



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102195856 B

(45) 授权公告日 2013.09.11

(21) 申请号 201010127931.X

(56) 对比文件

(22) 申请日 2010.03.19

CN 1446335 A, 2003.10.01, 全文.

(73) 专利权人 南京理工大学

审查员 耿国磊

地址 210094 江苏省南京市孝陵卫 200 号

专利权人 江苏瀛环国际集团宏海物流有限公司

(72) 发明人 李千目 姜海涛 戚勇 王艳

张宏 彭进锋

(74) 专利代理机构 南京理工大学专利中心

32203

代理人 唐代盛

(51) Int. Cl.

H04L 12/70 (2013.01)

H04L 1/16 (2006.01)

H04W 40/22 (2009.01)

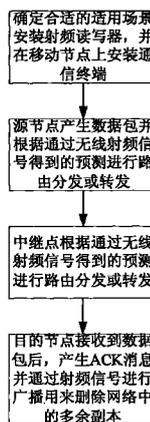
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

辅助于无线射频识别技术的时延容忍路由方法

(57) 摘要

本发明公开了一种辅助于无线射频的时延容忍路由方法,其主要针对多移动节点组成的机会网络,主要可以应用于校园网络、小型乡镇网络等环境。该方法主要包括以下步骤:首先进行路由前的准备;之后移动节点产生数据包,通过射频信号收集预测信息,在与其它节点的通信过程中,利用预测信息进行数据包的分发或转发,接着移动节点通过射频信号收集预测信息,并利用预测信息进行数据包的分发或转发,最终数据包到达目的节点;移动节点接收数据包之后,产生ACK消息,并通过射频信号广播ACK消息来清理网络中多余的副本。本发明采用了无线射频信号收集网络中节点的信息用于辅助路由决策,提高了传输率的同时,降低了端到端的延时。



1. 一种辅助于无线射频识别技术的时延容忍路由方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤 1:进行路由前的准备,首先对机会网络的应用场景进行选择,该应用场景为一个相对封闭的环境,在此场景中存在一些移动的实体,各移动实体之间需要进行一些数据的传递与共享;其次在上述应用场景中设置若干个无线射频读写器,这些读写器均匀分布在场景中,其覆盖范围不重叠;接着在移动节点上设置通讯终端,该通讯终端包括两个接口,一个为无线射频读写接口,另一个为传统无线网络的读写接口;

步骤 2:移动节点产生数据包,通过射频信号收集预测信息,在与其它节点的通信过程中,利用预测信息进行数据包的分发或转发,此时该移动节点为源节点;

步骤 3:移动节点通过射频信号收集预测信息,并利用预测信息进行数据包的分发或转发,最终数据包到达目的节点,此时该移动节点为中继节点;

步骤 4:移动节点接收数据包之后,产生 ACK 消息,并通过射频信号广播 ACK 消息来清理网络中多余的副本,此时该移动节点为目的节点;

其中步骤 2、步骤 3 中移动节点通过射频信号收集预测信息的具体方法为:

(1) 每个节点的移动都带有目的性,节点可以估计出自己到目的地的时间以及自己在目的地停留的时间,形成对自身的预测信息,并指定该信息有效的时间;

(2) 均匀分布在环境中的多个读写器读取在自身覆盖范围内所有节点的预测信息;

(3) 读写器之间进行信息交换,形成一个包含网络环境中全部节点的预测信息表;

(4) 读写器再将上述预测信息表写入覆盖范围内移动节点,节点定期的和读写器交互,将自身改变的信息告知读写器,并从读写器更新整个预测表;

其中步骤 2、步骤 3 中移动节点进行数据包的分发或转发的方法为:

(1) 从分发节点或转发节点的预测信息表中查询自身的预测位置;

(2) 从对方节点的预测信息表中查询对方节点的预测位置;

(3) 从双方节点的预测信息表中查询数据包目的节点的预测位置,根据预测信息的有效时间选取有效期更久的记录作为目的节点的预测位置;

(4) 判断分发或转发节点持有的数据包的副本数目,若副本数目大于 1 则执行步骤 (5);如果只有一个副本,则执行步骤 (10);

(5) 判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程并删除所有的数据包,该数据包分发或转发过程结束;否则执行步骤 (6);

(6) 判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则发送单一副本给对方,并删除其余的副本,该数据包分发或转发过程结束;否则执行步骤 (7);

(7) 判断对方节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四分之一,则执行步骤 (8) 否则执行步骤 (9);

(8) 判断分发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则分发节点发送单一副本给对方,并自己保留一个副本,该数据包分发或转发过程结束;否则执行步骤 (9);

(9) 分发节点将一半的副本数发送给对方节点,该数据包分发或转发过程结束;

(10) 判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程,否则执行步骤 (11);

(11) 判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则将副本转发给对方,该数

据包分发或转发过程结束 ;否则执行步骤 (12) :

(12) 判断对方节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四分之一,则执行步骤 (13) 否则执行步骤 (14) ;

