

디지털 CATV 분배망 분석 및 설계

차성태·양중근/DACOM 위성과

□ 차 례 □

I. 개요	III. 결론 및 의견
II. 분석 및 설계 내역	

I. 개 요

'93년 8월, 20개의 프로그램 공급자 선정으로 가시화되기 시작한 국내 CATV 서비스는 '95년 상반기중 서비스 개시를 목표로 관련 방송사업자 및 통신사업자(분배망 및 전송망)의 제반 준비작업이 진행중에 있다. 사용자에게 만족을 줄 수 있는 성공적인 CATV 서비스 구현을 위하여는 품질 및 신뢰성을 보장할 수 있는 전송로 설계 및 구현이 가장 중요한 요소중 하나일 것이며, 특히 프로그램공급자(P.P : Program Provider)와 종합유선방송국(S.O : System Operator)간을 연결하는 프로그램 분배망은 CATV 전송로의 트렁크회선이라고 할 수 있는 만큼 가장 높은 품질과 신뢰성이 요구된다고 볼 수 있다.

이러한 관점에서, 지상전송로 및 다단 중계시설(장애 유발 가능 요소)를 거치지 않고 공급자 건물로부터 방송국 건물을 직접 연결함에 따르면 신뢰성 보장, 잡음 유발요소가 적으며 예측가능함에 따른 고품질 제공, 일거에 전지역을 즉시

커버하는 광역성 측면에서 위성통신은 분배망 구성에 가장 적합한 전송수단이 된다. 특히, 전송형태가 일방향이므로 위성통신의 가장 큰 취약점인 전송지연의 의미가 없어지게 되는 점등을 고려할 때, 디지털 위성회선을 통하여 프로그램 공급자의 건물과 종합유선방송국 건물간을 직접 연결하는 방식은 CATV 분배망의 품질과 신뢰성을 보장하는 최적의 방안이 될 것이다.

본 고에서는, 이러한 제반 환경을 감안하여 현 시점에서 사용가능한 인텔세트 7호 위성과 추후 사용이 예상되어지는 무궁화위성의 Ku밴드 중계기를 사용할 경우, 사용자에게 만족을 줄 수 있는 수준의 품질 및 신뢰성을 보장하는 전송로의 분석 및 설계, 적정 수용가능 회선수에 대하여 고찰하고자 한다.

II. 분석 및 설계 내역

1. 데이터 전송속도 선정

초당 30 프레임(Frame)을 전송하는 525 주사

선 방식의 NTSC 아날로그(Analogue) 컬러TV 신호를 CCIR 601의 4:2:2 표준 샘플링(Sampling)으로 디지털화 할 경우, 데이터량은 166Mbps가 된다. 이를 디지털 전송로에 효율적으로 전송하기 위하여는 데이터의 압축기술이 필수적으로 요구되며, 현재까지의 대표적인 디지털 비디오 신호 압축기술은 MPEG-I(Moving Picture Image Coding Experts Group-I)으로써, 이는 1M-1.5M BPS의 전송속도로 CD Vision과 같은 디지털영상 축적 매체용으로 표준화 된 것이다.

보다 고속 고품질의 동화상 서비스를 위하여 최근 표준화 및 장비 개발이 완료 단계에 와 있는 MPEG-II는 1M-15M BPS의 압축디지털신호를 전송하여 스포츠 생중계등 빠른 동화상을 전송하는 기술로써, 위성방송(DBS), CATV 및 광대역 ISDN 멀티미디어 통신등에 활용할 수 있다.

MPEG-II는 부호화 알고리즘에 따른 5종류의 프로파일 및 화상품질 차이에 따른 4단계의 레벨을 규정하고 있으며, 이중 위성방송 및 CATV용으로는 [메인 프로파일의 메인레벨]의 사용을 권고하고 있다. 본 고에서는 이 규정에 따라 [메인 프로파일의 메인레벨]의 MPEG-II 방식 디지털 CATV 전송을 전제로 하였으며 전송속도에 따른 응용분야는 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 전송속도별 응용분야(MPEG-II)

전송속도	4 MBPS	6 MBPS	8 MBPS	10 MBPS
응용분야	홈쇼핑 영화 드라마	음악 오락, 쇼	스포츠생중계	초고속화상
비 고	정적 화상 ←————→ 동적 화상			

2. 품질한계치 설정

위성통신전송로의 설계는, 우선 품질한계치 즉 보장하고자 하는 최저 수준의 품질목표치를 설정한 후, 현재의 디지털 변·복조 장비로 해당 품질

목표를 만족시키는데 필요한 단위비트당 잡음밀도대 전송에너지비(Eb/No)를 도출하여 이를 링크분석에 반영하여야 한다.

