

**위성 DMB Dual Mode 신호전송에 따른 신호변환 Delay 측정 방법에 관한 연구**

이영수, 최경호, 이병석, 조성민, 임종태

SK Telecom Network 연구원 Access 망 개발팀

**The Study of Measuring Method for Signal Processing Delay to Dual Mode Signal Transmission for Satellite DMB System**

Young-Su Lee, Gyeong-Ho Choi, Byung-Suk Lee, Sung-Min Cho, Tae-Jong Ihm

Access Network Development Team Network R&D Center SK Telecom

**Abstract** - 본 논문에서는 현재 위성 DMB 국내 표준으로 채택되어 있는 System E 방식의 Dual Mode 신호 전송에 따른 신호변환시 Time Delay 측정 방법에 대해서 제안을 하였다. 제안된 방식의 경우 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식으로 정확한 Time Delay 측정이 가능하다. 그리고 위성 DMB Gap Filler System의 입·출력 단자를 통하여 측정이 가능함으로 측정값에 대한 신뢰성 확보가 가능하며 자동측정 방식임으로 측정시 발생할 수 있는 Human Error를 최소화 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

**1. 서 론**

ITU(International Telecommunication Union)에서 2.5GHz~2.6GHz 대역의 120MHz 대역을 위성 DAB(Digital Audio Broadcasting)서비스 주파수로 할당하고 있다. 국내의 경우는 2630MHz~2655MHz의 25MHz 대역을 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)서비스 주파수로 할당하고 있다.

위성 DMB 서비스는 기존의 위성 DAB 서비스의 진보된 방식으로 유럽 및 미국에서는 Audio 중심의 위성 DAB 서비스 중심으로 사업자를 선정, 상용 서비스를 2001년부터 시작하고 있다. 특히 미국의 경우 XM-Radio, World Space, Serious 등 3개 사업자가 미국 국내 및 World Wide 가입자를 대상으로 상용서비스를 진행하고 있다.

국내의 경우, 유럽 및 미국의 Audio 중심 서비스에서 탈피하여 SK Telecom 중심의 Consortium을 구성 기존 Audio 서비스 중심의 위성 DAB 서비스가 아닌 고품질의 Video 서비스 제공이 가능한 위성 DMB 서비스를 준비하고 있으며 이르면 '04년도 9월 상용서비스를 시작할 수 있을 것으로 예상된다.

국내 위성 DMB 표준으로는 System E 방식이 단일 표준으로 채택되어 있다. System E 방식은 가입자의 Mobility 확보를 위하여 2차 Modulation 방법으로 CDM(Code Division Multiplex)방식을 사용하며 16.384Mcps의 High Chip Rate를 이용하여 1 code Channel당 256Kbps의 고속 Data 서비스가 가능한 방식이다. 그리고 위성신호를 직접 수신할 수 없는 음영지역을 대상으로 보조적인 지상망 중계기인 Gap

Filler를 사용하고 있다. 타 위성 DMB 표준방식과의 차이로는 Gap Filler 사용을 위하여 단말기의 CDM 신호 전송외에 Gap Filler 신호용으로 TDM(Time Division Multiplex)방식의 신호를 전송하여 Gap Filler를 사용하는데 있다. TDM 신호를 수신한 Gap Filler는 신호를 CDM 신호로 변환 음영지역으로 신호를 방사함으로써 단말기는 위성으로부터 직접 전송되는 CDM 신호와 Gap Filler로부터 전송되는 CDM 신호를 수신, 복조하여 서비스를 하게 된다.

Gap Filler 신호용으로 전송되는 TDM 신호는 위성 디지털위성방송(Sky Life) 전송방식인 DVB-S 국제 표준규격을 채택하고 있으며 이로 인하여 기존의 디지털 위성방송 수신장치를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 Gap Filler는 위성으로부터 전송된 TDM 신호를 수신하여 Error Free 하게 신호를 복조하고 TDM 신호를 CDM 신호 Format으로 변환시킨 후 CDM 신호로 Modulation하여 음영지역으로 신호를 재전송하여야 함으로 신호변환 처리부가 필수적이다. TDM 신호를 CDM 신호로 변환시 Time Delay가 발생하게 되는데 단일 장비간의 Delay 편차 발생시 위성으로부터 전송되는 CDM 신호와 Gap Filler로부터 전송되는 CDM 신호간의 시간차이가 발생, 단말기 복조성능에 열화를 가져오게 된다. 그러므로 정확한 Time Delay 측정이 필요로 된다.

