

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2013.12.011

ACM 技术在卫星通信 IP 网互联中的应用*

林习良**,周锦标,赵乾宏

(中国卫星海上测控部,江苏 江阴 214431)

摘要:自适应编码调制(ACM)技术根据信噪比自适应改变编码和调制方式,可将链路余量自动转换为链路传输能力,从而提高无线信道的频谱利用率。为解决卫星通信中 IP 化传输对电路带宽需求增加的问题,提出了应用自适应编码调制技术进行 IP 网互联的方案,通过对 DVB-S2_ACM 与 VersaFEC_ACM 两种不同技术的性能比较,分析了 VersaFEC_ACM 技术在岸船卫星通信 IP 网互联中应用的可行性及工作过程。链路计算与性能比较结果表明,该技术的应用可使岸船间原有的 1 024 kb/s 电路带宽利用率提高 95%,同时抗信道衰落的余量提高 6 dB,能够提高卫星通信资源利用率和系统可用度。研究结果可为后续工程应用提供参考。

关键词:卫星通信;IP 网;自适应编码调制;频谱效率;系统可用度

中图分类号:TN927;TN911 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2013)12-1598-07

Application of Adaptive Coding and Modulation Technique in IP Networks Interconnection over Satellite Communication

LIN Xi-liang,ZHOU Jin-biao,ZHAO Qian-hong

(China Satellite Maritime Tracking and Control Department,Jiangyin 214431,China)

Abstract: The signal-to-noise ratio (SNR) metric is used to determine the mode of coding and modulation in adaptive coding and modulation(ACM) technique. ACM turns fade margin into increased link capacity and promises to improve the spectral efficiency in wireless channel. In order to solve the problem of the increased requirements for transmission bandwidth in IP-based satellite communication, scheme of applying adaptive coding and modulation technique to IP networks interconnection is proposed. By comparison of the performances between two different techniques, DVB-S2_ACM and VersaFEC_ACM, the feasibility and working process of applying VersaFEC_ACM technique to IP networks interconnection over satellite communication between the ship and land are analyzed. Link budget calculation and performance comparison results show that bandwidth utilization is improved by 95% while the anti-fading margin increased by 6 dB for the channel of 1 024 kb/s between the ship and land. The resource utilization and system availability in satellite communications can be improved with the technique. This research provides a reference for subsequent engineering applications.

Key words: satellite communication; IP network; adaptive coding and modulation; spectral efficiency; system availability

1 引言

随着 Internet 的广泛应用和网络技术的快速发展,IP 技术以开放的网络协议、互联互通性好、统一的网络接口、用户接入灵活、面向无连接、网络自动

寻址等优点,已成为数据传输网建设或升级改造的首选,并在我国航天测控领域数据传输网得到了应用。由于 IP 协议封装的数据分组开销字节较多,对于用户业务量不大的专用网络,为保证一定的服务

* 收稿日期:2013-08-20;修回日期:2013-11-19 Received date:2013-08-20;Revised date:2013-11-19

** 通讯作者:dylx19123@sina.com Corresponding author:dylx19123@sina.com

质量,与专线电路传输方式相比,IP 化传输对带宽的需求也有所增加,这对于通过光纤互联的网络不成问题,但对于航天测量船等只能通过卫星通信电路进行网络互联的机动节点,在当前卫星转发器资源仍很紧张的情况下,传输带宽已成为限制宽带 IP 网互联的瓶颈。因此,针对目前广泛应用的频分多址技术,有必要通过技术改进和方案优化,将卫星通信技术与 IP 技术有机融合,从而充分利用有限的信道资源,进一步提高传输效率,更好地满足宽带业务需求。而自适应编码调制 (Adaptive Coding and Modulation, ACM) 技术以其智能化的传输机制、高效的频谱利用率、网络化的数据接口正好适应了这方面技术发展的要求,从而成为当前和未来无线通信系统研究的关键技术之一。