본 고에서 설정한 BER 품질한계치는 BER 10⁻⁶으로써 데이터 통신용 디지털 회선에서의 일반적인 BER 품질한계치가 10⁻³임을 고려할 때 이보다 훨씬 높은 (1000배, 즉, 10의 3승배) 엄격한 품질한계치를 적용하였다.

또한 디지털 변복조장치는 4상위상변조(QPSK : Quadruple Shift Keying) 장치를 채택하였으며 동 장치의 BER 대비 단위비트당 잡음밀도대 전송에너지비(Eb/No)는 <표2>와 같다.

<표 2> BER대 Eb/No 특성표

		(단위 : dB)			
FEC 비율	7/8	3/4	1/2	비 고	
BER					
10 ⁻³	5.25	4.2	3.1		
10 ⁻⁴	6	5	3.8		
10 ⁻⁵	6.75	5.75	4.5	*본고에서	
10 ⁻⁶ (*)	7.4 (*)	6.5(*)	5.2	사용한	
10 ⁻⁷	8.0	7.25	5.8	수치	

여기서 품질한계치란 강우등 악조건 하에서 보장되는 최저 품질수준을 말하므로, 실제 일반적인 상황(Clear Sky)하에서는 이 품질한계치 10⁻⁶보다 훨씬 높은 BER 10⁻¹¹ 내외의 최상의 품질이 제공될 수 있는 수준이란 사실에 주목하여야 한다.

3. 가용도 설정

Ku밴드 위성회선 설계시 필수적으로 감안해야 할 사항은 강우감쇄에 의한 링크 품질의 저하에 대비하여야 한다는 점이다. 따라서 해당 지역의 강우 통계치를 적용하여, 강우시에도 일정한 가용도를 보장할 수 있도록 충분한 여유분(Margin)을 반영하여야 본 고에서 적용한 가용도는 99.96%로써 이는 인텔셋 국제전용회선 서비스인 IBS

(Intelsat Business Service)의 C밴드에서 규정하고 있는 수준의 가용도이며 년중 시간으로 환산시 약 3.5 시간이하의(한계치 이하로의, 즉 BER이 10^{-6} 이상으로의) 품질저하를 가져 오는 높은 수준의 가용도이다.

사용한 경우 통계치는 Crane Global 모델로써, 99.96%의 가용도를 송신국에서 위성방향(즉, UP LINK) 및 위성에서 지상수신국 방향(즉, DOWN LINK)으로 각각 99.98%씩 배정하였다. 참고로, 강우에 의한 영향 분석시는 신호의 감쇄 효과 뿐만 아니라 잡음온도의 증가분도 반영하여야 하며, UP LINK에서는 (위성안테나가 잡음온도 290°K 이상의 지구를 바라보고 있으므로) 고려대상이 되지 않으나 DOWN LINK에서는 잡음온도 증가 효과를 반영하여야 한다(표 3참조).

각 UP LINK 및 DOWN LINK에서 99.98%의 가용도를 보장하기 위해서는 UP LINK에서 약 9.8dB, DOWN LINK에서 약 11.4dB, 총 21.2dB의 Margin을 반영하여야 하나 (표 3참조), 이 Margin을 모두 전송로상에만 반영할 경우는 전체 위성용량을 효율적으로 사용할 수 없으므로, UPLINK 부분의 마진은 지상송신국에 송신출력제어장치를 채택하여 DOWN LINK를 통해 감지되는 전송손실의 증가분 만큼을 추가적으로 발사함으로

<표 3> 강우감쇄 분석

(단위 : dB)

% of year	UP LINK	DOWN LINK		
	강우 감쇄	강우 감쇄	잡음온도 증가	계
99.99	13.0	10.2	4.0	14.2
99.98 (*)	9.8(*)	7.6	3.8	11.4(*)
99.97	8.3	6.5	3.6	10.1
99.96	7.4	5.8	3.5	9.3
99.95	6.7	5.2	3.4	8.6
99.90	5.1	3.9	3.0	6.9
99.85	4.1	3.2	2.7	5.9
99.80	3.5	2.7	2.5	5.2

*: 본 고에서 사용한 수치

써 보상하도록 하였다. 따라서 실제로는 DOWN LINK 방향의 11.4dB만 전송경로상의 Margin으로 부여하였다.

4. 위성 링크 분석

위성 링크분석은 위성전송경로상의 모든 특성을 종합한 위성통신회선 설계의 핵심부분이다. 여기에서 고려해야 할 사항은 송신국의 EIRP, 전송경로상의 손실, 수신 안테나(위성 및 지상수신국)의 G/T, 위성중계기의 대역, EIRP 및 IBO/OBO특성 등이다.

