 83_i不仅使用所接收的通常路由封包的接收功率,还可以使用复位路由封包的接收功率或 / 及其它的通常路由封包的一部分或全部的接收功率来计算接收功率评价值。特别是,也可以对 α_n及 β_n(α_n及 β_n为 n 的函数,为不恒等于零的函数) 根据式 (4) 计算第 n 个 (n 为 2 以上的自然数) 接收的通常路由封包的接收功率 R_n的评价值即接收功率评价值 A_n。在此情况下,在 n 为 1 时,例如也可以设为 A₁=R₁。进而,也可以将 A₀作为复位路由封包的接收功率 R₀而与式 (4) 同样地通过常数倍的加法来计算 A₁。

[0086] 进而,在式 (4) 中,也可以 α_n及 β_n的至少一方为常数。通过设为这种常数,可以缓和 RSSI 的变动。

[0087] 此外,在图 6 中,也可以在步骤 STS7 及 STS8 的处理之前进行步骤 STS9 的处理。

[0088] [数式 4]

[0089]
$$A_n = \frac{n \times A_{n-1} + R_n}{n+1}$$
 其中, A₀ = R₀. (3)

[0090]
$$A_n = \alpha_n \times A_{n-1} + \beta_n \times R_n$$
 (4)

[0091] [专利文献]

[0092] 专利文献 1 :日本专利第 3928636 号公报

[0093] 专利文献 2 :日本专利第 4227737 号公报

[0094] 专利文献 3 :日本专利第 4389929 号公报

[0095] [非专利文献]

[0096] 非专利文献 1 :江幡、古川著,“与无线基站中继网络中的中继用指向性天线数和所需频带有关的研究”,信学技法, RCS2001-94, 2001 年 7 月。