针对 ACM 技术在卫星通信中的应用研究,目前大多基于欧洲数字视频广播 (Digital Video Broadcasting, DVB) 的第二代传输标准 DVB-S2,而缺少对 Comtech EF Data 公司研发的 VersaFEC_ACM 技术性能的研究。文献[1]对基于 DVB-S2 标准的 ACM 技术的链路性能进行了仿真测试,文献[2]针对 DVB-S2 标准提出了一种基于子空间分解的数据辅助类信噪比估计算法,文献[3]分析了基于 DVB-S2 标准的 ACM 控制机制,并提出了其编码调制方案的简化方法,而 DVB-S2_ACM 系统存在较大的时延,无法满足航天测量船数据传输的实时性要求。本文通过对适用于卫星通信的两种不同 ACM 技术的性能分析比较,得出了 VersaFEC_ACM 技术性能优于 DVB-S2_ACM 的结论,并对 VersaFEC_ACM 技术应用于岸船间卫星通信 IP 网互联的链路性能进行了估算。

2 ACM 技术原理

包括卫星通信在内无线通信系统要求尽可能有效利用有限的带宽资源,提高系统的信道容量,传统的通信技术通常采用高效的信道编码以提高系统的可靠性,采用多进制调制方式以提高频谱利用率。但使用固定的编码和调制方法往往需要较多的系统余量,才能保证在较为恶劣的链路条件下保持正常通信或保持一定的误比特率 (Bit Error Rate, BER)。当信道条件恶化引起信噪比 (Signal-to-Noise Ratio, SNR) 低于某一临界值时,系统将达不到规定的 BER 性能要求,必须采取高效的抗衰落技术来提高系统的性能。根据发送端调制编码方案 (Modulation and Coding Scheme, MCS) 是否变化,可将编码调制工作模式分为 3 种类型^[4]: 恒定编码调制 (Constant Coding and Modulation, CCM)、可变编码调制 (Variable

Coding and Modulation, VCM) 和 ACM。CCM 是最简单也是当前最常用的一种工作模式;VCM 适用于一个载波包含多路不同信号,即多路单载波系统;ACM 适用于点对点通信的单路单载波系统。

ACM 技术通过回传信道建立了一个闭环控制系统,是提高信道利用率的有效措施之一,其基本思想是接收端根据接收信号质量对信道进行实时估计,并将估计的信道状态信息通过反馈信道传送给发射端,发射端再根据信道状态信息动态改变编码和调制方式,接收机也同时更改相应参数,以适应无线信道衰落的变化,从而充分利用信道资源,可在不增加信道带宽的情况下提高链路的吞吐量和改善系统的误码率性能,因而具有抗干扰能力强、频谱利用率高等优点,从而达到改善数据传输服务质量的目的。

ACM 是克服信道时变性和补偿链路损耗的一种链路自适应技术,当信道质量发生变化时,不改变发射功率,而是根据信道质量变化改变发送端 MCS。当信道质量较好时采用高阶 MCS,信道质量较差时采用低阶 MCS,使得系统在有利的信道条件下高速传输数据,在信道恶化时降低传输速率,保证通信系统的可用度。系统工作过程如图 1 所示^[1]。

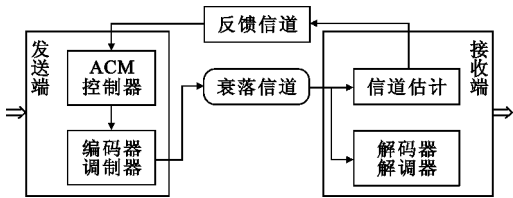


图 1 ACM 系统原理框图
Fig. 1 Conceptual block diagram of ACM system

从图中可以看出,在接收端,接收机通过接收到的信息首先对接收到的数据进行 MCS 提取,解调、解码输出数据,同时对通信信道质量进行估计,将衰落信道信息告知发送端 ACM 控制器,控制器中的 MCS 选择模块根据信道预测结果,按一定的自适应算法选择 MCS,并告知发送端调整 MCS。在保证系统性能的前提下,动态改变发送端 MCS,以获得较高的系统吞吐量,提高系统资源利用率,保证通信系统的可用度。

3 卫星通信中的 ACM 技术

卫星通信链路距离长,传输时延大,覆盖范围广,电波穿过地球大气层在地球站与卫星之间传播时,会遇到电离层中自由电子和离子的吸收作用,还会受到对流层中水汽、雨、雪、雾的吸收与散射影响,