본 고에서는 상기 "2", "3"항의 품질 및 신뢰도 구현을 위한 위성링크 분석을 실시하였으며 실제로는 각 데이터 속도별 모든 경우에 대한 링크분석을 실시하였으나 지면관계상 8MBPS 속도의 경우에 대하여만 기술한다(표 4).

(전체 산출결과란 <표 5>, 사용 위성 제원은 <표 6> 참조)

<표 4> 8MBPS 디지털 CATV 회선 링크분석

항 목	사용 위성	인텔셋 7호 (FEC=3/4)	무궁화 위성 (FEC=7/8)
	Information rate(Mbps)		8.219
Transmission rate(Mbps)		10.958	9.393
Required Eb/No(dB)		6.5	7.4
Occupied Bandwidth(MHz)		6.5	5.6
Allocated Bandwidth(MHz)		7.6	6.5
Required C/N (dB)		8.7	9.6
Required EIRP (dBW)		69.6	68.1
Uplink FSL (dB)		-207.3	207.3
Uplink mispointing (dB)		-0.5	-0.5
Uplink Rain Attn (dB)		-0.8	-0.8
Gain of squ. meter (dBi/m ²)		44.5	44.5
illum. Flux Desity (dBW/m ²)		-103.5	-105
Rec. isotropic power (dBW)		-148.0	-149.5
Satellite G/T (dB/K)		2.5	13.4
Boltzman Consatant (dBW/K)		-228.6	-228.6
Uplink C/No (dB/Hz)		82.8	92.5
Uplink C/N (dB)		14.92	24.9
TP input backoff (dB)		-13.5	-15
IBO/OBO (dB)		1.9	1.9

TP output backoff (dB)	-11.6	-13.1
TP saturated EIRP (dBW)	49.5	50.2
Satellite EIRP/carrier (dBW)	37.9	37.1
Downlink rain attn. (dB)	-7.6	-7.6
Noise increase by rain (dB)	-3.8	-3.8
Downlink mispointing (dB)	-0.5	-0.5
Downlink FSL (dB)	-205.8	-205.8
Boltzman Consatant (dBW/K)	228.6	228.6
Receive Carrier level (dBW)	-179.8	-180.6
E/S G/T (직경 3.7m) (dB/K)	29.4	29.4
downlink C/No (dB/Hz)	78.2	77.4
downlink C/N (dB)	10.0	9.9
total link (dB)	27.0	27.0
Total C/N (dB)	8.7	9.6
Margin (dB)	0.0	0.0
% Bandwidth Utilization (%)	10.65	18.26
% transponder power (%)	15.48	10.96

<표 5> CATV 수용가능 회선수

사용 위성 데이터 속도	인텔셋 7호 (주1)	무궁화 위성 (주2)
10 MBPS 사용시	4	4
8 MBPS 사용시	6	5
6 MBPS 사용시	8	7
4 MBPS 사용시	12	10

주1) 출력제한적인 중계기이므로 FEC(Forward Error Correction)을 3/4 적용

주2) 대역제한적인 중계기이므로 FEC(Forward Error Correction)을 7/8 적용

<표 6> 사용 위성 제원

항 목	인텔셋 7호	무궁화 위성
· 주파수		
- 송신	14.0-14.5 GHz	14.0-14.5 GHz
- 수신	11.95-12.75 GHz	12.2-12.7 GHz
· Saturated E.I.R.P	49.6 dBW	50.2 dBW
· Saturated Flux Density	-90dBW/m ²	-90dBW/m ²
· 위성 성능지수 (G/T dB/K)	2.5 dB/K	13.4 dB/K
· 중계기대역폭	72 MHz	36 MHz

5. 지구국 설계

지구국의 설계시는 송신국의 필요 EIRP 대비 안테나 크기 및 HPA 용량, 수신국의 필요 G/T 대비 안테나 크기 및 저잡음수신기 잡음 지수가 중요한 요소이다. 본고에서는 위 "4"항의 링크 분석시 도출된 송신국의 EIRP 및 수신국의 G/T를 근거로 지구국을 설계하였다. 실제로는 위성링크 분석 단계에서 미리 지구국 설치 예정지역의 상황을 감안하여 송·수신국 공히 안테나 규모가 가능한 너무 커지지 않는 범위내에서 지구국의 송신 EIRP 및 수신 G/T 규모를 책정·반영하여야 한다.

송신국 설계의 기초가 되는 EIRP치는 인텔셋의 경우 69.6 dBW, 무궁화위성의 경우 68.1 dBW 이므로 69.6 dBW를 기준으로 설계하여, 직경 5미터 안테나와 300Watt 용량의 HPA를 채택하였다. 이 경우 HPA와 안테나간의 도파관 손실 1.5dB, 도파관 스위칭 장치 손실 0.5dB를 고려하더라도 약 7.9dB의 백-오프(Back-Off) 상태로 운용 가능하다.

