

文章编号: 1674-8085(2017)04-0057-05

超短波电台通信网络中的自组网路由协议应用研究

龚贻华^{1,2}, 杜 华¹, 李石兵¹, *钟晓峰²

(1. 北方联创通信有限公司, 江西, 南昌 330096; 2. 清华大学电子工程系, 北京 100084)

摘 要: 针对临时组网通信过程中使用超短波电台作为常用的通信手段, 讨论了自组网技术在超短波电台通信网络过程中, 组网路由协议在实现高效组网和有效数据传输所起的关键作用。进而设计了一种适用于军事指挥、抗震救灾等野外临时性工作的应用场景, 对不同自组网路由协议进行了比较研究, 并通过仿真和评估测试路由协议在超短波电台通信网络中负载情况及数据投递情况, 从数据投递率和归一化路由负载两方面对路由协议进行了性能比较和分析。实验数据表明, DSR 协议的性能表现具有明显的优势, 分组投递率高, 路由负载较小, 比较适合移植到超短波电台通信网络中使用。此外, AODV 协议具有较小的路由负载, 也可应用于低带宽的超短波电台通信网络。

关键词: 超短波电台; 自组网; OLSR; DSDV; DSR; AODV; NS3

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1674-8085.2017.04.010

RESEARCH ON APPLICATION OF AD HOC NETWORK ROUTING PROTOCOL IN ULTRA-SHORTWAVE RADIO COMMUNICATION NETWORK

GONG Yi-hua, DU Hua, Li Shi-bing, *ZHONG Xiao-feng

(1. Beifang Lianchuang Communication Co., Ltd., NanChang 330096, China;

2. Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper focus on the application of ultra-shortwave radio as a common means of communication in temporary network communication, discusses the function of ad hoc network technology in ultra-shortwave radio communication network and the key role of network routing protocols in efficient networking and efficient data transmission. Furthermore, this paper designs an application scenario which is suitable for field work such as military command and earthquake relief, and compares the performance of the routing protocols of different ad hoc networks. The routing protocols are compared and analyzed in two aspects: packet delivery fraction and normalized routing load, by simulating and evaluating load conditions and data delivery of routing protocol in ultra-shortwave radio communication network. The experiment shows that the performance of DSR protocol has obvious advantages, such as high packet delivery fraction and less normalized routing load, so it is more suitable for transplanting into ultra-shortwave radio communication network. In addition, AODV protocol has smaller routing load, which can also be applied to low-bandwidth ultra-shortwave radio communication network.

收稿日期: 2017-01-03; 修改日期: 2017-03-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(61631013)

作者简介: 龚贻华(1982-), 男, 湖北仙桃人, 工程师, 硕士, 主要从事嵌入式系统组网设计, 无线自组网技术等方面的研究(E-Mail: yihua0001@163.com);

杜 华(1983-), 男, 湖南汨罗人, 工程师, 主要从事指控通信网络设计, 无线通信技术方面的研究(E-Mail: mail_duhua@126.com);

李石兵(1977-), 男, 湖南邵阳人, 高级工程师, 硕士, 主要从事军用通信网络及有线传输系统的研究(E-Mail: leesb88@163.com);

*钟晓峰(1977-), 男, 浙江宁波人, 副教授, 博士, 主要从事无线通信网络技术方面的研究(E-Mail: zhongxf@tsinghua.edu.cn).

Key words: ultra-shortwave radio; ad hoc network; OLSR; DSDV; DSR; AODV; NS3

0 引言

移动自组网是目前比较流行的一种网络, 无需事先架设通信设备就能快速进行组网^{[1][2]}, 抗毁性好, 可以广泛应用在军事指挥^[3]、抗震救灾^[4]、户外或海上作业、车联网^[5]及无人机自组网^[6]等各种领域。它主要有以下几个方面的特点: 1) 组网方式灵活, 各节点之间实现无中心自组网, 且能够随时随地快速组建网络; 2) 能够适应网络拓扑结构动态变化; 3) 支持多跳, 当目标不在通信范围内的时候, 可以通过中间的节点进行数据转发。

由于临时组网通信需要, 常使用超短波电台作为通信手段。超短波电台通信距离远, 但通信带宽较低, 通信性能也会受到现场环境、指挥车的行进速度等因素影响, 如何实现高效组网和有效的数据传输显得十分重要, 所采用的路由协议将起到关键的作用。

1 组网路由协议的网络性能比较研究

1.1 主动路由协议

主动路由协议也称为表驱动路由协议或先应式路由协议^[7], 它通过每个节点周期性地向网络中广播路由信息来维持本节点的最新路由信息。它在一定程度上保证了通信业务的实时性和服务质量, 但是路由控制信息开销较大。最典型的主动路由协议有以下两种:

1) OLSR 协议

OLSR 协议是在传统的链路状态(Link State, LS)协议基础上改进而成的。与传统的主动路由协议一样, 在 OLSR 协议中, 每个节点之间通过周期性地报文交互, 来达到交换网络拓扑信息的目的, 不同之处在于 OLSR 采用了多点中继技术, 在网络中, 有一部分节点被邻节点选中作为中继站, 只有作为中继站的节点才会周期性地向邻节点发送本地的路由控制信息^{[8][9]}。

在 OLSR 路由协议中, 中继节点通过周期性地广播有效路由控制信息来保持控制信息在整个

移动自组网中充分传递, 非中继节点无需转播报控制信息也不参与路由计算, 这样可以把 LS 更新消息的重传限制在部分邻居节点内。与传统的 LS 协议相比, OLSR 只需要局部链路状态信息就能提供最短路径路由, 明显减少了网络路由开销。

2) DSDV 路由协议

DSDV 路由协议是一个基于经典的分布式 Bell-Ford 路由选择机制的主动路由协议, 它在传统的距离向量算法的基础上引进了序列号机制, 通过给每个路由设定序列号来对新老路由进行区分, 避免了传统 DV 算法中可能出现的路由环路的问题。在 DSDV 路由协议中, 每一个节点都需要维护一张路由表, 该表中记录了本节点可达的所有目标节点的地址信息、到达该目标节点的度量值以及该目标节点的路由序列号等属性。其中, 目标节点路由序列号由目的节点产生, 主要用于区分新老路由信息, 以避免路由环路的产生^[10]。

为了缓解潜在的由路由更新产生的巨大网络流量, DSDV 路由协议在路由信息更新时采用两种类型的包: 当网络拓扑相对稳定时, DSDV 协议使用时间间隔较长、包含多个数据单元的大数据分组进行路由更新; 当网络拓商度动态变化时, 则采用较小的数据分组, 并且只对移动的节点更新路由, 从而降低网络整体的路由开销。

1.2 按需路由协议

按需路由协议也称为反应式路由协议^[11], 它无需维护实时的全网路由消息, 只需在源节点有通信需求时搜寻目标节点路由信息。由于按需路由协议不需要周期性地广播路由更新消息, 所以具有路由控制开销小、网络资源利用率高的特点, 几种典型的按需路由协议介绍如下:

1) DSR 路由协议

DSR 协议是一个基于源路由机制的按需自适应路由协议。所谓源路由, 就是指在每个数据分组的头部都携带到达目的节点的整条路由的信息。DSR 协议能提供快速反应式服务, 尽量确保数据分组的成功交付, 所以特别适用于节点高速移动的自组网环境^{[12][13]}。

DSR 协议中, 所有节点不需要周期性地在全

网广播路由更新信息。如果所有节点的位置相对静止，且通信所需的所有路由都已经被获取时，DSR 协议产生的路由分组开销可以下降到零。

2) AODV 路由协议

AODV 是一种专门针对移动自组网设计的典型按需路由协议，它的路由发现流程和路由维护机制与 DSR 协议十分相似，与 DSR 协议不同，AODV 协议中的每个节点都要维护路由信息，因而数据分组头部不再需要携带完整的路由，能适合于规模较大的移动自组网^[14-15]。

AODV 协议的操作过程简单，路由存储以及维持开销很小，能对链路状态的变化作出快速反应，支持单播、多播和广播多种通信模式，支持 QOS 和 IP 地址。此外，因为 AODV 是基于双向信道假设的，所以 RREP 包能直接沿着 RREQ 包的反方向回到源节点，这样虽然简化了 RREP 包的回送过程，但协议无法支持单向链路。

1.3 网络性能比较研究

以上四种主流的路由协议性能比较见表 1。

2 组网路由协议的场景仿真和分析评估

2.1 仿真参数

本文设计的使用场景主要为了测试这四种协议在通用超短波电台通信网络中的负载情况及数据投递情况，从而对以上几种路由协议进行性能分析与评估，为后续的路由移植工作打下基础。

模拟工作基于目前比较流行的 NS3 仿真器，采用分组投递率和归一化路由负载来对四种路由协议进行评估，参数计算方式如下：

分组投递率=目标节点接收到的数据包个数/源节点发送的数据包个数，分组投递率越高表示数据传输成功率越高，网络性能越好。

归一化路由负载=所有节点发送或转发的路由信息长度(bit)/目标节点收到的数据长度(bit)，它反映了每发送一组数据所需要的用于路由发现和维护的路由开销，路由开销越小网络资源的利用率越高。

2.2 仿真场景

本文设计了两个仿真场景，共用参数见表 2。

表 2 仿真参数

Table 2 Simulation parameters

参数名称	参数值
环境尺寸	8km*6km
单点通信距离	5km
通信接口速率	1024bps
传播模型	自由空间
业务类型	UDP
分组大小	64bytes
仿真时间	200s