从而产生一定的衰减,并随时会发生变化,加上不同地理位置信号强度差异,信道条件十分复杂,因此,ACM 是一种适用于卫星信道的传输技术。对于单向卫星广播链路,可采用不同方式建立专门的反馈信道;对于双向卫星通信链路,反馈信道可以直接利用反向通信链路实现。

3.1 DVB-S2_ACM 技术

2005 年 3 月,欧洲发布了宽带卫星应用第二代传输标准 DVB-S2,其核心就是 ACM 技术。DVB-S2_ACM 采用低密度奇偶校验码(Low Density Parity-Check Codes, LDPC)与 BCH 码级联方式编码,支持 1/4、1/3、2/5、1/2、3/5、2/3、3/4、4/5、5/6、8/9、9/10 等 11 种编码率,以及 QPSK、8PSK、16APSK、32APSK 等不同调制方式,提供多达 28 种 MCS,实际应用中 MCS 数目可以适当减少^[2]。基于该技术的卫星通信系统由多个地面信关站、网络控制中心、众多用户小站和卫星等构成,地面信关站之间通过光纤互联,从信关站经卫星到用户小站的前向链路使用 DVB-S2 标准,从用户小站到信关站的反馈信道使用 DVB-RCS 标准(Return Channel via Satellite, RCS),由用户卫星终端向网关报告 SNR 和卫星终端支持的最有效的 MCS,网关根据该信道状态信息来调整 MCS,以此应对信道变化。该技术主要用于数字视频广播,也包含双向交互业务,适用于组建大型公用宽带卫星通信网络。

与一般编码方式不同,DVB-S2 支持的是固定分组长度输出,其输入分组长度由编码率反向推出,可输出两种类型 FEC 帧,帧长为 64.8 kb 的普通块(即所谓 64k 块)有 11 种编码率可供选择,帧长为 16.2 kb 的短块(即所谓 16k 块)有 10 种编码率可供选择。因此,在 DVB-S2_ACM 系统中,对于同一类型的 FEC 帧,每个块包含的比特数是固定的,BER=10⁻⁷时 DVB-S2 各 MCS 所需的 SNR 门限如图 2 所示^[5]。

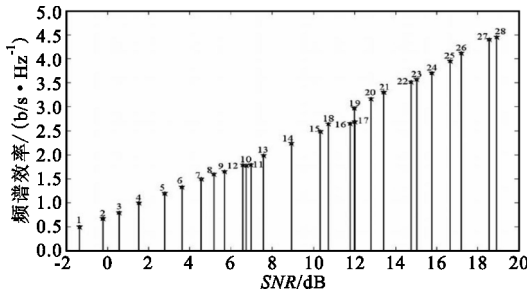


图 2 BER=10⁻⁷时 DVB-S2 中 MCS 所需 SNR 及对应频谱效率

Fig. 2 Required SNR for BER=10⁻⁷ versus spectral efficiency for MCS of DVB-S2

3.2 VersaFEC_ACM 技术

2009 年 7 月,美国 Comtech EF Data 公司发布了支持 ACM 技术的高级卫星调制解调器(Modulator and Demodulator, MODEM) CDM625,其独特的实现方式申请了专利保护,它采用的 ACM 技术与 Comtech EF Data 和 Comtech AHA 公司联合发布的最新前向纠错(Forward Error Correction, FEC)技术——VersaFEC 配合使用,支持 BPSK、QPSK、8QAM、16QAM 等不同调制方式及 VersaFEC 特有的短块 LDPC 码,可提供 12 种 MCS。VersaFEC_ACM 工作过程中可认为输出功率和符号率固定不变(比特率可变范围达到 7:1),不支持同步接口,只支持 IP 接口,输出符号率范围为 37~4 100 ksample/s,该模式支持 IP 业务 VLAN、QoS 等功能。

VersaFEC 采用固定信息分组长度输入,输出分组长度随着编码率改变而不同,而每一帧包含的符号数是固定的,它能以最低的编解码时延,获得最大的编码增益,代表了当前性能最优的 FEC 技术,提供了充分的编码率和调制类型,可保证任何条件下都能获得最优的链路性能。