본 논문에서는 CDM 신호와 TDM 신호 Dual Mode 전송으로 인하여 신호 변환시 발생하는 Time Delay의 정확한 측정을 위하여 위성 TDM 신호와 동일한 Format를 갖는 TDM Test Pattern Signal Generator를 설계하였으며, 이 TDM Signal Generator에서 생성되는 신호로부터 첫번째 Symbol을 Detect하여 Delay를 측정할 수 있는 Delay Counter 제작하였다. 제안된 방식은 특정 Known Pattern을 이용한 Digital Counter 방식임으로 측정간의 오차가 적고, 특히 TDM Test Pattern Signal Generator와 Digital Counter가 단일 모듈로 구성되어 있어 측정간의 Human Error를 최소화 할 수 있는 구조를 가지고 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 System E 방식에 대한 구성을 3장에서는 측정 방법을, 4장에서는 측정결과에 대해서 5장에서 결론을 맺는다.

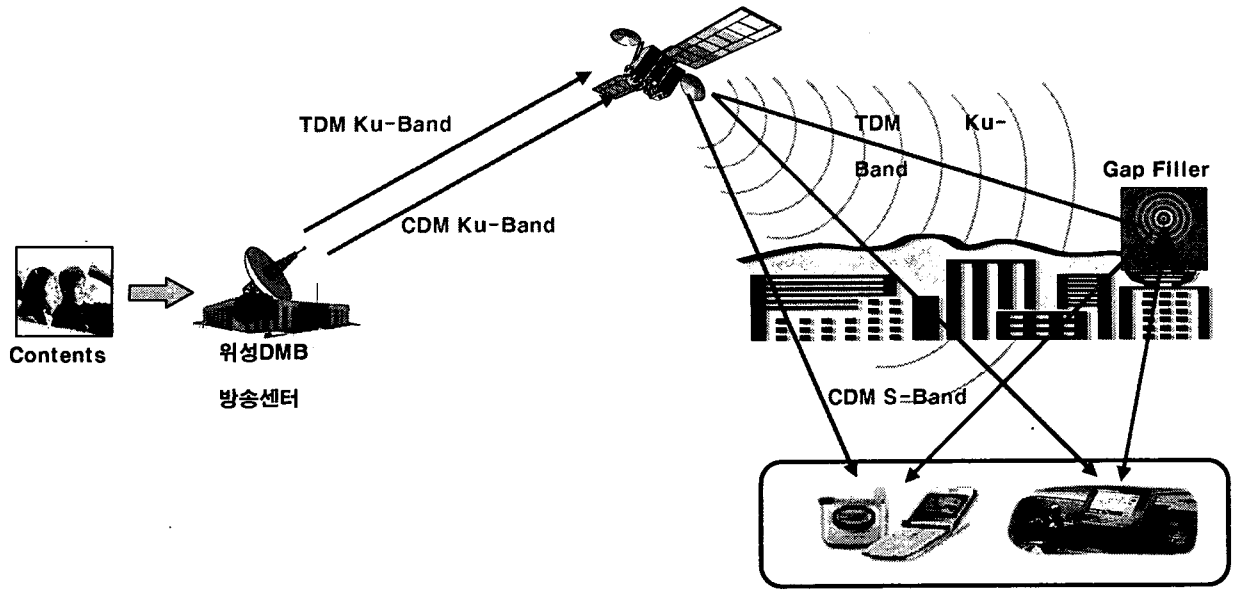


그림 1. 위성 DMB System Network 구성도

## 2. System E 구성

System E 방식의 위성 DMB System Network 구성도는 그림 1 과 같다. 위성 DMB 방송센터는 위성으로 단말기로의 직접 전송을 위한 CDM Ku\_Band 신호와 Gap Filler의 전송을 위한 TDM Ku\_Band 신호 등 Dual Mode 신호를 전송하게 된다. 그러나 Gap Filler 구간의 신호처리 Delay 를 계산하여 TDM/CDM 신호 전송시 TDM Ku\_Band 신호 대비 CDM Ku-Band 신호를 Gap Filler 구간의 신호처리 Delay 시간만큼 지연시켜 전송하게 됨으로써 단말기에서는 위성으로부터 직접 수신되는 CDM 신호와 Gap Filler 로부터 전송되는 CDM 신호간의 Time Delay 는 Zero 가 된다.