仿真场景 1: 节点数量 20 个，10 对数据分组进行数据收发，节点移动速度为 1-41 m/s。

仿真场景 2: 节点数据量 40 个，20 对数据分组进行数据收发，节点移动速度为 1-41 m/s。

表 1 OLSR, DSDV、DSR 和 AODV 组网路由协议的网络性能比较研究

Table 1 Network performance comparison of routing protocols for OLSR, DSDV, DSR and AODV

	OLSR 协议	DSDV 路由协议	DSR 路由协议	AODV 路由协议
协议类型	主动路由	主动路由	按需路由	按需路由
周期更新	需要	需要	事件驱动	事件驱动
通信复杂度	O(N)	O(N)	O(2N)	O(2N)
路由信息可行性	总是可行	总是可行	需要时可行	需要时可行
拓扑结构变化适应能力	弱	弱	强	强
是否支持单向链路	是	是	是	否
路由控制信息流量	大	大	比主动路由小，随节点移动速度增加	比主动路由小，随节点移动速度增加

2.3 仿真结果分析

2.3.1 分组投递率

分组投递率是反映业务数据传输成功率的重要指标, 经过仿真, 并对其中的数据进行分析, 得到了仿真场景 1 与仿真场景 2 中的分组投递率分别如图 1、图 2 所示。

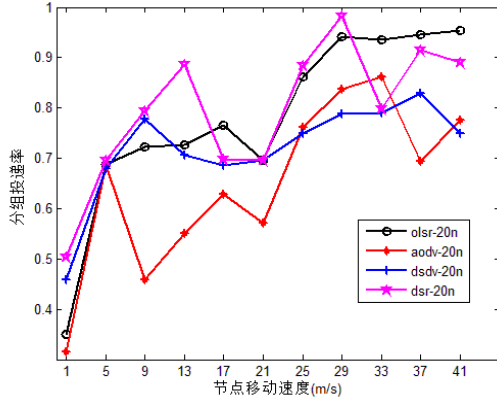


图 1 20 个节点的分组投递率

Fig.1 Packet delivery fraction of 20 nodes

图 1 所示, 在 20 个节点的场景下, 四种协议的分组投递率波动较大, 其中 DSR 和 OLSR 路由协议的表现略优于 AODV 和 DSDV 两种协议。随着节点移动速度的增加, 分组投递率有逐渐增加的趋势。经过分析, 在该场景中由于节点数量较少, 部分分组数据传输不可达, 节点的移动会对业务的传递有一定的影响。

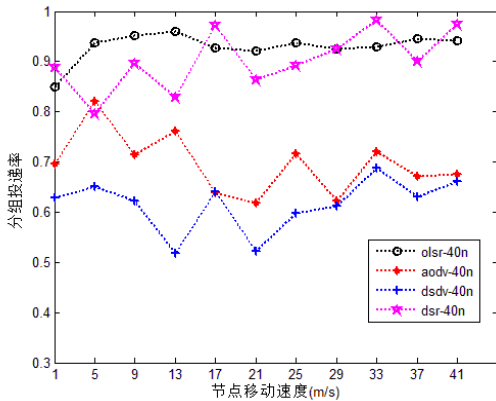


图 2 40 个节点的分组投递率

Fig.2 Packet delivery fraction of 40 nodes

图 2 所示, 在 40 个节点的场景中, 四种协议的分组投递率比较稳定。其中, OLSR 协议表现最佳, DSR 协议的投递率略低于 OLSR 协议, AODV 和 DSDV 协议明显低于 OLSR 与 DSR 协议, 且 DSDV 协议表现最差。总体上来看, 四种协议受速度的影响比较小。

总体来说, 节点越多, 分组投递率越高, 路由协议性能越稳定。节点较少的情况下, 节点移动速度会对分组投递率造成一定的影响, 移动速度较快的时候分组投递率略有增加; 节点较多的情况下, 节点速度对分组投递率的影响较小。

