

文章编号: 1672-2892(2010)05-0620-05

基于 OPNET 的 3G-ALE 多址接入协议仿真分析

王翠柏^{1,2}, 段田东¹, 刘瑞东¹, 刘文林^{1,2}

(1.信息工程大学 信息工程学院, 河南 郑州 450002; 2.95830 部队, 北京 100093)

摘 要: 由于短波资源有限, 研究短波网络多址接入协议尤为重要。介绍了第 3 代短波自动链路建立协议(3G-ALE)所采用的新技术, 然后对 3G-ALE 协议多址接入算法进行了分析。在 OPNET 网络仿真平台, 独立设计完成了 3G-ALE 节点模型、相关进程模型及网络模型, 对自动链路建立过程进行了仿真, 并进行了不同情况下节点建链成功率的仿真分析。结果表明, 信道误码率对节点建链成功率影响最明显, 信道数量和网络节点数次之, 节点业务量对建链影响最小。

关键词: 第 3 代短波; 多址接入; 自动链路建立; OPNET 网络

中图分类号: TN911.72

文献标识码: A

Analysis on MAC of 3G-ALE based on OPNET simulation

WANG Cui-bai^{1,2}, DUAN Tian-dong¹, LIU Rui-dong¹, LIU Wen-lin^{1,2}

(1.College of Information Engineering, University of Information Engineering, Zhengzhou Henan 450002, China;
2.95830 troop, Beijing 100093, China)

Abstract: It is significant to explore the Multi-access(MAC) protocol of HF due to the poor bandwidth of HF. In this study, the protocol of Multi-access for 3G-Automatic Link Establishment(ALE) was researched. Then based on OPNET Modeler, the networks model, node model and process model of the 3G-High Frequency(HF) were designed. The process of automatic link establishment was simulated. Simulations for successful ratio of link establishment were executed under different conditions. The results show that the Bit Error Rate(BER) has the most important effect on the ratio, while the number of channels and network nodes are following, and the traffic of nodes has the least impact.

Key words: 3G-High Frequency; Multi-access; 3G-Automatic Link Establishment; OPNET

短波通信正朝着网络化的方向发展, 然而由于短波资源有限, 可利用的频率资源贫乏, 对短波网络的多址接入(MAC)技术的研究就显得十分重要^[1-2]。第 3 代短波网络自动链路建立协议(3G-ALE)采用了“时隙载波侦听多址(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)”进行多址接入, 该协议通过不同通信站点在不同时隙扫描不同信道的方法, 避免冲突, 具有一定的优越性^[3]。本文通过 OPNET Modeler 11.5 仿真平台建立了 3G-ALE 节点模型、相关进程及网络模型, 并对第 3 代短波网络自动建链过程进行了仿真, 旨在分析不同情况下节点建链成功率的情况, 并对短波组网数据链路层相关协议进行一些理论研究。

1 第 3 代短波网 MAC 协议

1.1 同步驻留技术

第 3 代短波网数据链路层协议包括自动链路建立(3G-ALE)协议、业务传输管理协议、数据链路传输协议和电路连接控制协议^[4]。3G-ALE 主要完成链路的自动建立, 是进行业务的传输前提, 其多址接入采用“时隙 CSMA”协议, 接入算法在下面讲述。

第 3 代短波系统一般要求呼叫信道和业务信道分开使用, 并采用同步驻留组结构, 系统将网络节点尽量平均分配到每个驻留组中, 在任意一个驻留时间内相同驻留组扫描同一信道。在同步模式下, 每个节点的接收器按照每信道 5.4 s 的同步速率扫描每个呼叫信道^[5]。在每个 5.4 s 驻留时间内, 每个固定组扫描的信道号计算如下, 其中 T 为当前时间, G 为驻留组号, C 为信道个数:

$$D=((T/5.4)+G)\bmod C \quad (1)$$

1.2 时隙呼叫

第3代短波网络一个主要优点就是全网可以在同步模式下工作。系统在该模式下工作时,相同驻留组内的所有节点按公式(1)计算出信道数,并在此信道上驻留5.4 s,称为同步驻留帧。每个同步驻留时间被分为6个时隙,每个时隙900 ms。其中时隙0用于调谐和业务信道侦听,其余5个时隙为呼叫时隙,但Slot5不能用于呼叫协议数据单元(Protocol Data Unit, PDU)的发送。

呼叫方根据上层业务的优先级别,以一定的概率在4个呼叫时隙进行呼叫。时隙选择原则是,高优先级的业务请求优先于低级别业务进行接入。军标中按优先级时隙接入概率设置见表1。