Chip Rate 는 16.384Mcps, 처리이득은 64 이다. 64Chip 길이의 Walsh 코드와 2048Chip 의 확산시퀀스를 사용하며, 이 확산시퀀스는 12 단 선형귀환 이동 레지스터 시퀀스(12-Stage Linear Feedback Shift Register Sequence)를 사용하며 생성되는 4096chip 시퀀스로부터 단축되어 얻어진다.<sup>[1]</sup> Video 전송을 위하여 압축방식으로는 MPEG 4 를 사용하며, Audio 는 AAC(Advanced Audio Codec)을 사용한다.

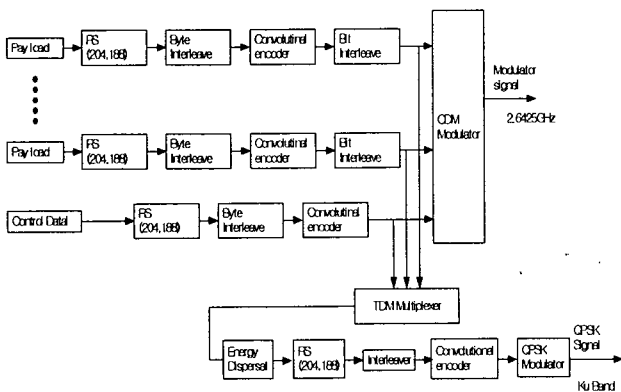
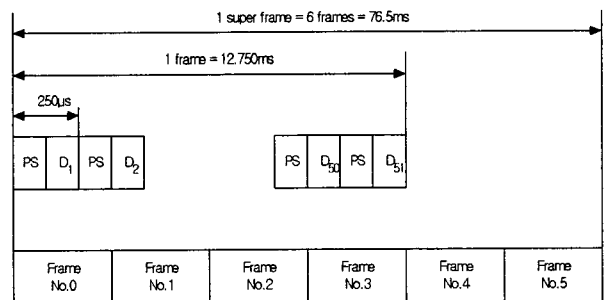


그림 2. CDM/TDM 프레임 구성도

그림 2 는 방송센터 지상국에서 위성으로 송신되는 CDM/TDM 신호 프레임 구성도를 나타낸다. 각각의 CDM 채널은 길쌈부호 (Convolutional Code)와 리드-솔로몬 부호 (Reed-Solomon Code)로 구성된 쇄상 부호 (Concatenated Code)를 QPSK 변조로 전송하는 방식이다. 쇄상부호의 외부호로는 리드-솔로몬 (204, 188) 부호를 사용하는데 이것은 리드-솔로몬 (255, 239) 부호를 단축 (Shortening)하여 얻어진다. 내부호로는 구속장 (Constraint Length)  $K = 7$  인 길쌈부호를 사용하는데 방송채널에서는 부호화율  $R = 1/2$  와 이 부호의 천공(Puncturing)에 의해 얻어지는  $R = 2/3, 3/4, 5/6, 7/8$  중에 선택되어지고 Pilot 채널에서는 부호화율  $R = 1/2$  부호가 사용된다.<sup>[1]</sup>

TDM 신호는 CDM 프레임에서 각 CDM 채널을 다중화(Multiplexing)한 후 이 데이터에 별도의 쇄상부호를 추가적으로 적용하여 QPSK 변조하여 만들어진 다. TDM 다중화, QPSK 변조, 쇄상부호로서 내부호로는 길쌈부호, 외부호로 리드-솔로몬 부호를 사용하는 것은 기능적으로 현재 사용되고 있는 통신용 위성 통신과 같은 형태이다.<sup>[2]</sup>



PS : pilot symbol(32bit)  
 D : unique word(32bit)  
 D<sub>1</sub> : frame counter(32bit)  
 D<sub>2</sub> to D<sub>5</sub>: control data, etc.