[0097] 非专利文献 2 :Andrea Goldsmith, “Wireless Communications”。

[0098] 非专利文献 3 :B. P. Lathi, “Modern Digital and Analog Communication system”。

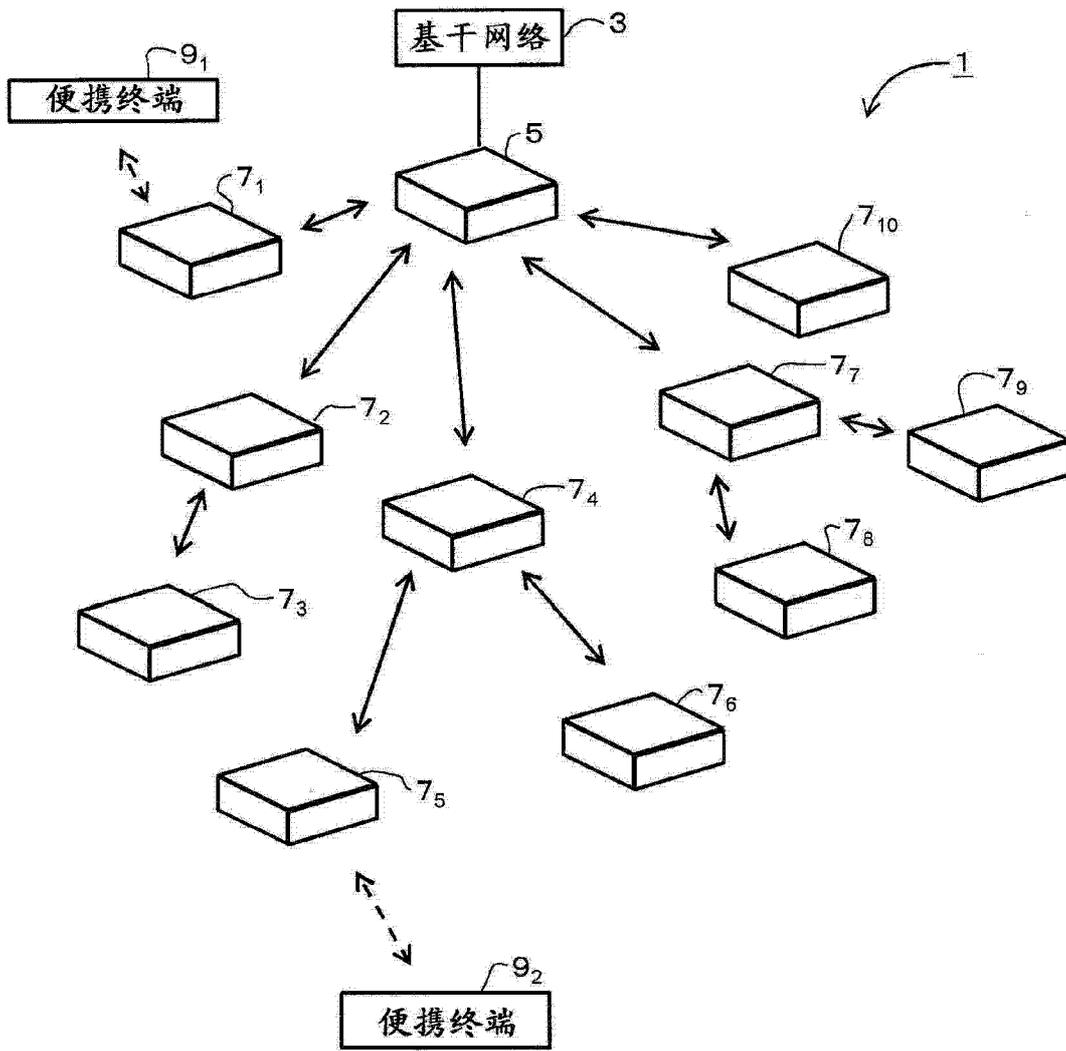


图 1