在 VersaFEC_ACM 系统中,MCS 每次切换以 BER 为 5×10⁻⁸所对应的 SNR 为门限,为防止临界状态下在两种 MCS 间来回切换,可根据需要对接信号 E_b/N₀ 人为设置一定的余量(范围为 0~4.5 dB),而系统在该余量外自动附加了 0.3 dB 的滞后量。例如,若将余量设为 0 dB,意味着当实时估计的 SNR 低于 BER 为 5×10⁻⁸所对应的 SNR 时,MCS 将从高阶切换至低阶;而只有当实时估计的 SNR 高于 BER 为 5×10⁻⁸所对应的 SNR 0.3 dB 时,MCS 才从低阶切换至高阶。当信道衰落过大引起远端解调器失锁时,可以根据预先设置的策略保持当前使用的 MCS 或直接切换至最低阶 MCS,而选择切换至最低阶 MCS 可最大程度提高链路的鲁棒性。VersaFEC_ACM 模式下余量 0 dB 时 MCS 切换点如图 3 所示,部分主要参数见表 1^[6]。

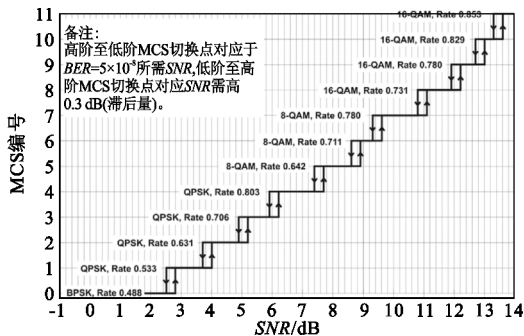


图 3 VersaFEC_ACM 各 MCS 切换点

Fig. 3 VersaFEC_ACM MCS switch points

表 1 VersaFEC_ACM 各 MCS 工作参数比较
Table 1 Parameters comparison of VersaFEC_ACM MCS

方案号	调制方式 (阶数)	编码率	频谱效率 /(b/s·Hz ⁻¹)	数据块长 /kb	$BER=5\times10^{-8}$ 时 E_b/N_o 典型值/dB	* * 速率 64 kb/s 编码时延/ms	ACM 模式数据 速率/Mb/s
0	BPSK(1)	0.488	0.49	2	2.4	26	0.018 1~2.000 0
1	QPSK(2)	0.533	1.07	4.1	2.2	53	0.039 6~4.380 0
2	QPSK(2)	0.631	1.26	4.1	2.7	59	0.046 7~5.160 0
3	QPSK(2)	0.706	1.41	4.1	3.4	62	0.052 2~5.780 0
4	QPSK(2)	0.803	1.61	4.1	3.8	66	0.059 6~6.600 0
5	8QAM(3)	0.642	1.93	6.1	4.6	89	0.071 5~7.910 0
6	8QAM(3)	0.711	2.13	6.1	5.2	93	0.078 8~8.730 0
7	8QAM(3)	0.780	2.34	6.1	5.6	97	0.086 6~9.590 0
8	16QAM(4)	0.731	2.93	8.2	6.3	125	0.108 5~12.010 0
9	16QAM(4)	0.780	3.12	8.2	7.0	129	0.115 5~12.790 0
10	16QAM(4)	0.829	3.32	8.2	7.5	131	0.122 8~13.610 0
11	16QAM(4)	0.853	3.41	8.2	8.0	132	0.126 2~14.000 0
* TPC(CCM)	QPSK(2)	0.750	1.50	/	3.8	47	0.027 0~18.750 0

注: * TPC 为当前采用的 CCM 模式,仅为了与 ACM 各 MCS 进行比较。
* * 编码时延与数据速率成反比,对于速率 128 kb/s,时延相应减半。

