

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.10.017

适用于高动态平台的 TDM/FDMA+令牌环 卫星混合多址接入协议*

夏晓巍**

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:对卫星通信中比较常用的多址接入方式进行了比较,提出了一种固定分配与自由分配相结合的卫星混合多址接入协议,对指标性能进行了分析。试验结果表明,该协议具有业务接入灵活、卫星频带利用率高、系统实现简单等特点,适用于高动态平台卫星通信。研究内容对相关工程应用具有一定的参考价值。

关键词:卫星通信;多址接入;高动态平台;固定分配;自由分配;TDM/FDMA;令牌环

中图分类号:TN927 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)10-1343-04

A TDM/FDMA+Token Ring Hybrid Satellite Multiple Access Protocol for High Dynamic Platforms

XIA Xiao-wei

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Basic multiple access techniques in satellite communication are compared. A hybrid satellite multiple access protocol based on Fix Allocation Multiple Access (FAMA) and Free Allocation (FA) is designed for satellite communication system, and specifications and performance are analyzed. Test result shows the proposed protocol is featured by easy accessing, efficient bandwidth utilization and it is applicable for high dynamic mobile platform satellite communication. The research in this paper has reference value for engineering applications.

Key words: mobile satellite communication; multiple access; high dynamic platform; fix allocation; free allocation; TDM/FDMA; token ring

1 引言

多址接入技术是卫星通信的关键技术之一,多址接入协议的选取直接影响到系统的频谱利用率、系统容量、网络结构、通信的服务质量、设备的复杂度及成本等^[1]。

国内针对高动态平台的卫星多址接入协议研究文献几乎为空白。本文结合工程实践,对卫星通信中比较常用的多址接入方式进行了比较、分析,提出了一种固定分配与自由分配相结合的设计思路,适用于高动态平台卫星组网通信。在此基础上介绍了

网络结构、协议及帧结构设计,并对指标性能进行了分析。

2 卫星通信多址接入方式的比较和分析

随着卫星通信技术的不断更新和业务类型的不断增多,提出了多种多址接入协议,主要可以分为以下几个基本类型:固定时隙分配协议(FAMA)、按需请求分配协议(DAMA)、随机接入协议(RA)和自由接入协议(FA)^[2]。各种多址接入方式比较如表 1 所示^[2-4]。

* 收稿日期:2013-04-07;修回日期:2013-08-05 Received date:2013-04-07;Revised date:2013-08-05
** 通讯作者:21160717@qq.com Corresponding author:21160717@qq.com

表 1 多址接入方式比较
Table 1 Comparison of multiple access protocols

	FAMA				DAMA	RA		FA
	FDMA	TDMA	CDMA	SDMA		P-ALOHA	S-ALOHA	
优点	技术比较成熟,设备较简单,操作灵活,不需系统同步	用户容量较大,信道利用率较高	具有一定的抗干扰、抗截获能力	用户容量较大,信道利用率较高	信道利用率高	全网不需定时和同步,实现简单	系统容量较大	实现简单、时延小,信道利用率较高
缺点	转发器利用率低,需要功率补偿,用户容量受到限制	同步系统复杂,设备复杂度和成本都比较高	需要对网内用户终端进行严格的功率控制;地址码选择较难,捕获较为复杂	系统控制更加复杂,需要设计波束之间进行切换,而且存在同道干扰(CCI)	采用时隙预约方式,时延较大	用户容量小,当信道负荷较高时,时延大,效率低	同步系统复杂,开销大	用户数量较多时,分配机制较复杂
适用业务种类	小容量业务、实时/恒定比特率业务	中、大容量,实时/恒定比特率业务	抗干扰通信,小容量业务	大容量业务	大容量、非实时可变比特率业务	小容量、突发业务	中容量、恒定比特率业务	中容量、实时/突发业务

由于单一的资源分配机制难以解决同时满足多类型业务的 QoS 与充分利用链路带宽之间的矛盾,人们又提出了混合多址接入协议。混合资源分配机制利用了不同机制的优点,目前主要有按需分配和自由分配相结合的 CFDMA 协议、固定分配和按需分配相结合的 CFDMA 协议、随机接入和按需分配相结合的 CRDMA 协议,以及其他类型的混合协议^[5-7]。