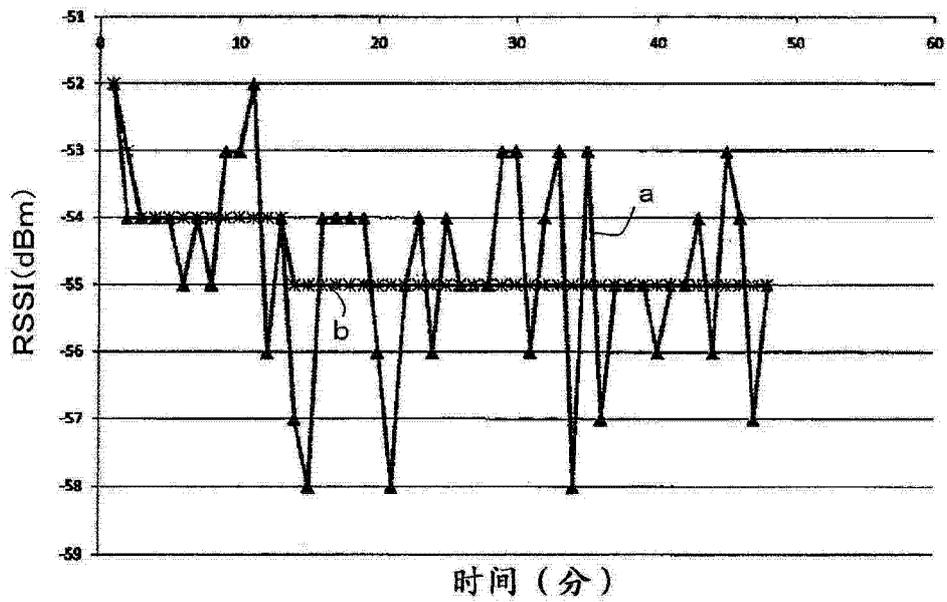


图 2

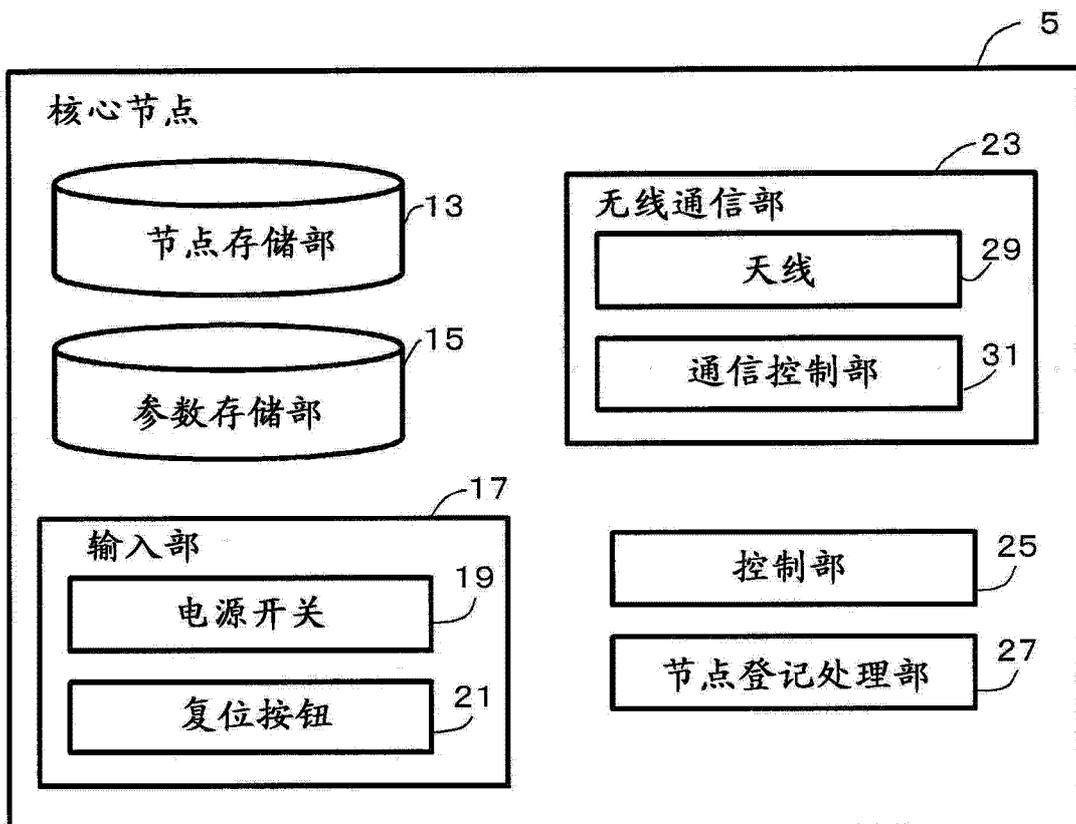


图 3

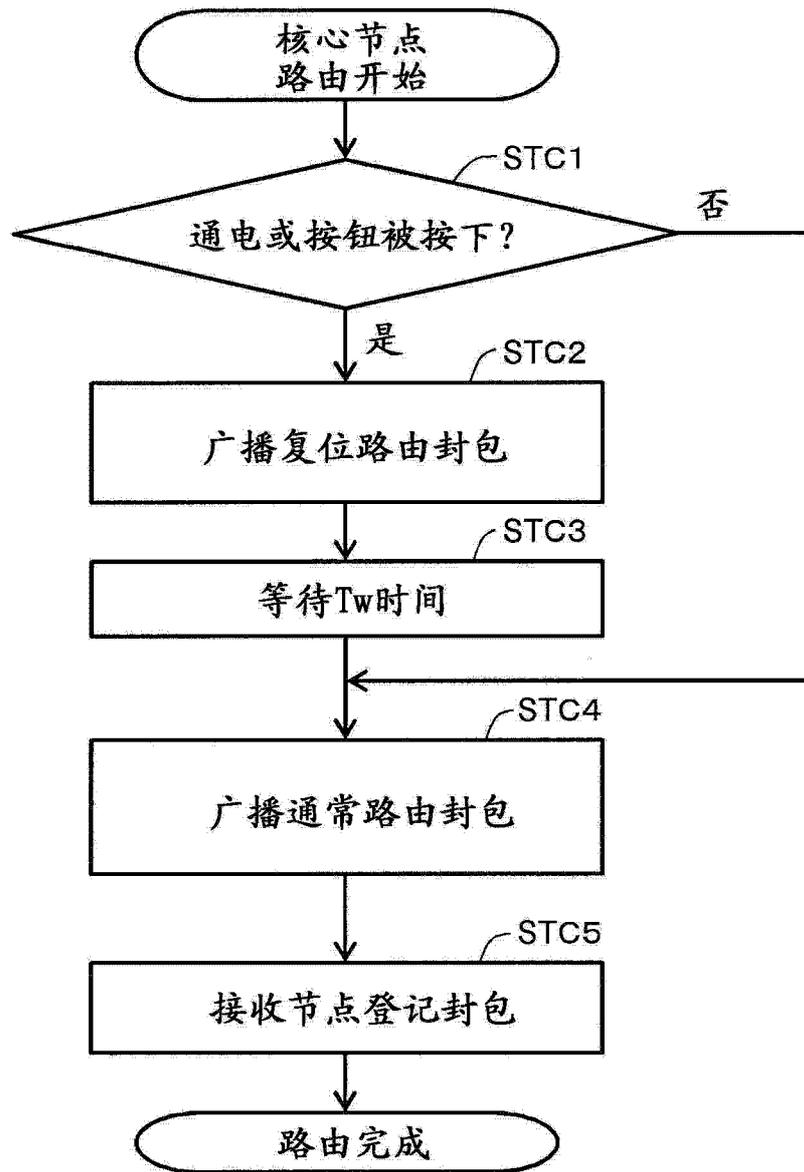