(13) 判断转发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则转发节点将副本转发给对方,该数据包分发或转发过程结束 ;否则执行步骤 (14) ;

(14) 转发节点继续保留该数据包,不进行转发,该数据包分发或转发过程结束 ;

其中步骤 4 通过射频信号广播 ACK 消息来清理网络中多余的副本具体为 :

(1) 某个数据包到达目的节点后,目的节点产生对应的 ACK 消息,并在其与射频读写器的会话中,让读写器读取此 ACK 消息 ;

(2) 读写器之间共享 ACK 消息,并将所有收集的 ACK 消息组合成一个 ACK 链 ;

(3) 读写器在和节点的会话期间将此包含所有 ACK 消息的 ACK 链写入节点,每个节点根据接收的 ACK 链删除相应数据包的副本。

辅助于无线射频识别技术的时延容忍路由方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种路由方法,特别是一种辅助于无线射频的时延容忍路由方法。

背景技术

[0002] 机会网络的研究来源于美国国防部高等研究计划局 DARPA 支持的星际互联网计划 (IPN),这是一种在大多数情况下,源节点和目的节点不存在完整路径的移动无线网络。目前逐步应用到生物追踪、校园网络、家庭自动化网络、城市及乡村网络等领域。由于机会网络具有间歇性连接、高传输延时、不均匀连接等特点,使得原本的 TCP/IP 协议无法建立端到端的连接而造成大量的丢包。

[0003] T. Spyropoulos, K. Psounis, and C. S. Raghavendra. 在 Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Delay tolerant networking 会议上发表的文章 Spray and wait: an efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks USA: ACM 2005: 252-259 中提出了一种控制洪泛路由方法,并分析了路由协议的理论延时以及数据包的副本数目。但是这种路由协议只考虑了基于指数分布的节点相遇模型,并且数据包的转发过程是盲目的,没有考虑网络的实时信息,在实际的应用中并不能保证选择最优的路由线路。

发明内容

[0004] 本发明所解决的技术问题在于提供一种辅助于无线射频识别技术的时延容忍路由方法,该方法能够根据网络的实时信息,智能的选择合适的中继节点,而且可以动态减少副本数目,及时清理节点缓冲区。

[0005] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种辅助于无线射频识别技术的时延容忍路由方法,包括以下步骤:

[0006] 步骤 1:进行路由前的准备,首先对机会网络的应用场景进行选择,该应用场景为一个相对封闭的环境,在此场景中存在一些移动的实体,各移动实体之间需要进行一些数据的传递与共享;其次在上述应用场景中设置若干个无线射频读写器,这些读写器均匀分布在场景中,其覆盖范围不重叠;接着在移动节点上设置通讯终端,该通讯终端包括两个接口,一个为无线射频读写接口,另一个为传统无线网络的读写接口;

[0007] 步骤 2:移动节点产生数据包,通过射频信号收集预测信息,在与其它节点的通信过程中,利用预测信息进行数据包的分发或转发,此时该移动节点为源节点;

[0008] 步骤 3:移动节点通过射频信号收集预测信息,并利用预测信息进行数据包的分发或转发,最终数据包到达目的节点,此时该移动节点为中继节点;

[0009] 步骤 4:移动节点接收数据包之后,产生 ACK 消息,并通过射频信号广播 ACK 消息来清理网络中多余的副本,此时该移动节点为目的节点。

[0010] 本发明与现有技术相比,其显著优点为:(1)采用了无线射频信号收集网络中节点的信息用于辅助路由决策,提高了传输率的同时,降低了端到端的延时;(2)与传统的固

定副本数目的路由协议相比,减少来数据包的副本数目;(3)通过射频信息,及时的清理节点的缓冲区。

附图说明

- [0011] 图1为本发明的一种基于无线射频的时延容忍路由方法的流程图。
[0012] 图2为本发明中通过射频信号收集节点信息的流程图。
[0013] 图3为本发明中数据包的分发和转发的流程图。
[0014] 图4为本发明中节点缓冲区清理的流程图。
[0015] 图5为本发明的路由策略和其他路由策略的传输率比较。
[0016] 图6为本发明的路由策略和其他路由策略的延时比较。
[0017] 图7为本发明的路由策略和其他路由策略的占用资源的比较。
[0018] 图8为本发明的路由策略动态减少的副本数目。

具体实施方式

[0019] 无线射频信号具有读取速度快、存储空间大、工作距离远、穿透性强、工作环境适应性强和可重复使用等多种优点。因此可以将网络中的各个移动节点实时信息通过无线射频信号进行迅速的广播,这样节点根据这些信息可以选择合适的中继节点,并删除无用的数据包。

[0020] 结合图1、本发明的一种基于无线射频的时延容忍路由方法,包括以下步骤:

[0021] 步骤1:进行路由前的准备,首先对机会网络的应用场景进行选择,该应用场景为一个相对封闭的环境,在此场景中存在一些移动的实体,各移动实体之间需要进行一些数据的传递与共享;其次在上述应用场景中设置若干个无线射频读写器,这些读写器均匀分布在场景中,其覆盖范围不重叠;接着在移动节点上设置通讯终端,该通讯终端包括两个接口,一个为无线射频读写接口,另一个为传统无线网络的读写接口;