3 TDM/FDMA+令牌环接入协议设计

3.1 设计思路

高动态平台具有突发式数据传输、数据长度不定等特点,且用户数量多、对通信实时性要求高。由于卫星转发器可提供的功率和频带均受限,直接制约着用户容量,因此需要合理设计卫星多址接入协议以满足高动态平台大容量、低时延的需求。

根据前面卫星通信多址接入方式的比较与分析可知,FDMA 方式(FAMA)实现简单,但系统频带利用率低,容量受限;令牌环方式(FA)业务接入灵活,根据业务变化(优先级、数据流量等)可自适应地动态调整令牌环时序,充分利用时序资源,可有效保障信息的时效性。因此本文结合工程实践,将两种接入方式有效地结合,设计了 TDM/FDMA+令牌环接入协议,适用于高动态平台。该协议业务接入灵活、时延小,可有效提高卫星频带利用率,同时系统实现简单。

3.2 网络结构

以中心站为中心,多个远端站与中心站利用卫星透明转发通路组成一个星状网,网络结构如图 1

所示。前向链路只有 1 个载波,中心站以时分复用(TDM)方式向远端站发送信息;反向链路有多个载波,用于多个子网的远端站发送信息。传统的卫星通信系统中每个远端站永久占用一个卫星信道,当无消息发送时,其他远端站也不能使用该信道,这种方式将耗费大量的卫星频带资源,频带利用率低。为了提高频带利用率,所有卫星资源由中心站统一分配;中心站在网络内部采用频分多址(FDMA)方式将信道资源分配给不同的子网,同一子网的远端站在相同信道内采用令牌环方式组网通信。

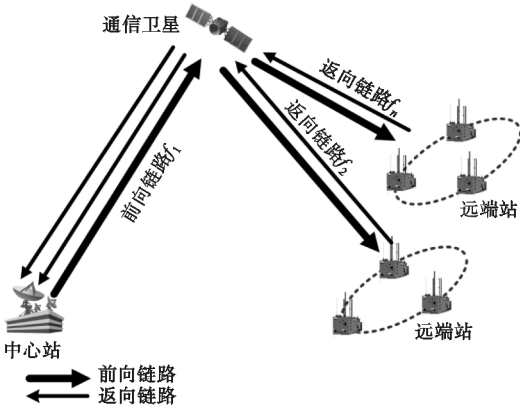


图 1 TDM/FDMA+令牌环网络结构
Fig. 1 Structure of TDM/FDMA+Token Ring

3.3 协议描述

中心站查看本地消息发送缓冲区,结合消息数量和优先级,分别从每个子网中选择一个远端站分配令牌,将各子网中远端站的消息打包组帧,消息长度不超过打包限制,并在 f_1 频率上广播发送至卫星。每帧数据之间发送时无需等待,以 TDM 方式连续广播。

为了防止同一子网内的远端站消息发送时发生碰撞,中心站在发送数据帧中需考虑一定的保护时间间隔。由于卫星信道全双工通信,解决了传统令牌环方式半双工通信带来的往返空中传播时延长的问题。中心站协议处理算法如图 2 所示。

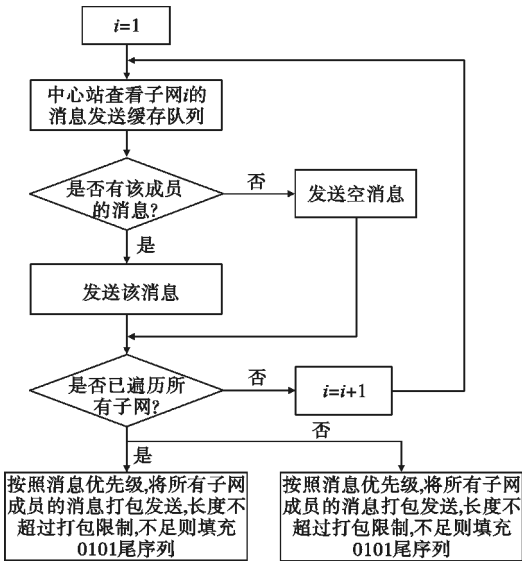


图 2 中心站协议处理算法

Fig. 2 Flowchart of protocol processing algorithm for center station

远端站接收到卫星转发的消息后,判断接收地址,如果为本平台地址,则解析消息正文,判断是否需要应答;如果需要应答,则根据消息内容从发送消息队列中选择待发送的数据,按照消息优先级将消息打包,消息长度不超过打包限制,在本子网发送的频率 $f_2 \sim f_n$ 上发送至卫星。