3.3 性能比较

DVB-S2 定义的方案在数据广播和高速数据应用中非常有效,但其编码输出的 FEC 帧包含的比特数是固定的,这意味着每个 MCS 对应的符号数是变化的,使同步问题变得尤为重要,从而增加了解调的复杂度,又因为在 SNR 很低的条件下跟踪高阶调制的载波受到限制,还需添加引导符号以帮助跟踪。在选择更低阶 MCS 时,随着吞吐量的下降,编码时延会相应增加,对于语音等低速条件下要求低时延的 IP 应用,即使所谓的短块时延也显得太大。而且在 ACM 模式下,DVB-S2 没有定义用于向发送端回传 SNR 的帧头信道,留作各设备生产厂家自行实现,因此,所有 ACM 系统所采用的技术都属各自独有,缺少统一的标准,而报告 SNR 需要另外占用带宽,这没有计算在编码率内,实际频谱效率有所下降。

VersaFEC 从研发之初就意识到了 DVB-S2 存在的不足,从而致力于降低编码时延和系统复杂度。采用的技术有:使用尽可能短的 LDPC 码,且不进行交织;输出的符号数固定而不是比特数固定;低 SNR 条件下不使用引导符进行载波跟踪;减少 MCS 数量;物理层设计了帧头信道用于向发送端回传 SNR,作为帧结构的一部分计入编码率,不需另外占用带宽。它使用的块长从 2~8.2 kb 不等,而其他

LDPC 编码(包括 DVB-S2 短块)使用的块长 16 kb, VersaFEC 在与现有 LDPC 码保持相同编码增益性能的同时,显著降低了时延。在频谱效率方面, VersaFEC_ACM 所选用的调制方式和编码率虽然数量上有所减少,但在不同信道条件下能够表现出连续而又能区分层次的性能,能够更好地满足工程化应用的需要。

在不考虑卫星链路传播时延的条件下,ACM 系统时延为最差情况下的 MCS 所对应的编码时延(实际应用时还需另外考虑网络端口缓存时延,通常不小于 20 ms),在其他参数不变时,编码时延与数据速率成反比。对于符号率 100 ksample/s 的情况,DVB-S2_ACM 64k 块的编码时延为 1 316 ms,16k 块的编码时延为 329 ms,而 VersaFEC_ACM 的编码时延仅为 34 ms。

由此可见,与 DVB-S2_ACM 相比, VersaFEC_ACM 编码时延更低,系统更加简单,组网更为方便,因此,对于利用已有卫星链路进行 IP 网互联, VersaFEC_ACM 技术是一个较好的选择,能够大大加点点到点 IP 业务的吞吐量。

4 岸船卫星通信 IP 网中 ACM 技术应用分析

下面以航天测量船与任务中心间的双向卫星链

路为研究对象,对其应用 VersaFEC_ACM 技术进行 IP 网互联进行分析。

4.1 可行性分析

在我国航天测控通信网中,测量船作为任务中心下的机动测控站,具备在三大洋机动执行任务的能力,与任务中心间的信息传输以卫星通信为主,随着测量船地理位置的大范围变化,接收的卫星信号电平也会发生较大变化,即使对于性能优良的 Intelsat IX 系列卫星 C 频段全球波束转发器,其波束边缘与中心位置有效全向辐射功率 (Effective Isotropic Radiated Power, EIRP) 或星载天线品质因素 (G/T 值) 变化也会达到 5 dB 以上,加上海上复杂多变的气象条件也会引起严重的传播损耗,这些因素均会导致不同地理位置、不同时间段的信道条件存在很大差异,这为 ACM 技术的应用奠定了基础。

当前岸船间通过点对点双向卫星电路进行通信,开通业务主要有数据、话音和图像等 3 种类型,虽然话音业务仍采用专线电路方式传输,但通过 IP 话音网关或经协议转换器后,也可与其他业务一起接入 IP 网传输。卫星通信工作于 CCM 模式,采用 QPSK 调制、码率 3/4 的 Turbo 乘积码 (Turbo Product Codec, TPC),要求端到端 IP 业务传输时延不大于 400 ms (128 字节包长,含卫星链路传播时延 270 ms),为使 BER 达到优于 10^{-6} 的指标要求,通常留有较大的功率余量,确保接收端 E_b/N_0 达到 10 dB 左右,这与相同 BER 条件下 TPC 所需 E_b/N_0 典型值 3.3 dB 相比,若能将 6.7 dB 的余量转换为实际通信能力,将大幅提高链路吞吐量。根据当前分配的卫