图 4

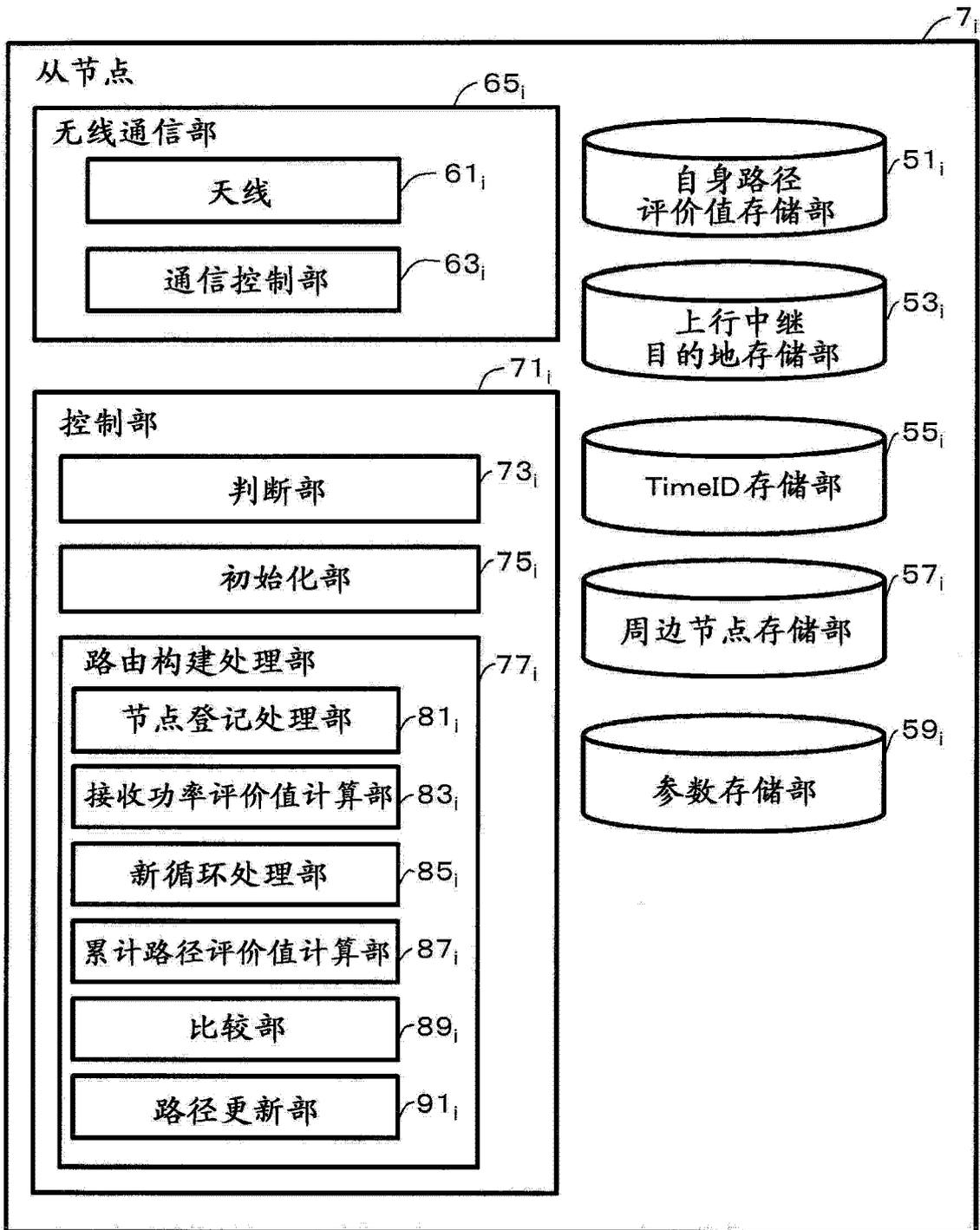


图 5

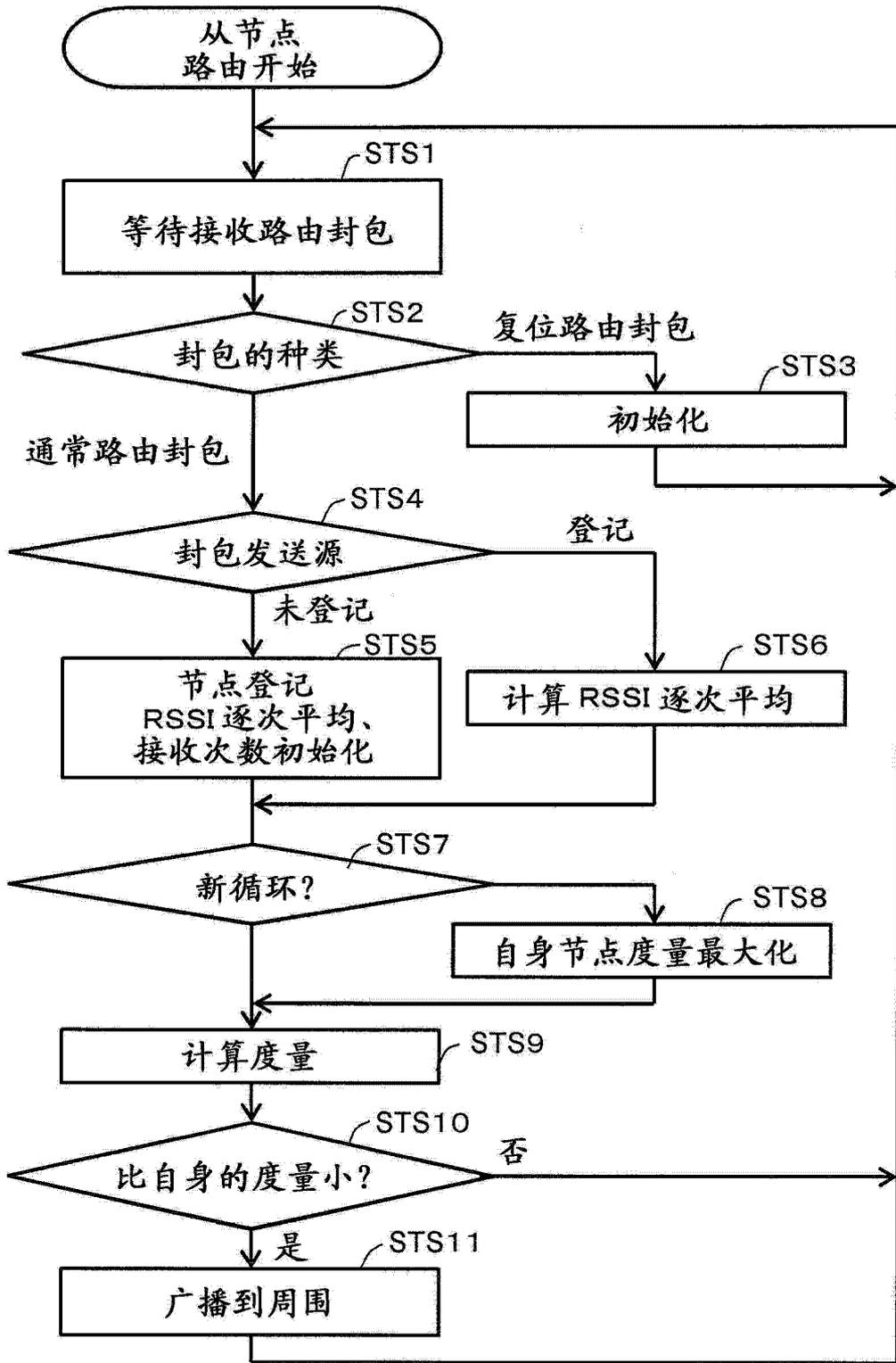