表1 呼叫优先级接入概率

Table 1 Priority of the access probability				
access probability	Slot1	Slot2	Slot3	Slot4
highest	0.50	0.30	0.15	0.05
high	0.30	0.50	0.15	0.05
low	0.05	0.15	0.50	0.30
lowest	0.05	0.15	0.30	0.50

1.3 多址接入算法

第3代短波网工作在同步模式时,各节点采用“时隙CSMA”多址接入方式接入信道^[6]。其接入算法为:

- 1) 所有空闲节点的接收机均同步扫描在指定呼叫信道,进行呼叫扫描。
- 2) 当主叫节点需要建立链路时,主叫先计算被叫节点当前所驻留的呼叫信道,再按照自己的业务优先级在同步帧的4个时隙(Slot1, Slot2, Slot3和Slot4)中选定一个呼叫时隙。
- 3) 在选定的呼叫时隙到来后,发送“呼叫PDU”,然后准备在随后的时隙中接收应答。
- 4) 当被叫节点接收到一个呼叫请求,就在随后的时隙发送一个握手请求。该请求包含以下命令:终止握手、继续握手或开始业务。
- 5) 如果主叫节点收到此握手请求后,根据握手请求中包含以下命令,将做相应的处理:a)继续握手则主叫节点在当前帧将不做传输,并在下一帧再次选定一个时隙进行呼叫;b)终止握手主叫节点将结束本次呼叫努力;c)开始业务主叫节点将迅速启动业务传输协议。

协议采用了不同驻留组在同一时间扫描不同频率的方法,这样可使节点间通信产生冲突的概率减小。同时,协议还将不同的业务划分优先级,高优先级业务先接入的思想也在很大程度上减小了产生冲突的可能。

2 基于OPNET的仿真模型建立及分析

本文采用OPNET Modeler 11.5作为仿真软件,OPNET作为一种主流网络仿真软件,它将各个仿真研究阶段所需的工具整合,组成了一个由模型设计工具、仿真核心、数据收集工具和数据分析工具有机组合起来的大型仿真系统^[7]。

2.1 节点模型

在进行自动链路建立时,每个站点有3个状态:扫描、呼叫和握手。3G-ALE节点应具有发送建链请求、对建链请求进行反应、呼叫信道及呼叫时隙的选择等功能,节点模型具有5大模块,见图1。LE_call_gen模块:触发建链请求业务;LE_hanshake_gen模块:根据不同的业务请求产生不同的反应,并能够完成建链成功的统计及包的销毁;ALE_mac模块:主要完成地址的赋值、呼叫信道及呼叫时隙的选择;radio_tx_0和radio_rx_0模块:完成数据包的发送与接收;天线模块a_0:完成数据在无线信道上的收发。

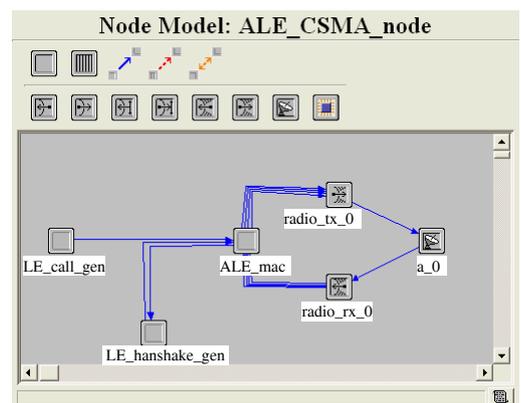


Fig.1 Node model
图1 节点模型

2.2 进程模型

进程模块或有限状态机(Finite State Machine, FSA)是仿真模型的核心,根据节点当前所处的状态及状态转移关系,通过调用OPNET核心函数及基于C++语言的编程完成对节点发送和接收数据的控制和处理^[8]。下面主要描述模型中的关键进程,即ALE_mac模块和握手模块,模块的有限状态机见图2和图3。

ALE_mac模块完成底层与上层数据的交互,其状态转移关系见表2。TX_Frame状态根据公式(1)计算出被叫方所扫描的信道号,确定所选发送信道,根据业务优先级选择发送时隙等;RCV_ch状态接收底层数据,并将其转发各上层处理;end状态完成包的销毁及在仿真结束后统计发送建链请求情况。