以网络中有 3 个子网为例,各远端站编号分别为子网 1(1、2、3)、子网 2(4、5、6)、子网 3(7、8、9),中心站与远端站之间的卫星多址接入协议运行时序如图 3 所示。

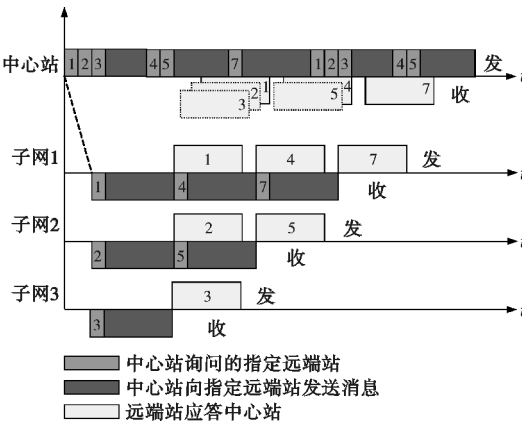


图 3 协议运行时序示意图

Fig. 3 Time sequence diagram

3.4 帧结构设计

(1) 链路层帧结构

链路层传输的消息由 3 部分组成:报头、CRC 校验、消息正文,消息结构如图 4 所示,其中报头包含发送地址、接收地址。

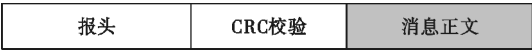


图 4 链路层消息结构

Fig. 4 Frame structure of link layer

(2) 物理层帧结构

前向链路采用连续广播模式,帧结构由帧同步段和数据段组成,如图 5 所示。

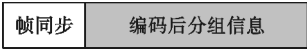


图 5 前向链路帧结构

Fig. 5 Frame structure of forward link

根据返向信息速率不同,设计两种帧结构。以典型速率 3.2 kb/s、6.4 kb/s、12.8 kb/s、25.6 kb/s 为例,帧结构设计如表 2 所示。

表 2 前向链路帧结构设计

Table 2 Design of forward link frame

典型速率 /(kb/s)	帧结构 1		帧结构 2	
	帧同步	编码后 分组信息	帧同步	编码后 分组信息
3.2	128 符号	1 456 符号	128 符号	1 024 符号
6.4	128 符号	2 608 符号	128 符号	1 456 符号
12.8	128 符号	5 056 符号	128 符号	2 608 符号
25.6	128 符号	10 096 符号	128 符号	5 200 符号

返向链路采用突发传输模式,每次数据传输均需重新捕获卫星信号,帧结构由载波同步段、帧同步段和数据段组成,如图 6 所示。

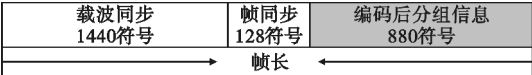


图 6 返向链路帧结构

Fig. 6 Frame structure of return link

4 性能指标分析

(1) 信道利用率

前向链路采用连续广播模式,信道利用率为 100% ;

返向链路采用突发传输模式,信道利用率根据

反向信息速率而不同。图 7 描述了 3.2 kb/s、6.4 kb/s、12.8 kb/s、25.6 kb/s 速率下,采用不同帧结构的反向链路信道利用率。可见随着速率的增大,卫星信道利用率提高,当速率为 25.6 kb/s 时,信道利用率约为 97%。

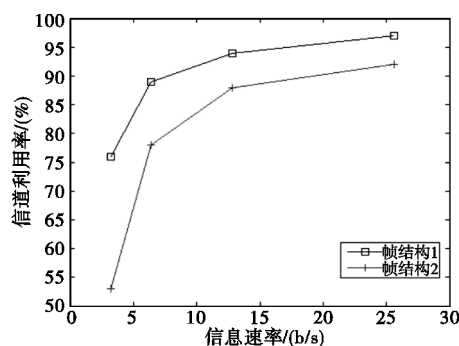


图 7 反向链路信道利用率
Fig. 7 Channel utilization of return link

(2) 网络循环周期

网络循环周期指中心站向子网内第 1 个远端站发送询问消息开始,至接收到最后 1 个远端站应答消息的时间。以一个子网 18 个远端站为例,图 8 描述了 3.2 kb/s、6.4 kb/s、12.8 kb/s、25.6 kb/s 速率下,采用不同帧结构时的网络循环时间,满足系统时延指标要求。