星带宽,实际可开通的链路速率远大于 64 kb/s,即使工作于表 1 中第 11 号方案,编码时延也会随着速率的提高大幅减小,使端到端业务的传输时延满足不大于 400 ms 的要求。

根据以上介绍,只要通信双方卫通站选用 CDM625 型 MODEM,并采用 ACM 工作模式,不降低原有的功率输出,就能在满足原有指标要求的前提下进一步提高频谱利用率,实现岸船间 IP 网互联,并支持当前已开通业务。

4.2 ACM 工作过程

A、B 两地通过卫星通信电路进行 IP 网互联,卫通站 A 至站 B 单向链路应用 VersaFEC_ACM 技术的系统示意图如图 4 所示,其工作过程如下:

天气晴好时,站 B 接收信号 SNR 处于最大状态,并根据当前使用的 MCS 计算 E_b/N_0 ,站 A 接收到站 B 回传的 E_b/N_0 后,ACM 控制器将其与相应 MCS 在 $BER=5\times10^{-8}$ 所对应的 E_b/N_0 门限值比较,控制本端调制器保持当前 MCS 还是选用更高阶 MCS,由表 1 可知,随着高阶 MCS 的使用,门限 BER 对应的 E_b/N_0 值提高,而站 B 接收信号 E_b/N_0 随之下降,一直调整至两者 E_b/N_0 相互接近且余量不足以支持使用更高阶 MCS,使得链路吞吐量最大;当远端链路经历一次雨衰过程,站 B 接收信号 SNR 和 E_b/N_0 有所下降,BER 不满足 5×10^{-8} 要求,站 A 接收到站 B 最新回传的 E_b/N_0 后,ACM 控制器按照其算法控制本端调制器选用低阶 MCS,站 B 接收信号 E_b/N_0 提高,链路性能随之改善,BER 满足要求但吞吐量有所下降。

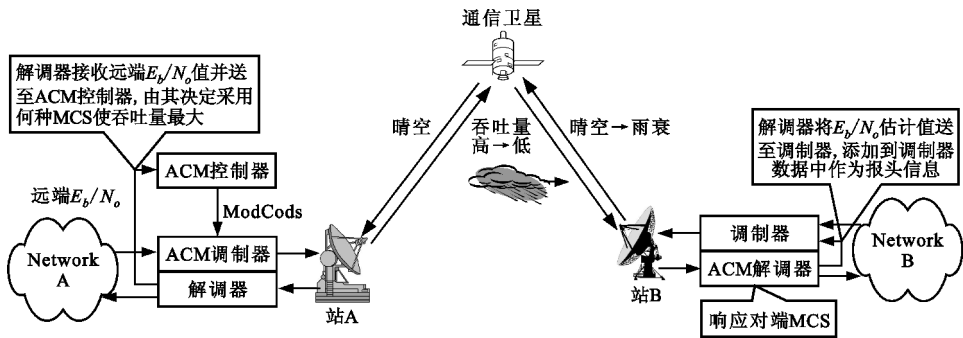


图 4 卫星通信 ACM 示意图
Fig. 4 Generic example of ACM over satellite

站 B 至站 A 方向 ACM 链路工作过程与上述相同,只要两站均配置 CDM625 型 MODEM,就能通过正常的通信信道实现双向链路状态的自适应调整。

4.3 链路性能分析

根据上述给定的测量船卫通站 CCM 模式工作参数,对于 1 024 kb/s 卫星电路,按照符号率 = 比特

率/(调制阶数×编码率)计算,相应符号率为 683 ksample/s,根据 $SNR = E_b/N_o + 10\lg(\text{频谱效率})$ 换算得到的 SNR 为 11.76 dB。卫星链路占用带宽主要由符号率直接决定,工作于 VersaFEC_ACM 模

式时,载波符号率和功率基本保持不变,因此,占用带宽也不会发生变化。以 BER 优于 5×10^{-8} 为指标,符号率 683 ksample/s 时不同 MCS 对应链路吞吐量如表 2 所示。

表 2 683 ksample/s 时不同 MCS 对应吞吐量
Table2 Throughput in different MCS at 683 ksample/s