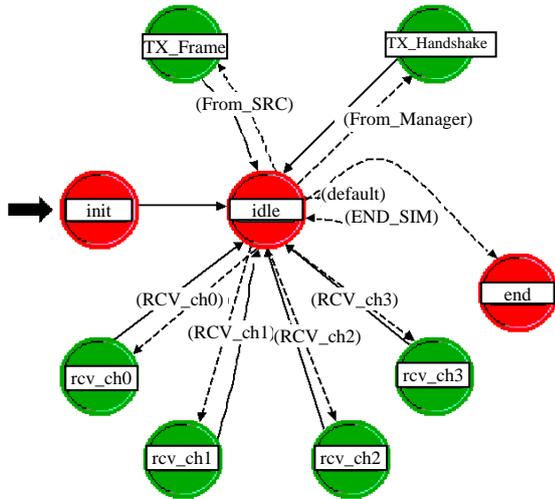


Fig.2 FSA of ALE_mac module
图 2 ALE_mac 模块有限状态机模型

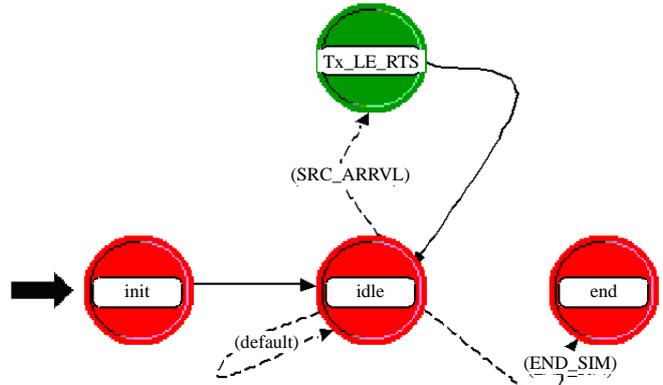


Fig.3 FSA of handshake module
图 3 握手模块有限状态机模型

表 2 ALE_mac 模块状态转移关系
Table2 State transition relations of ALE_mac module

initial state	previous state	transfer condition	next state
initialize parameters	No traffic. Channel is free.	link_establishment request(From_SRC) handshake request(From_Manager) data receiving from low level(RCV_ch0/1/2/3) simulation ended(END_SIM)	transmit Link_establishment request(Tx_Frame) transmit handshake request (Tx_handshake) transmit data to upper level statistical parameters(end)

握手模块根据 ALE_mac 模块传递的数据作以下处理：接收其它台站的建链请求，马上进行握手请求发送；接收其它台站回应自身的握手请求，建链成功，将包销毁并统计成功次数；其它情况，销毁包。

2.3 网络模型及参数统计

仿真参数：仿真区域为 10 km×10 km，仿真的网络模型见图 4；信道数量为 4；仿真节点数分别为 4,8 和 20；仿真时间为 1 h；根据发起呼叫请求业务量、节点个数及信道误码率情况分析节点建链成功率变化。见图 5，在仿真结束后统计各节点发送建链请求包的个数及建链成功的个数，进而完成建链成功率的统计。

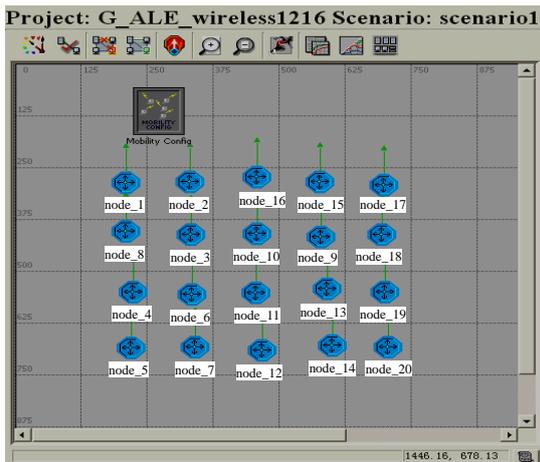


Fig.4 Network model of 3G-HF
图 4 仿真网络模型

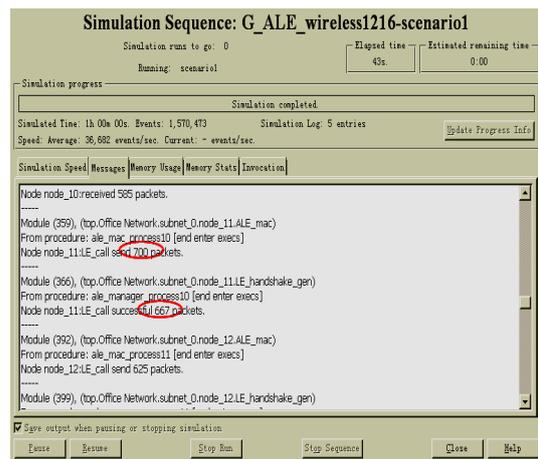


Fig.5 Parametric statistics
图 5 参数统计

2.4 仿真结果分析

节点的业务量 λ 定义为：在一个驻留周期(5.4 s)内，节点发送建链请求的数量。 $0 < \lambda \leq 1$ ，表示在 1 个驻留周期内节点发送建链请求的概率。