수신국 설계의 기초가 되는 G/T치는 29.4 dB/K로써, 직경 3.7미터의 Prime-Focus형 안테나 및 잡음온도 90°K의 저잡음 수신기를 사용하여 구현할 수 있다.

안테나 제어장치의 경우, 송신국에서는 상대적으로 대형의 안테나를 사용하며 추적상의 문제 발생시 인접 무선국 혹은 위성에 영향을 줄 우려가 있으므로 필수적으로 채택하여야 하나, 수신국은 빔 폭이 넓은 소형안테나를 사용하는 점을 감안하여 특별히 안테나 제어장치를 채택하지 않도록 하였다.

기타 UP/DOWN CONVERTER 및 변복조장치 등은 일반적인 사항이므로 본 고에서는 언급을 생략하며, 지구국의 구성개념도 등도 일반적인 사항이므로 설명을 생략한다.

6. 운용관련 사항 설계

모든 통신시설의 설계시 운용에 관한 사항은 빠져서는 안될 중요한 요소임은 자명하나, 세부 사항은 시설자의 운용목표나 방침에 따라 다소 가변적이므로 본 고에서는 이에 대한 간단한 개념만 언급하고자 한다.

모든 송신지구국은 관련 전송장비의 감시 및 제어(M&C: Montor And Control)장치를 해당 건물내에 시설하여야 하며, 또한 이들을 원격 중앙집중운용센터에 종합하여 각 송신국마다 운용 인원 배치에 따른 경비부담을 최소화 하여야 한다.

중앙집중운용센터에는 숙련된 운용자들이 24시간 교대근무 배치하여 자국 송신국은 물론 원격송신국을 감시·제어하여야 한다.

수신지구국의 경우는 최소한 중앙집중센터로 원격감시 기능을 집중하여 예견되는 상황을 24시간 감시하여 필요시 적절한 조치를 할 수 있는 출동체제를 갖추어야 한다.

Ⅲ. 결론 및 의견

1. CATV 서비스는 최근 기술규격 및 구현이 완료 단계에 와 있는 MPEG-II 디지털 방식을 채택함으로써 높은 품질 및 전송로 사용 효율을 구현할 수 있다.
2. 인텔셋 및 무궁화 위성을 통하여는 10^{-6} 의 최저 품질한계치로 가용도 99.96% 이상을 보장하는 디지털 CATV 분배망을 구현할 수 있다.
3. CATV 분배망은 프로그램공급자 건물로부터 방송국운용자 건물간을 End-to-End 디지털 위성망으로 구현함으로써 장애없는 프로그램공급 및 방송국 운용자 확대에 신속히 대처할 수 있다.
4. CATV 서비스의 성공적인 개시를 통한 사용

자 저변확대 및 서비스 활성화를 기하기 위하여는, 구축 이전 단계에서부터 분배망의 품질 및 가용도등에 대한 정확한 분석 및 기준 마련이 선행되어야 한다.

5. CATV 분배망 전송방식은 현 추세인 디지털 전송방식을 채택, 방송 내용별로 적정히 분배하여 원가를 절감함으로써 분배망 사업자간의 합리적인 품질경쟁은 물론 전체적인 국가 자원의 효율적 사용을 기할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Recommendation H.262 ISO/IEC 13818-2, Committee Draft, November 1993, Seoul., "GERMIC CODING OF MOVING PICTURES AND ASSOCIATED AUDIO"
2. R. K. Crane, "Prediction of Attenuation by Rain", IEEE Trans. Commun., Vol. COM-28, NO.9, Sept. 1980, pp 1717-1735
3. Intelsat Earth Station Standard, IESS-309, "QPSK/FDMA Performance Characteristics for INTELSAT Business Services (IBS)", 09 Dec., 1991
4. Intelsat Earth Station Station Standard, IESS-409, "INTELSAT VII Satellite Characteristics" 09 Feb., 1994
5. Intelsat Earth Station Standard, IESS-410, "INTELSAT Space Segment Leased Transponder Definitions and Associated Operating Conditions.", 09 Feb, 1994
6. WALTER L. MORGAN AND GRAY D. GORDON., "COMMUNICATIONS SATELLITE HANDBOOK.", John Wiley & Sons., 1989

筆者紹介



▲차 성 태

-
- 1981년 경북대학교 전자공학과(공학사)
 - 현재(주) 데이콤 통신망구축1본부 위성과장



▲양 중 군

-
- 1984년 경북대학교 전자공학과(공학사)
 - 현재(주) 데이콤 통신망구축1본부 위성과 대리