[0022] 步骤2:移动节点产生数据包,通过射频信号收集预测信息,在与其它节点的通信过程中,利用预测信息进行数据包的分发或转发,此时该移动节点为源节点;结合图2,移动节点通过射频信号收集预测信息的具体方法为:

[0023] (1) 每个节点的移动都带有目的性,节点可以估计出自己到目的地的时间以及自己在目的地停留的时间,形成对自身的预测信息,并指定该信息有效的时间;

[0024] (2) 均匀分布在环境中的多个读写器读取在自身覆盖范围内所有节点的预测信息;

[0025] (3) 读写器之间进行信息交换,形成一个包含网络环境中全部节点的预测信息表;

[0026] (4) 读写器再将上述预测信息表写入覆盖范围内移动节点,节点定期的和读写器交互,将自身改变的信息告知读写器,并从读写器更新整个预测表。

[0027] 结合图3,移动节点进行数据包的分发或转发的方法为:

[0028] (1) 从分发节点或转发节点的预测信息表中查询自身的预测位置;

[0029] (2) 从对方节点的预测信息表中查询对方节点的预测位置;

[0030] (3) 从双方节点的预测信息表中查询数据包目的节点的预测位置,根据预测信息

的有效时间选取有效期更久的记录作为目的节点的预测位置；

[0031] (4) 判断分发或转发节点持有的数据包副本数目,若副本数目大于 1 则执行步骤 (5);如果只有一个副本,则执行步骤 (10);

[0032] (5) 判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程并删除所有的数据包,否则执行步骤 (6);

[0033] (6) 判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则发送单一副本给对方,并删除其余的副本;否则执行步骤 (7);

[0034] (7) 判断对方节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四分之一,则执行步骤 (8) 否则执行步骤 (9);

[0035] (8) 判断分发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则分发节点发送单一副本给对方,并自己保留一个副本;否则执行步骤 (9);

[0036] (9) 分发节点将一半的副本数发送给对方节点;

[0037] (10) 判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程,否则执行步骤 (11);

[0038] (11) 判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则将副本转发给对方;否则执行步骤 (12);

[0039] (12) 判断对方和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四分之一,则执行步骤 (13) 否则执行步骤 (14);

[0040] (13) 判断转发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则转发节点将副本转发给对方;否则执行步骤 (14);

[0041] (14) 转发节点继续保留该数据包,不进行转发。

[0042] 步骤 3:移动节点通过射频信号收集预测信息,并利用预测信息进行数据包的分发或转发,最终数据包到达目的节点,此时该移动节点为中继节点;此步骤中移动节点通过射频信号收集预测信息的具体方法、移动节点进行数据包的分发或转发的方法与步骤 2 中相应方法相同;

[0043] 步骤 4:移动节点接收数据包之后,产生 ACK 消息,并通过射频信号广播 ACK 消息来清理网络中多余的副本,此时该移动节点为目的节点。结合图 4,通过射频信号广播 ACK 消息来清理网络中多余的副本具体为:

[0044] (1) 某个数据包到达目的节点后,目的节点产生对应的 ACK 消息,并在其与射频读写器的会话中,让读写器读取此 ACK 消息;

[0045] (2) 读写器之间共享 ACK 消息,并将所有收集的 ACK 消息组合成一个 ACK 链;

[0046] (3) 读写器在和节点的会话期间将此包含所有 ACK 消息的 ACK 链写入节点,每个节点根据接收的 ACK 链删除相应数据包的副本。

[0047] 在现实的世界中,节点无论是人、车辆、生物的行为都带有一定的目的性,他们知道自己要去某个地方要做什么,因此通常就会在那个地方停留一段时间。之后,节点会有新的任务和目的地。基于此,本发明运用基于目的地的运动静止轮换移动模型。该模型最重要的特点就是每个节点的移动带有目的性。在此模型中,节点对于自己的运动具有一定时限内的预知性,即节点知道自己的目的,且可以估计出自己到目的地的时间以及自己在目的地停留的时间。与常见的盲目的移动模型相比,这也更加符合人们日常的行为。同时,机

会网络拓扑结构的变化正是由于节点移动产生,综合各个节点的移动目的就可以帮助预测未来一段时间内的网络拓扑结构。下面结合实际环境对本发明做进一步的描述:

[0048] 结合图 2,本发明的读写器开始收集节点的信息,并将收集的信息再写入节点的具体步骤为:

[0049] (1) 节点对于自己的运动具有一定时限内的预知性,形成对自身的预测信息,那么就可以定义一个三元组 $T(N, L, t)$,其中 N 表示某个特定的节点, L 表示该节点的预测自己未来的位置, t 表示该预测的有效时间;