节点建链成功率：表示节点之间可以成功建立连接的情况，是衡量短波通信的重要标准。本文主要对节点建链成功率进行仿真分析。且仿真分析时，假设节点之间发送建链请求均为高优先级业务。

1) 仿真试验 1: 不考虑信道误码, 网络节点数量分别为 4,8 和 20 时节点建链成功率曲线。从图 6 中不难看出, 当信道数量较少而网络节点增多时, 节点建链成功率明显下降。这主要是因为该情况下, 在同一驻留时间内扫描同一信道的节点数量增加, 导致了冲突概率增加。对此情况, 笔者提出了一种改进思想, 已在另外文章中详述。

2) 仿真试验 2: 不同节点数量、不同业务量情况下, 节点建链成功率随信道误码率的变化情况。图 7 是在业务量为 0.6 时, 不同节点数的建链成功率曲线; 图 8 为节点数为 8, 不同业务量情况节点建链成功率曲线。从两图中可以看出, 随着信道误码率的升高, 节点建链成功率下降明显; 相同业务量时, 由于信道误码率的影响, 节点数为 4 和 8 时建链成功率差别不明显, 但明显高于节点数为 20 的情况; 信道误码率较低时, 业务量高, 建链成功率低, 但随着信道恶化节点建链成功率差别不明显。

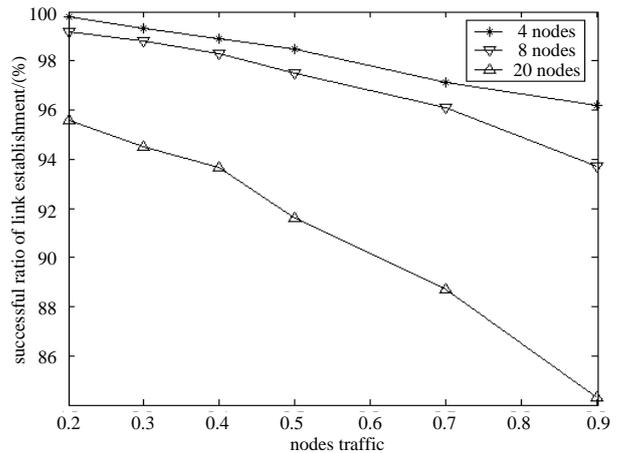


Fig.6 Successful ratio of 3G-ALE based on different traffic case
图 6 不同业务量时节点建链成功率