方案号	调制方式 (阶数)	编码率	频谱效率 /(b/s·Hz ⁻¹)	数据块长 /kb	BER=5×10 ⁻⁸ 时 E _b /N _o 典型值/dB	* * 速率 64 kb/s 编码时延/ms	ACM 模式数据 速率/(Mb/s)
0	BPSK(1)	0.488	0.49	2.0	2.4	26	0.018 1~2.000 0
1	QPSK(2)	0.533	1.07	4.1	2.2	53	0.039 6~4.380 0
2	QPSK(2)	0.631	1.26	4.1	2.7	59	0.046 7~5.160 0
3	QPSK(2)	0.706	1.41	4.1	3.4	62	0.052 2~5.780 0
4	QPSK(2)	0.803	1.61	4.1	3.8	66	0.059 6~6.600 0
5	8QAM(3)	0.642	1.93	6.1	4.6	89	0.071 5~7.910 0
6	8QAM(3)	0.711	2.13	6.1	5.2	93	0.078 8~8.730 0
7	8QAM(3)	0.780	2.34	6.1	5.6	97	0.086 6~9.590 0
8	16QAM(4)	0.731	2.93	8.2	6.3	125	0.108 5~12.010 0
9	16QAM(4)	0.780	3.12	8.2	7.0	129	0.115 5~12.790 0
10	16QAM(4)	0.829	3.32	8.2	7.5	131	0.122. 8~13.610 0
11	16QAM(4)	0.853	3.41	8.2	8.0	132	0.126 2~14.000 0
* TPC(CCM)	QPSK(2)	0.750	1.50	/	3.8	47	0.027 0~18.750 0

注:* TPC 为当前采用的 CCM 模式,仅为了与 ACM 各 MCS 进行比较。
* * 编码时延与数据速率成反比,对于速率 128 kb/s,时延相应减半。

从表 2 可以看出,在相同的载波带宽和输出功率条件下,如外部环境没有变化,系统可采用高阶方案 MCS8,通过利用现有链路的功率余量,其吞吐量将由目前的1 024 kb/s提高至1 997 kb/s,带宽利用率将提高 95%;换个角度来说,如出现雨衰等条件变化,系统若采用低阶方案 MCS0,其抗信道衰落的余量将由6 dB提高至12 dB,并能使链路吞吐量维持 333 kb/s不中断。如果在当前状态下发送端进一步增加输出功率,使接收端 SNR 提高2 dB左右(典型值-估计值+自动附加滞后量=8.0-6.43+0.3=1.93 dB),则该链路工作于方案 MCS11 时能够达到频谱效率和功率利用率最佳状态,使吞吐量达到最大2 330 kb/s,带宽利用率增加近 127%,相比之下 IP 化传输增加的协议开销带宽是可接受的。

4.4 注意事项

CDM625 型 MODEM 作为一款性能优良的商用产品,可以满足不同用户的多样化应用需求,对于航天测量船与任务中心间的特定通信要求,工作于 ACM 模式下时需注意以下几点。

(1)合理设置缓存器大小。为适应 MCS 调整引起的链路吞吐量变化,防止由此产生的数据丢包,

CDM625 广域以太网口设有一个缓存器,其大小以低阶的 MCS0 为参考,可在 20~780 ms 范围内以步进20 ms人工选择,该值设置越大,系统时延越大。对于岸船间卫星通信 IP 网互联,当缓存器参数使用系统默认值20 ms时,端到端传输时延约为320 ms,能够满足不大于400 ms的指标要求。

(2)取消端口限速。当前 IP 网通过卫通电路同步数据信道互联时,通常会根据信道带宽对路由器广域网端口进行限速,而 CDM625 为避免接口缓存器溢出,通过 IP 接口连接本地网络时使用了自协商协议,并采用暂停帧(Pause Frame)的方式进行拥塞控制,使缓存器的占用率保持在 75%~87% 之间,与其连接的交换机或路由器端口不需设置限速。

(3)合理选择 MCS 调整范围。MCS 自适应调整范围由人工预先设置,一般将最低阶 MCS 设置为 MCS0,有利于提高电路的可用度,而岸船通信租用的卫星转发器带宽与功率均受限,最高阶 MCS 应按照卫通电路开通测试时确定的模式来设置,如其中一端将最高阶与最低阶 MCS 设置为相同的编号,则相当于一个方向工作于 CCM 模式。