[0050] (2) 读写器可以读取到每个在自身覆盖范围内节点的预测信息。均匀分布在整个环境中的多个读写器经过一段时间共同完成节点信息的收集工作。读写器不用覆盖整个环境,由于节点的移动性,任意一个节点在移动的过程中总是会进入某个读写器的覆盖半径;

[0051] (3) 由于三元组的信息量不大,读写器之间可以使用距离远、带宽低无线通讯设备进行数据传输。读写器通过定时的信息交换,形成一个包含网络环境中全部节点信息的预测信息表;

[0052] (4) 读写器再将此表写入覆盖范围内移动节点,每个节点就拥有了一个全部节点位置信息的预测表。在初期,可能形成的预测表并未包含全部节点的信息,但是节点每经过一段时间或者是自身的目的地发生了改变,会产生一个和读写器进行交换的请求,但它再次进入某个读写器的覆盖范围是时候就和读写器交互,如果自身的预测信息发生了改变,就让读写器读取次信息,并从读写器更新整个预测表。

[0053] 在实际的环境中,节点会产生新的数据包,并同时产生若干个副本,之后这些副本会通过节点之间的通信进行传递,将持有副本的节点称为中继节点。任意两个节点之间的一次相遇过程中,双方是对等的,那么任意一方开始传递以对方为目的节点的数据包,之后另一方开始传递以对方为目的节点的数据包,这样可以尽快的将完成一些数据包的传递过程。随后,任意一方开始向对方传递需要转发或分发的数据包,之后另一方开始向对方传递需要转发或分发的数据包,至此完成整个通信过程。如果在此过程中节点因为移动而导致节点间的通信中断,那么结束通信过程,正在传递的数据包将被丢弃。如果某个中继节点数据包的副本数大于 1,则进行分发过程,如果副本数是 1,则进行转发过程,节点将数据包转发给另一个节点后,自身将不再持有该数据包的副本。

[0054] 本发明的数据包的分发的具体步骤为:

[0055] (1) 从分发节点或转发节点的预测信息表中查询自身的预测位置;

[0056] (2) 从对方节点的预测信息表中查询对方节点的预测位置;

[0057] (3) 从双方节点的预测信息表中查询数据包目的节点的预测位置,根据预测信息的有效时间选取有效期更久的记录作为目的节点的预测位置;

[0058] (4) 判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程并删除所有的数据包,否则执行步骤 (5);

[0059] (5) 判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则发送单一副本给对方,并删除其余的副本,此时对方节点可以视为很好的中继节点,在以后将数据包发送给目的节点的概率很高,所以可以删除多余的副本;否则执行步骤 (6);

[0060] (6) 判断对方节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四

分之一,则执行步骤(7),否则执行步骤(8);

[0061] (7)判断分发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则分发节点发送单一副本给对方,并自己保留一个副本,此时对方节点可以视为比分发节点好的中继节点,在以后有一定的概率将数据包传递给目的节点或者更接近目的节点的中继节点,同时分发节点自身保留一个数据包来寻找更好的中继节点;否则执行步骤(8);

[0062] (8)分发节点将一半的副本数发送给对方节点(如果副本数为奇数,则自己多保留一个副本);此时没有理想或较为理想的中继节点,双方将各持有一半的数据包,共同寻求合适的中继节点,提高发现合适中继节点的概率

[0063] 本发明的数据包的转发的具体步骤为:

[0064] (1)从分发节点或转发节点的预测信息表中查询自身的预测位置;

[0065] (2)从对方节点的预测信息表中查询对方节点的预测位置;

[0066] (3)从双方节点的预测信息表中查询数据包目的节点的预测位置,根据预测信息的有效时间选取有效期更久的记录作为目的节点的预测位置;

[0067] (4)判断对方节点是否是目的节点,若是则直接完成传递过程,否则执行步骤(5);

[0068] (5)判断对方节点和目的节点预测位置是否相同,若相同则将副本转发给对方,在此情况下,对方节点和目的节点在以后很可能有通讯的机会,是一个很好的中继节点;否则执行步骤(6);

[0069] (6)判断对方和目的节点预测位置之间的距离,如果距离小于场景半径的四分之一,则执行步骤(7)否则执行步骤(8);

[0070] (7)判断转发节点和目的节点预测位置之间的距离,如果距离大于场景半径的四分之一则转发节点将副本转发给对方,在此情况下对方节点在以后有一定的概率将数据包传递给目的节点或者接近目的节点的中继节点,是一个比转发节点更合适的中继节点;否则执行步骤(8);

[0071] (8)转发节点继续保留该数据包,不进行转发;在此情况下双方节点遇到适的中继节点的概率是一样的,不进行转发可以减少数据包的传递和网络资源的使用。

[0072] 但某个数据包传递到目的节点后,由于采用的是动态多副本的路由方法,那么在某些中继节点或源节点的缓冲区内可能还保留有该数据包的副本,显然这些无用的副本会占用节点的缓冲区资源,需要对节点的缓冲区进行清理。

[0073] 结合图4,本发明的节点缓冲区清理的具体步骤为:

[0074] (1)当某个数据包到达目的节点后,目的节点就会产生对应的ACK消息,并在其与射频读写器的会话中,让读写器读取此ACK消息。ACK消息通常很小,而且没有消息体;读写器和节点通常在读写预测信息之后进行ACK消息的读写;

[0075] (2)读写器之间可以共享ACK消息,并将所有收集的ACK消息组合成一个ACK链;由于网络中数据包会不停的产生,因此ACK消息也会不停的产生,导致ACK链无限的增加;可以将ACK链设置成为一个先进先出的队列,队列的长度由数据包的产生密度决定;这样早先的ACK消息,会被后来的ACK消息取代,完成清理缓冲区的任务后被丢弃;

[0076] (3)读写器在和节点的会话期间将此包含所有ACK消息的链写入节点,每个节点

根据接收的 ACK 链删除相应的数据包, ACK 链也随之删除。

[0077] 下面结合实施例对本发明做进一步详细的描述:

[0078] 实施例:

[0079] 下面结合一个乡镇仿真环境对本发明作进一步详细描述。该场景的区域大小为 4km*4km。区域内由移动节点、读写器设施、道路、基础设施组成。节点在 50 个基础设施中随机选择一个作为目的地, 并沿着场景中的道路, 向目的地移动, 在目的地的停留时间为 600-7200 秒, 之后重复此过程。节点的数目设置为 50-150 个, 每次递增 10 个。实验环境中各种参数设置如下表:

[0080] 表 1 实验环境的参数设置

[0081]

区域大小	4000m*4000m
仿真时间	12hour
单个节点的通信半径	10m
单个节点产生数据包个数	3/hour
产生数据包的时间	0-10hour
节点缓冲区大小	10M
节点之间通信速度	50k/s
数据包大小	100k-200k
节点在目的地停留时间	600s-7200s
射频读写器个数	9
读写器覆盖半径	200m
基础设施个数	50

[0082] 从表 1 中可以看出, 整个场景中总共有 100 个节点。仿真的总时间设计为 12 小时, 其中前 10 个小时数据包会依概率产生, 平均每小时每个节点会产生 3 个数据包。数据包的大小为 5-100k, 基本上设计为一封电子邮件的大小。节点的通信半径为 10m, 缓冲区大小为 10M, 节点之间的通信数目为 50k/s。设置 9 个固定的读写器, 每个读写器的覆盖半径都设置为 200 米, 读写器均匀分布在环境中。作为比较, 我们在上述场景中实现了以下路由协议:

[0083] (1) 基于无线射频的单副本多跳路由(射频单副本), 这是本发明提出的路由方法的一种特殊情况, 节点在产生数据包的时候只有一个副本, 从而只有转发过程;

[0084] (2) 基于无线射频的固定多副本多跳路由(射频多副本), 这是本发明提出的路由方法的一种简化情况, 节点在产生数据包的时候有 6 个副本, 但是每次分发都会将一半的

副本数给对方节点,不会动态减少副本数;

[0085] (3) 基于无线射频的动态多副本多跳路由(射频动态副本),这是本发明提出的路由方法;

[0086] (4) 单副本直接传递单跳路由(直接传递),节点在产生数据包的时候只有一个副本,并且只会将数据包发送给目的节点。

[0087] (5) 喷雾等待路由(喷雾等待),点在产生数据包的时候有 6 个副本,每次分发都会将一半的副本数给对方节点,之后没有转发过程,每个中继节点只会将数据包传递给目的节点。

[0088] 在实验中统计总共产生的数据包的个数(不包括副本数目)和达到目的节点的数据包的个数,用达到目的节点的数据包的个数除以总共产生的数据包的个数作为路由协议的传输成功率。实验数据显示,相比于单副本直接传递路由,使用本发明的转发策略,基于无线射频的单副本多跳路由具有很好的预见性,从而提高了传输成功率。同样,本发明提出的基于无线射频的路由方法也比两跳的喷雾等待路由具体更高的传输成功率,具体由图 5 所示。

[0089] 在实验中统计每个到达目的节点的数据包的产生时间和完成传递的时间,用完成传递的时间减去产生时间表示数据包的传输延时。之后计算出所以数据包传输延时的平均值作为路由协议的延时。实验数据显示,与单副本直接传递路由或喷雾等待路由相比,基于无线射频路由方法的传递延时也有所减少,具体由图 6 所示。另外,结合图 5、图 6 可以看到无论是成功率还是延时,动态副本数的路由与固定副本数的路由协议的性能是十分接近的。这说明了通过无线射频收集的信息在发现合适中继节点的情况下动态减少副本的数目的策略是有效可行的。

[0090] 在实验中每隔 3600 秒,统计环境中所有节点使用的缓冲区的总和,作为网络资源的使用情况。为了保证相同的副本数目,这里只选择比较喷雾等待路由和基于无线射频的固定多副本多跳路由。实验中将节点个数设置为 100 个。实验数据显示,引入无线射频广播 ACK 消息之后,缓冲区的使用明显减少,已经到达目的节点的数据包的多余副本可以及时的被丢弃,如图 7 所示。这说明使用本发明提出的缓冲区进行清理的方法是有效可行的。