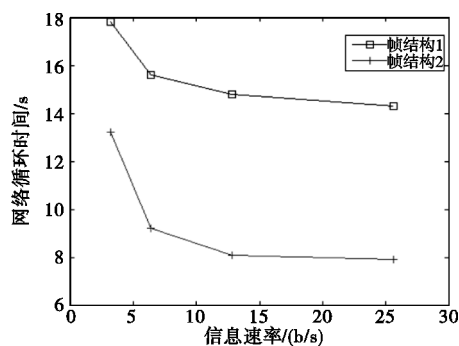


图 8 网络循环时间
Fig. 8 Network recycle time

5 结束语

本文结合工程实践,针对高动态平台卫星通信设计了一种固定分配与自由分配相结合的 TDM/FDMA+令牌环混合接入协议,具有业务接入灵活、时延小、卫星频带利用率高、用户容量大等特点,试验结果表明该协议运行稳定、可靠、实现简单,适用于高动态平台卫星通信,对于相关工程应用具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 徐江,杨凡,王视环. 卫星通信多址接入方式的比较和分析[J]. 电力系统通信,2004,25(10):49-53.
XU Jiang, YANG Fan, WANG Shi-huan. Analysis and comparison of TDMA, FDMA and CDMA techniques in satellite communication[J]. Telecommunications for Electric Power System,2004,25(10):49-53. (in Chinese)
- [2] 张森科. 卫星通信 MAC 协议的发展研究[J]. 中国科技信息,2010(17):60-62.
ZHANG Yao-ke. Research on Satellite Communication MAC Protocol [J]. China Science Information, 2010 (17):60-62. (in Chinese)
- [3] 何翔宇,王克锋,赵洪利. 卫星通信系统的多址接入协议[J]. 兵工自动化,2006,25(6):57-65.
HE Xiang-yu, WANG Ke-feng, ZHAO Hong-li. Multiple Access Protocols for Satellite Communication System[J]. Ordnance Industry Automation,2006,25(6):57-58,65. (in Chinese)
- [4] 吕海寰. 卫星通信系统[M]. 北京:人民邮电出版社,1999.
LV Hai-huan. Satellite Communication System [M]. Beijing:People's Post and Telecommunication Press, 1999. (in Chinese)
- [5] 周熙,王柱京,余阳. 采用预测算法的卫星 CFDMA MAC 协议时延性能分析[J]. 电讯技术,2006,46(5):58-62.
ZHOU Xi, WANG Zhu-jing, SHE Yang. Performance Analysis of CFDMA Protocol via Satellite with Predictive Algorithm [J]. Telecommunication Engineering, 2006, 46 (5):58-62. (in Chinese)
- [6] 周贤伟,刘晓娟. 卫星通信中媒体接入控制协议的研究[J]. 电子测量,2007,30(7):109-114.
ZHOU Xian-wei, LIU Xiao-juan. Research of Medium Access Control Protocols for Satellite Communication[J]. Electronic Measurement Technology, 2007, 30 (7): 109-114. (in Chinese)
- [7] 刘鑫,马正新,石荣. 基于 TDMA 卫星通信的上下行带宽分配策略分析[J]. 移动通信, 2011(14):38-42.
LIU Xin, MA Zheng-xin, SHI Rong. Analysis on Downlink and Uplink Bandwidth Allocation Strategy Based on TDMA Satellite Communication[J]. Mobile Communication, 2011(14):38-42. (in Chinese)

作者简介:



夏晓巍(1980—),女,吉林通化人,工程师,主要研究方向为数据链及卫星通信。

XIA Xiao-wei was born in Tonghua, Jilin Province, in 1980. She is now an engineer. Her research concerns datalink and satellite communication.

Email:21160717@qq.com