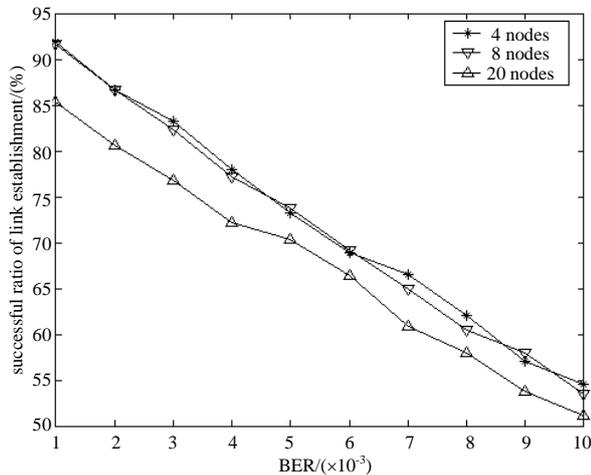


Fig.7 Successful ratio of 3G-ALE based on BER
图 7 业务量一定不同信道误码率节点建链成功率

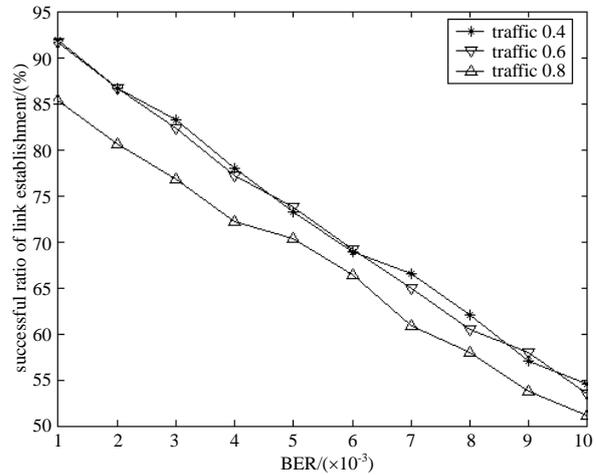


Fig.8 Successful ratio of 3G-ALE based on BER
图 8 不同业务量、不同误码率节点建链成功率

3 结论

对 3G-ALE 多址接入协议算法及其采用的一些新技术进行了详细研究, 通过 OPNET 网络仿真平台建立了 3G-ALE 节点模型、相关进程模型及网络模型, 并对其进行了仿真。对不同情况下节点建链成功率情况进行了分析。仿真结果显示, 节点建链成功率情况主要取决于节点业务量、信道个数、网络节点数及信道误码率, 且信道误码率对节点建链成功率影响最明显, 信道数量和网络节点数次之, 节点业务量对建链影响最小。

参考文献:

- [1] 胡中豫. 现代短波通信[M]. 北京:国防工业出版社, 2003.
- [2] 董彬虹,李少谦. 短波通信的现状与发展趋势[J]. 信息与电子工程, 2007,5(1):1-5.
- [3] 李晓翼,朱晓明. 第三代短波通信自动链路建立技术研究及实现[J]. 空间电子技术, 2006,3(3):45-49,60.
- [4] 陈亮. 移动自组织中 MAC 协议的研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2007.
- [5] MIL-STD-188-141B. Interoperability and performance standards for medium and high frequency radio systems[S]. 2001.
- [6] Johnson E E. Simulation results for third-generation HF automatic link establishment[C]// Proceedings of MILCOM '99, IEEE. Atlantic City,NJ:[s.n.], 1999,2:984-988.
- [7] 陈敏,张金文,韦岗. OPNET 无线信道建模[J]. 计算机工程与应用, 2003,39(25):62-65,70.
- [8] 王文博,张金文. OPNET Modeler 与网络仿真[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.

作者简介:



王翠柏(1984-),男,河北省廊坊市人,在读硕士研究生,主要研究方向为通信信号处理、短波通信.email:plahaohao@yahoo.com.cn.

段田东(1965-),男,江西省湖口市人,硕士生导师,主要研究方向为通信信号处理、短波通信。

刘瑞东(1960-),男,山东省临沂市人,副教授,主要研究方向为自动化控制。

刘文林(1982-),男,浙江省江山市人,在读工程硕士研究生,主要研究方向为通信信号处理。

(上接第 611 页)

- [6] HUANG Yu-qing,JIANG Hong,HU Hong,et al. Design of Learning Engine Based on Support Vector Machine[C]// Proceedings of 2009 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering(CiSE2009). Wuhan:[s.n.], 2009:54-57.
- [7] 崔和,龙玉峰. 支持向量机器学习算法的研究现状与展望[J]. 信息与电子工程, 2008,6(5):328-332. (CUI He, LONG Yu-feng. Status Quo and Expectation of Support Vector Machine Learning Algorithm[J]. Information and Electronic Engineering, 2008, 6(5):328-332.)
- [8] Allen Ginsberg,Jeffrey Poston,William Horne. Toward a Cognitive Radio Architecture: Integrating Knowledge Representation with Software Defined Radio Technologies[C]// IEEE In Military Communications Conference. Washington:[s.n.], 2006:1-7.
- [9] Pawlak Z. Rough sets[J]. International Journal of Computer and Information Science, 1982,11(5):341-356.
- [10] Lech Polkowski,Shusaku Tsumoto,Tsau Y Lin. Rough set methods and applications:new developments in knowledge discovery in information systems[M]. New York:Physica-Verlag, 2000.
- [11] Pawlak Z. Vagueness and uncertainty:a rough set perspective[J]. Computational intelligence, 1995,10(2):227-232.
- [12] Han J W. Data mining:Concepts and Techniques[M]. Beijing:China Machine Press, 2001.
- [13] Komorowski,Pawlak Z,Polkowski L,et al. A Rough Set Perspective on Data and Knowledge Discovery[M]. New York:Oxford University Press, 1999.
- [14] Wang J,Miao D Q. Analysis on attribute reduction strategies of rough set[J]. Journal of Computer Science and Technology, 1998,13(2):188-200.

作者简介:



余晓航(1983-),男,河南省襄城县人,在读硕士研究生,主要从事认知无线电技术方面的研究.email:yxxabc@yahoo.com.cn.

李磊民(1960-),男,辽宁省辽阳市人,教授,主要研究方向为嵌入式系统应用、网络测控。

黄玉清(1962-),女,四川省三台县人,教授,主要研究方向为认知无线电技术、网络测控、智能控制。