[0091] 在实验中统计本发明提出的路由协议总共产生的数据包的数目和动态减少的数据包的数目,用减少的副本数目除以总共的副本数目(不计算数据包本身,只计算多余副本数目,即产生数据包总数*5)得到减少副本数的百分比。实验数据显示,采用动态副本策略可以减少 10%以上的副本数目(图 8),对性能却基本没有影响(图 5、6)。

[0092] 以上结果显示,本发明提出的策略具有很高的可行性和合理性。

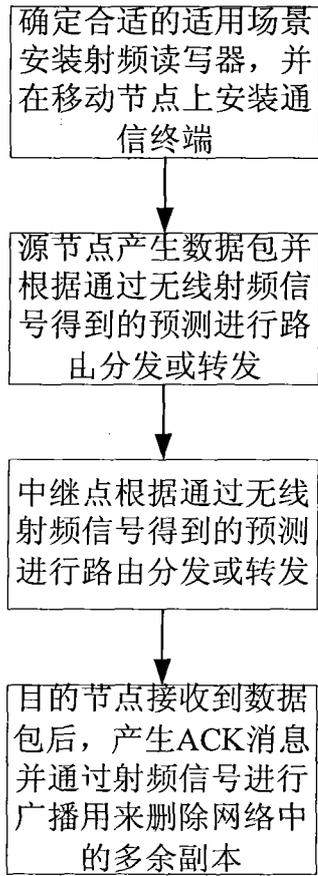


图 1

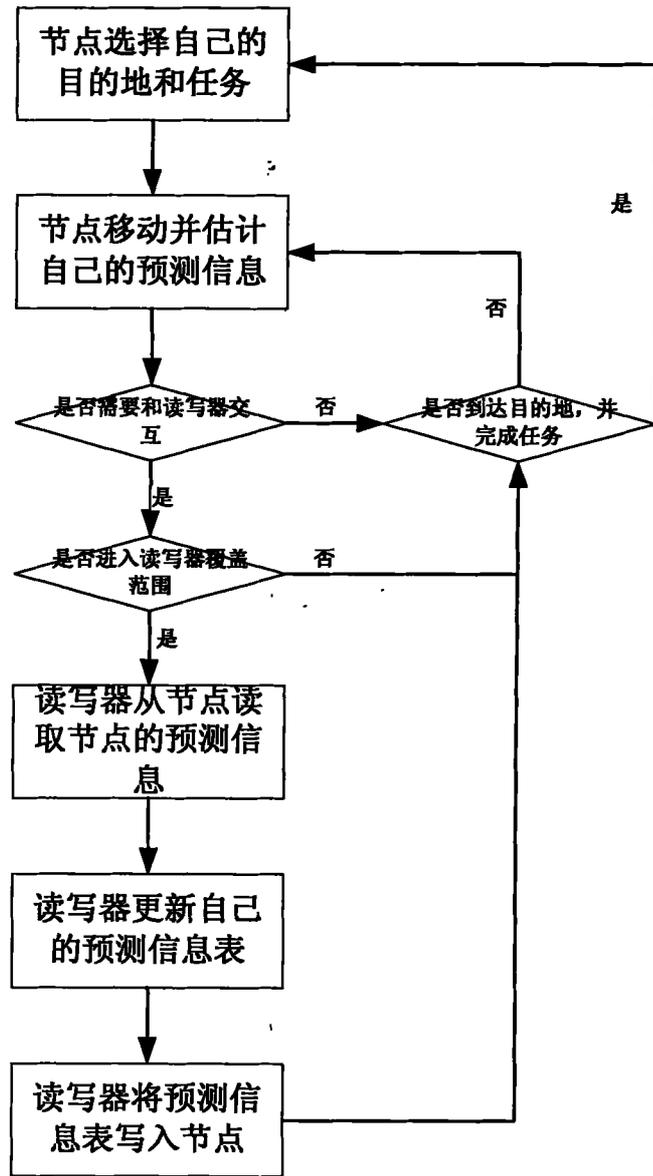


图 2

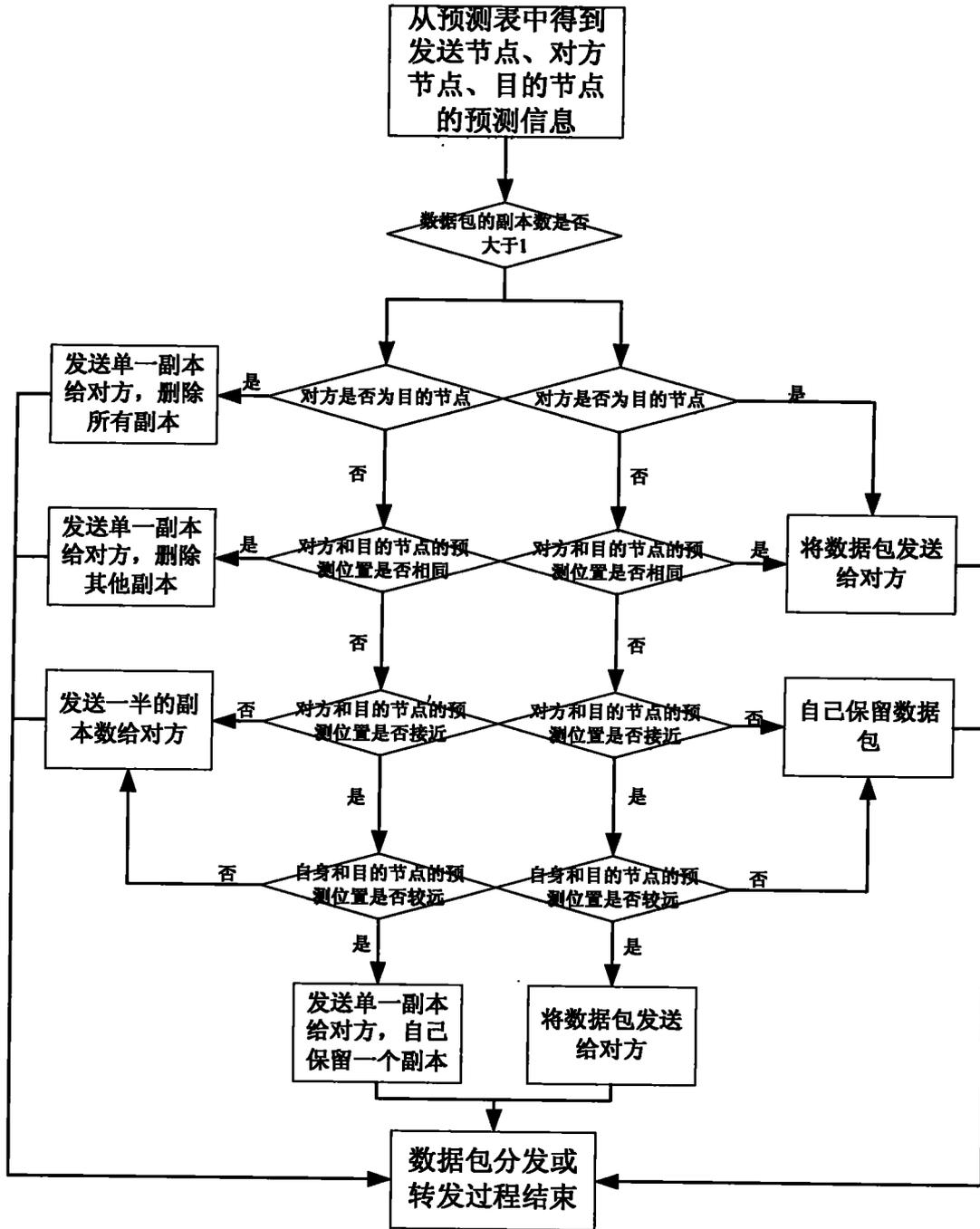


图 3

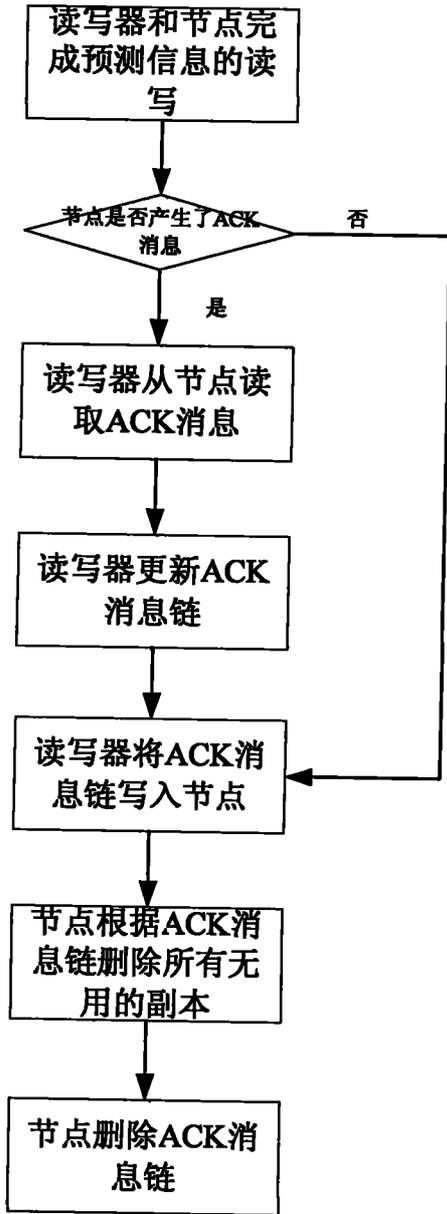