그림 3. Pilot 채널의 프레임과 슈퍼 프레임 구조

유료 데이터(Payload)는 방송 채널을 통해서 전송되고 시스템 제어 데이터는 Pilot 채널을 통해서 전송된다. Pilot 채널을 통해서 제어 데이터 이외에 프레임 동기를 위한 유일단어(Unique Word)와 슈퍼 프레임 동기를 위한 프레임 계수기(Frame Counter)를 전송한다. 그리고 Pilot Symbol 이 전송되는데 이것은 수신기 뿐만 아니라 Gap Filler 에서도 동기를 획득하는데 도움을 주게 된다. Pilot 채널의 프레임 구조와 슈퍼 프레임 구조를 그림 3 에 보인다.

Pilot Symbol 은 모두 '1'로 구성되는데 32 비트(256Kbps) 길이로 250 usec 마다 삽입된다. Pilot Symbol 은 125 usec 지속 시간을 갖는다. 한 프레임은 51 번 Pilot Symbol 이 삽입되는 구간으로 정의되는데 프레임 길이는 12.75 msec 가 된다. 첫번째 심볼 D<sub>1</sub>은 유일 단어가 된다. 여섯 개의 프레임을 모아 76.5 msec 슈퍼 프레임의 만든다. 두번째 Symbol D<sub>2</sub>는 프레임 계수기가 된다. 이것은 슈퍼 프레임 동기에서 사용된다.<sup>[1]</sup>

### 3. Time Delay 측정 방법

본 논문에서 제시한 측정방법을 위하여 설계한 TDM Test Pattern Signal Generator 및 CDM Demodulator 구성도는 그림 4 와 같다.

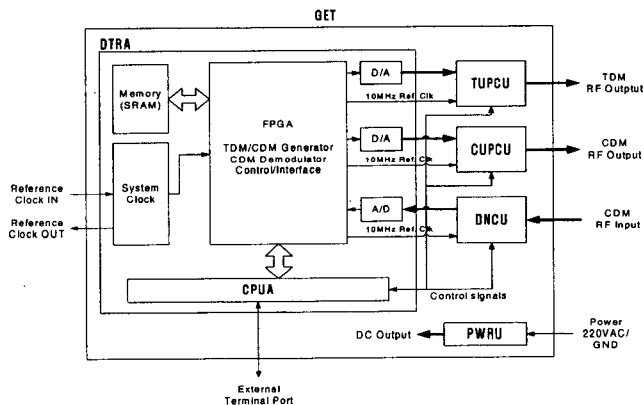


그림 4. 제안된 측정장치 구조도

TDM Test Pattern Signal Generator 및 CDM Demodulator 는 FPGA(Field Programmable Gate Array)로 구현하였다. Signal Generator 의 경우 기준패턴(Test Vector)를 저장하고 있으면서 반복적으로 재생하는 방식을 가지고 있어 복잡한 TDM Modulator 블록을 H/W 로 구현하지 않아도 되는 장점이 있다. TDM Signal Generator 의 Symbol 생성은 아래의 다항식을 이용하여 랜덤 Symbol 을 생성한다.

$$p(x) = 1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8 \quad (1)$$

위 다항식을 사용하여 생성한 Symbol 수는 한 프레임의 크기인 816 Byte\*32 이다. 32 는 전 채널의 수를 의미한다. TDM Signal Generator 는 이 한 프레임의 symbol 에 프레임 번호만 바꾸어서 6 개의 프레임

을 만들어서 슈퍼프레임을 구성한다. TDM Signal 의 생성 과정은 그림 5 와 같이 된다.

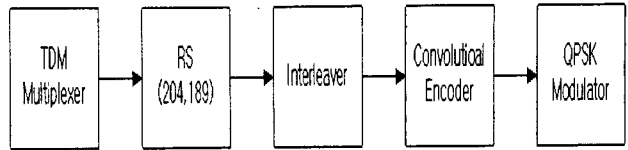


그림 5. TDM Signal Modulator

TDM Signal 의 생성 과정은 TDM Symbol 생성 다항식을 사용하여 생성된 Symbol 을 그림 5 의 과정과 같이 DVB-S 규격에 맞는 Coding 과정을 거쳐 최종 QPSK Modulation 된다.