2.3.2 归一化路由负载

仿真场景 1 与仿真场景 2 中的归一化路由负载分别如图 3、图 4 所示。

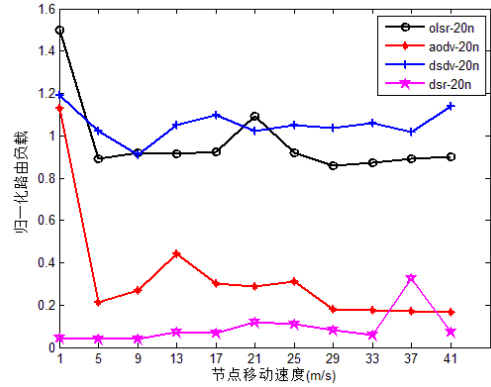


图 3 20 节点下的归一化路由负载

Fig.3 Normalized routing load of 20 nodes

图 3 所示, 在 20 个节点的场景中, 四种路由协议的路由负载与节点移动的速度没有明显关联。主动路由协议 OLSR 协议与 DSDV 协议的路由负载明显大于按需路由 AODV 和 DSR 协议, 这是因为主动路由协议需要定期进行网络状态的探测和路由维护, 而按需路由协议只维护有数据通信的路由信息。在主动路由协议中, DSDV 协议的路由负载略高于 OLSR 协议, 而在按需路由协议中, AODV 协议的路由负载高于 DSR 协议, 原因在于 AODV 协议有定时发送 HELLO 报文的机制, 会占用一部分路由开销。

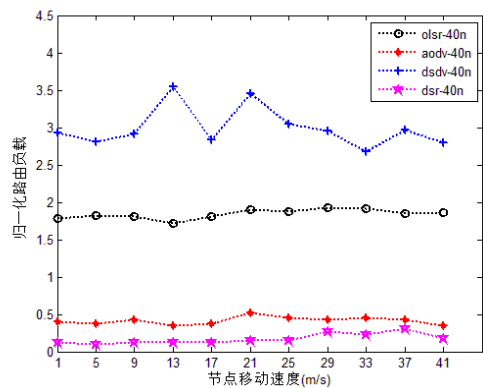


图 4 40 节点下的归一化路由负载

Fig.4 Normalized routing load of 40 nodes

图4所示,在40个节点的场景中,四种路由协议的归一化路由负载表现十分平稳,几乎不受节点移动速度的影响。DSDV协议路由开销最大,OLSR协议次之,AODV协议与DSR协议开销明显较小且十分接近,因为定期的HELLO报文机制,AODV协议路由开销略大于DSR协议。

总体来说,在两个场景中,归一化路由开销与节点移动速度无关。随着节点数量和业务分组的增加,归一化路由负载会越来越大,性能更稳定。

4 结束语

经过两个使用场景下四种协议的指标对比,可以得出DSR协议的性能表现具有明显的优势,分组投递率高,路由负载较小,比较适合移植到超短波电台通信网络中使用。AODV协议也具有较小的路由负载,如果能对HELLO报文机制进行优化,路由负载还有优化的空间,也可以应用在低带宽的超短波电台通信网络中。

参考文献:

- [1] 史美林,荚春. 自组网路由协议综述[J]. 通信学报, 2001, 22(11): 93-103.
- [2] Abolhasan M, Wysocki T, Dutkiewicz E. A review of routing protocols for mobile ad hoc networks[J]. Ad hoc networks, 2004, 2(1): 1-22.
- [3] 张丽蓉,史贵林,张稳. 经典路由协议在战场环境下的仿真与评测[J]. 电脑知识与技术:学术交流,2016(3): 58-60.
- [4] 黄成兵. 移动自组网在灾后营救中的应用研究[J]. 智能计算机与应用. 2016(5):115-116,118.
- [5] 董敏娥. 车载自组网的路由协议研究[J]. 电子设计工程, 2015 (19): 101-103.
- [6] 卓琨,张衡阳,郑博,等. 无人机自组网研究进展综述[J]. 电信科学, 2015, 31(4): 127-137.
- [7] 徐海铭,朱牧天,曹琦,等. 无线自组网路由协议研究[J]. 信息技术与信息化. 2015(8):96-98.
- [8] 郑伟明. OLSR 路由协议研究及仿真[D]. 成都:电子科技大学,2011.
- [9] Toutouh J, García-Nieto J, Alba E. Intelligent OLSR routing protocol optimization for VANETs[J]. IEEE transactions on vehicular technology, 2012, 61(4): 1884-1894.
- [10] 周莉,张燕,许璐蕾,等. AdHoc 网络路由协议 DSDV 的仿真研究与实现[J]. 福建电脑, 2013, 28(11): 93-94.
- [11] 卢山,宋志群,周凌宇,等. 无线自组织网络按需路由协议研究[J]. 无线电工程, 2015, 45(11): 5-8.
- [12] 赵剑松. 探析 DSR 路由协议[J]. 信息与电脑:理论版,2013, 5: 145-146.
- [13] 阮洁. DSR 协议的仿真研究与性能改进[D]. 荆州:长江大学,2015.
- [14] 何绵禄,褚伟,刘辉舟. AODV 路由协议的研究和改进[J]. 计算机工程, 2015, 41(1): 110-114.
- [15] Kanakaris V, Ndzi D, Papakostas G A. Sensitivity analysis of AODV protocol regarding forwarding probability[J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2016, 127(3): 1016-1021.