图 4

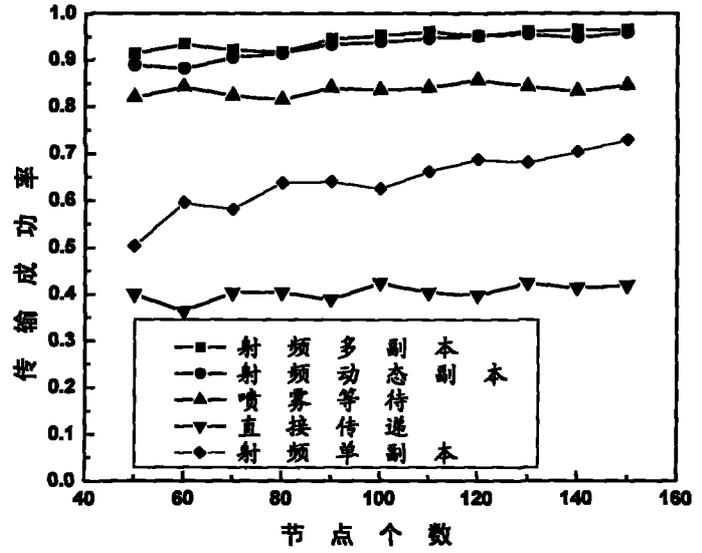


图 5

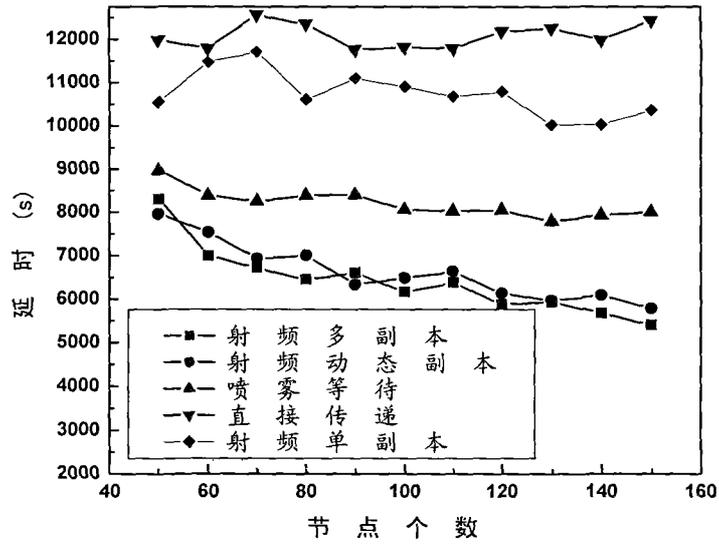


图 6

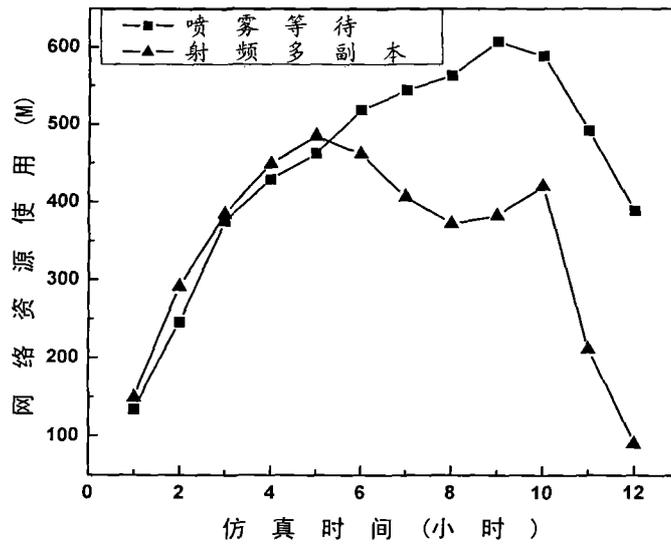


图 7

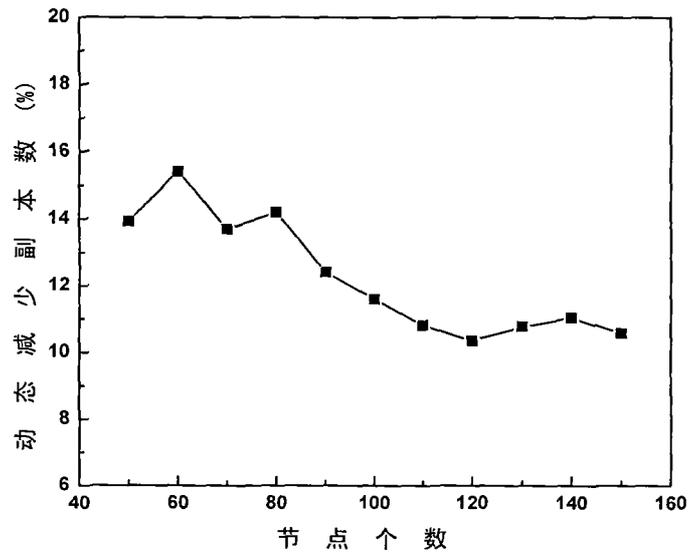


图 8