TDM Signal 을 CDM 으로 변환하여 전송됨으로 신호변환에 따른 Time Delay 측정을 위해서는 CDM 신호에 대한 Demodulation 과정이 필요로 된다. 그림 6 은 제안된 방식의 CDM Demodulator 의 구성도를 나타낸다.

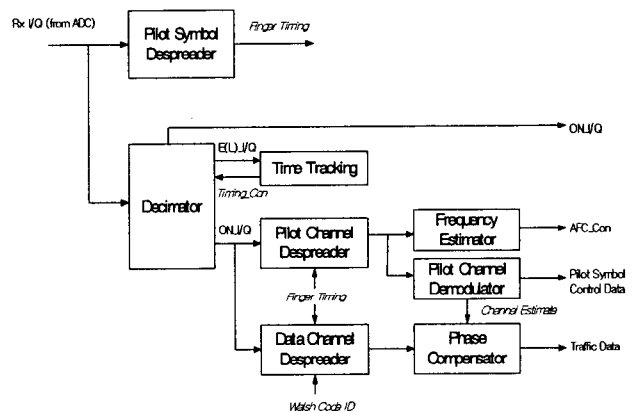


그림 6. CDM Demodulator 구성도

CDM Down Converter 에서 IF 주파수로 변환된 신호는 A/D 변환기에서 I/Q 디지털 신호로 변환된다. 이때 Sampling 주파수는 Chip Rate 의 4 배가 된다. 이 신호는 일차적으로 Pilot Symbol Despreader 블록에서 Despreading 되어 Pilot 의 위치를 찾게 된다. 여기서 얻어진 Timing 정보는 Finger 를 할당하기 위한 정보로서 Pilot Channel Despreader 와 Data Channel Despreader 블록에서 사용된다.

Interpolator/Decimator 블록에서는 ChipX4 샘플 속도의 신호를 Interpolation 하여 보다 높은 Timing Resolution 을 확보하여 신호와 정확한 동기를 맞추게 된다. 이 블록은 Timing Tracking 블록과 연동되어 입력되는 신호의 Timing 이 변하더라도 계속 따라갈 수 있도록 동작한다. 이 블록에서 정확한 Timing 을 추출하면 그 Timing 에 동기 되어 ChipX1 샘플 속도의 신호로 Decimation 하게 된다. 이렇게 Decimation 된 신호는 Pilot Channel Despreader 와 Data Channel Despreader 에서 Data 가 복원된다.

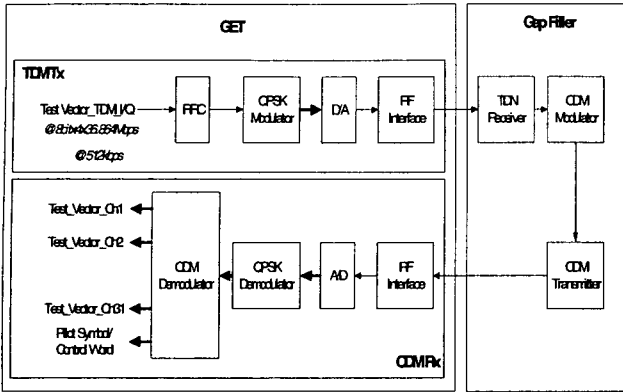


그림 7. Time Delay 측정 블록도

TDM Signal Generator 에서는 Symbol 을 생성하면서 Delay Counter 에 첫번째 Symbol 의 생성을 알려 준다. Delay Counter 는 첫번째 Symbol 의 발생 순간부터 카운트를 시작한다. 그림 7 에서처럼 TDM Modulator 를 거쳐서 전송된 Symbol 은 Gap Filler 를 통해서 CDM Modulation 되어 CDM Demodulator 로 입력된다. CDM Demodulation 과정을 통해서 Symbol 을 추출해 내고 복원 된 Symbol 들을 분석하여서 첫번째 Symbol 을 찾아낸다. 첫번째 Symbol 을 확인한 후 이를 Delay Counter 에 알리고, Delay Counter 는 이 순간 카운트를 멈춘다.

4. 측정결과

국내 위성 DMB 상용 서비스에서 적용될 지상망 중계 장치인 Gap Filler 의 경우 TDM 신호를 CDM 신호로 변환시 소요되는 Time Delay 는 26.709ms 이다.