图 6

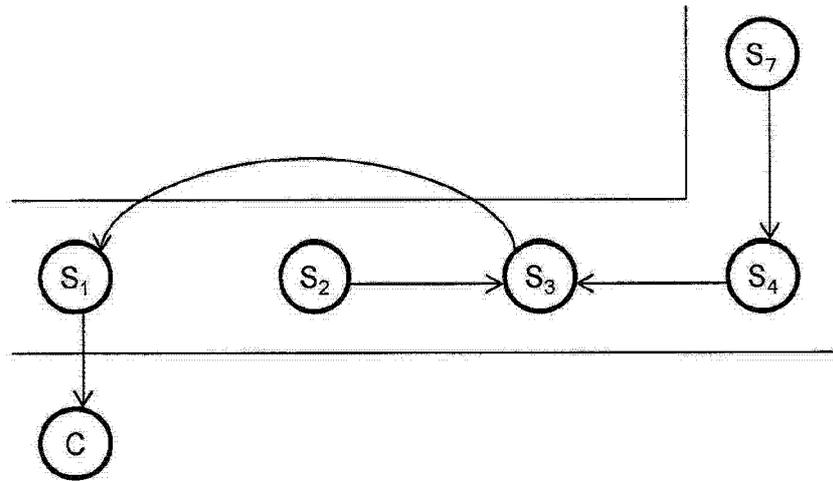


图 7

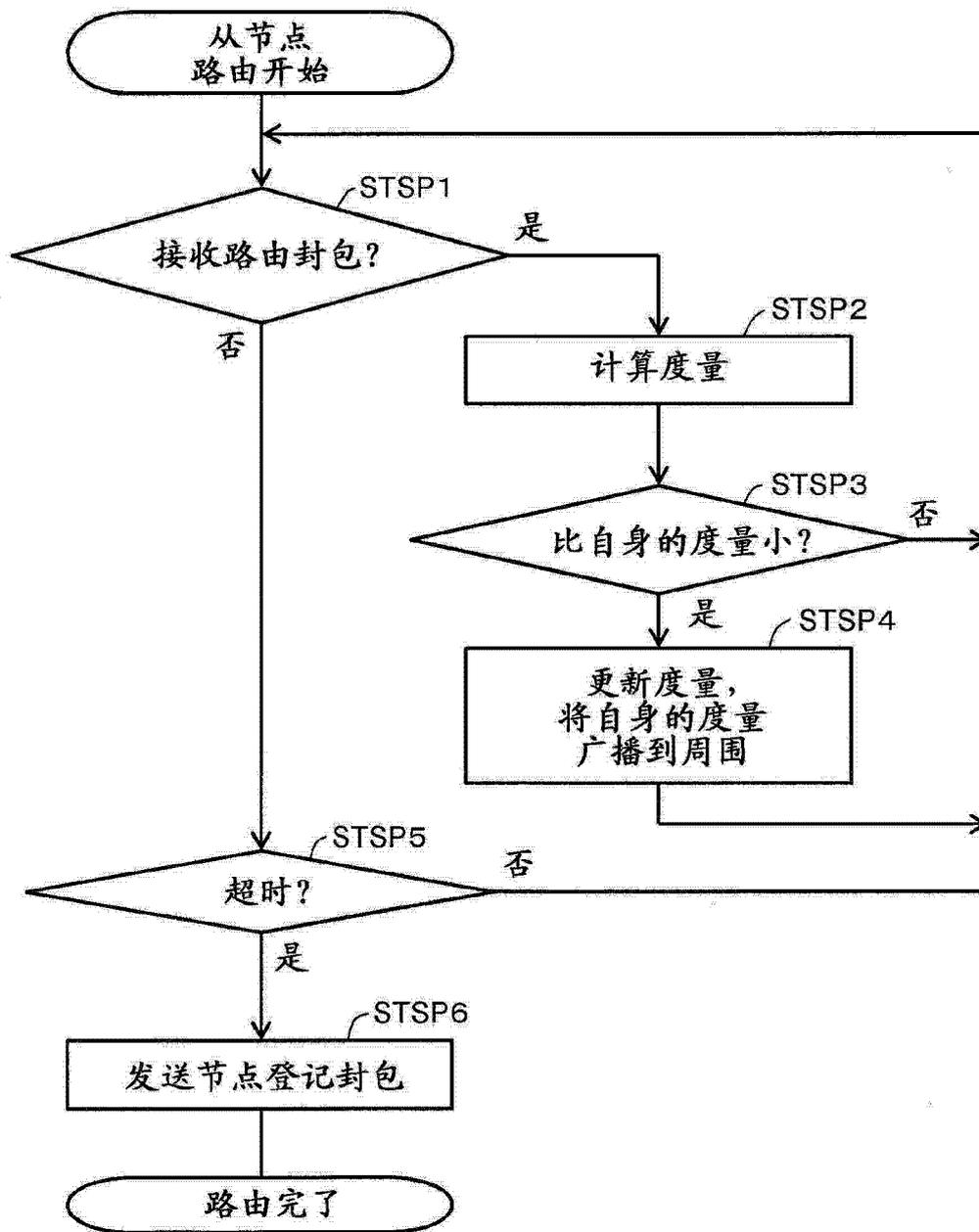


图 8