(4)VersaFEC_ACM 能够支持双向速率(或符

号率)不对称链路的应用,但要求双向链路均工作于 ACM 模式,如一个方向需要工作于 CCM 模式,可采用(3)中提供的方法。

5 结束语

ACM 是无线通信系统中的一种智能化的高效数据传输技术,本文从编码时延和系统复杂度等方面对适用于卫星通信的 DVB-S2_ACM 和 VersaFEC_ACM 技术性能进行了分析比较,指出了 VersaFEC_ACM 的技术优势,设计了应用基于 VersaFEC_ACM 技术的 CDM625 型 MODEM 实现岸船间卫星通信 IP 网互联的方案。链路计算结果表明,与原有的 CCM 模式相比,在输出功率达到最佳状态前,应用 ACM 技术能够将卫星链路功率余量自动转换为链路传输能力,充分利用有限带宽,在保持一定误码率性能的同时保证通信链路畅通。考虑到国际通信卫星组织入网测试的限制,下一步将通过国内通信卫星,利用 CDM625 对 VersaFEC_ACM 技术在岸船间卫星通信 IP 网互联中的性能开展应用测试,为后续设备改造选型和通信方案优化提供有力参考。

参考文献:

- [1] 王昌怀. 基于 DVB-S2 标准的宽带卫星通信系统 ACM 应用研究[D]. 北京:北京邮电大学,2012:37-38.
WANG Chang-huai. The Broadband Satellite Communication System's ACM Application Research Based On The DVB-S2 Standards [D]. Perking: Beijing University of Posts and Telecommunications,2012:37-38. (in Chinese)
- [2] 杨富银,张白愚,黄焱. DVB-S2 ACM 技术中的信噪比估计[J]. 电视技术,2012,36(13):106-109.
YANG Fu-yin,ZHANG Bai-yu,HUANG Yan. SNR Estimation for Adaptive Coding and Modulation Technique in DVB-S2 [J]. Video Engineering,2012,36(13):106-109. (in Chinese)

- [3] 吴涛,张健,刘爱军. 宽带卫星通信中的 ACM 技术[J]. 电讯技术,2010,50(12):19-22.
WU Tao,ZHANG Jian,LIU Ai-jun. ACM Technology for Broadband Satellite Communication [J]. Telecommunication Engineering,2010,50(12):19-22. (in Chinese)
- [4] 郭庆,王振永,顾学迈. 卫星通信系统[M]. 北京:电子工业出版社,2010:405-419.
GUO Qing,WANG Zhen-yong, GU Xue-mai. Satellite Communication System [M]. Perking: Publishing House of Electronics Industry,2010:405-409. (in Chinese)
- [5] Bischl H,Brandt H,Cola T, et al. Adaptive coding and modulation for satellite broadband networks:From theory to practice[J]. International Journal of Satellite Communications and Networking,2009,28(2):59-111.
- [6] Comtech EF Data. CDM-625 Advanced Satellite Modem (18kbps-25Mbps) Installation and Operation Manual For Firmware Version 2.0.2 or higher[M]. Tempe Arizona: Comtech EF Data,2011.

作者简介:



林习良(1972—),男,江苏丹阳人,2004 年获硕士学位,现为高级工程师,主要研究方向为通信工程;

LIN Xi-liang was born in Danyang,Jiangsu Province,in 1972. He received the M. S. degree in 2004. He is now a senior engineer. His research direction is communication engineering.

Email:dylx19123@sina.com

周锦标(1966—),男,江苏江阴人,1991 年获硕士学位,现为高级工程师,主要研究方向为海上航天测控;

ZHOU Jin-biao was born in Jiangyin,Jiangsu Province,in 1966. He received the M. S. degree in 1991. He is now a senior engineer. His research concerns spaceflight maritime TT&C.

赵乾宏(1976—),男,山西昔阳人,2006 年获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为卫星通信。

ZHAO Qian-hong was born in Xiyang,Shanxi Province,in 1976. He received the M. S. degree in 2006. He is now an engineer. His research direction is satellite communications.