26.709ms 의 Time Delay 는 다음과 같이 계산된다. TDM Signal 을 CDM Signal 로 변환하기 위해서는 최소 TDM Signal 의 한 프레임분에 대한 Signal 저장기 필요로 되며 DVB-S TDM Signal 의 프레임 길이는 25.5ms 이다. 그리고 CDM Up/Down Converter 의 Analog Delay Time 인 1.709ms 를 고려하면 된다. 그림 8 은 제작된 Delay 측정장비를 이용한 측정된 결과를 나타낸다.

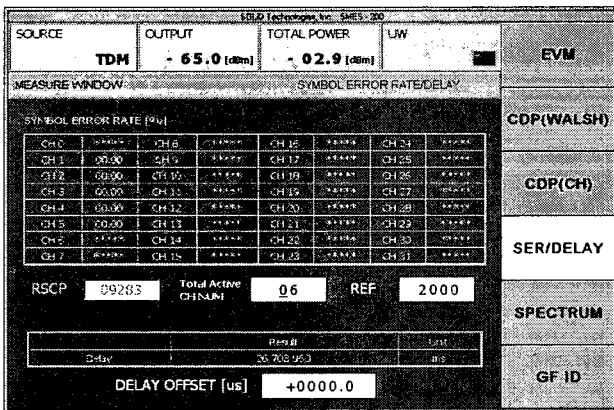


그림 8. Time Delay 측정 결과

Time Delay 측정장치 내부의 CDM Demodulator 로 TDM 에서 CDM 으로 변환 된 Signal 입력시 정확한 Signal Demodulation 을 위하여 4X Chip 샘플속도의 Signal Interpolation 으로 Time Tracking 이 이루어짐으로 Time Delay 측정시 4X Chip 샘플속도만큼의 측정오차가 발생하게 된다. 그럼으로 제안된 측정방법의 오차범위는 최대  $\pm 15ns$  가 된다.

그리고 TDM Signal Generator 를 통해서 발생한 TDM Signal 이 Gap Filler 를 통해서 변환된 CDM 신호를 다시 Time Delay 측정장치 내부의 CDM Demodulator 로 Demodulation 하여 Time Delay 를 측정하게 됨으로 Gap Filler 상에서의 CDM Modulation 에 따른 Gap Filler 장비상의 Time 오차가 발생하게 되며 이 발생오차는 최대 1Chip( $\pm 61ns$ ) 이내가 된다. 그럼으로 제안된 측정 방법의 최대 오차는 측정 대상인 Gap Filler 의 Time 오차까지 포함하여 61ns 이내로 매우 정밀한 오차범위를 갖는다.

그림 8 의 측정결과를 보면 26.708963ms 로 오차범위는 37ns 이다.

5. 결 론

본 논문에서는 위성 DMB System E 표준 방식에 적용할 수 있는 Time Delay 측정방법을 제안하였다. 제안된 측정방법은 Random Variable 방식의 Test Vector 를 이용한 Known Pattern 방식으로 Time Delay 를 측정함으로써 측정방법 자체적인 측정 오차는  $\pm 15ns$  로 매우 정밀하게 TDM to CDM 신호변환에 따른 Time Delay 를 측정할 수 있다.

또한 TDM Signal Generator 및 Time Delay 측정장치를 단일 모듈로 제작이 가능한 방법이며, 자동적으로 Time Delay 측정이 이루어짐으로 측정방법에 대한 신뢰성 확보를 극대화 할 수 있다는 장점이 있다.

그리고 TDM Generator 및 CDM Demodulator 가 내장되어 있음으로 단순한 Time Delay 측정 뿐만 아니라 독립적인 Signal Generator 로 사용할 수 있으며 CDM Demodulator 를 이용하여 위성 DMB System E Code Domain Analyzer 로도 사용이 가능한 방법으로 사용상의 확장이 용이하다는 구조를 가지고 있다

[참고문헌]

- [1] ITU-R BO.1130.3 " System description and selection for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receiver in the bands allocated to BSS(sound) in the frequency range 1400-2700MHz " 국제표준규격
- [2] EN 300 421 v1.1.2(1997-08) " Digital Video Broadcasting ; Frame Structure, Channel Coding and Modulation for 11/12GHz Satellite Service