

논문-05-10-3-11

위성 DMB에서 지상중계기 출력에 의한 인접 채널 간섭 분석

최 보 근^{a)*}, 이 영 진^{a)}, 홍 영 진^{b)}, 서 종 수^{a)}

Analysis of the Adjacent Channel Interference from High Power Gap-filler in Satellite Digital Multimedia Broadcasting (DMB)

Bokun Choi^{a)*}, Youngjin Lee^{a)}, Youngjin Hong^{b)} and JongSoo Seo^{a)}

요 약

위성 디지털 멀티미디어 방송 (DMB : Digital Multimedia Broadcasting) 시스템은 효율적인 서비스 제공을 위해 위성파 지상중계기(Gap-filler)를 이용하여 서비스를 제공한다. 이때 지상중계기의 고출력 송출 신호는 위성으로부터 상대적으로 낮은 전력으로 수신되는 인접대역 서비스에 큰 간섭을 준다. 또한, 낮은 출력의 지상중계기를 사용할 경우 서비스 커버리지가 작아져 효율적인 지상중계기 운영을 할 수 없다. 본 논문에서는 링크버짓 분석을 통해, 인접대역에서 서비스 되는 지상중계기와 위성파의 간섭을 최소화하며, 지상 중계기의 서비스 반경을 최대화 할 수 있는 지상중계기의 송신전력(EIRP) 13dBW를 산출하였다.

Abstract

DS/CDM-QPSK (ITU-R Recommendation BO.1130-4 Annex 6, "Digital System E"), which has been adopted as a standard of Korean Satellite DMB (Digital Multimedia Broadcasting) system, is a satellite-based multimedia broadcasting service which transmits the multi-channel and high quality contents to the terrestrial users through a satellite or gap-fillers. The broadcast from a satellite is directly received in the plain terrain which are within line-of-sight, but in cities where the broadcast cannot be received directly due to the shadow of buildings, an attempt is being made to install "Gap-Fillers" to improve the reception in those areas. The gap-fillers, however, may induce interference to service of adjacent band, when their output power is substantially higher compared to the received signal power of signal from a satellite of the adjacent service. In this paper, a link budget analysis is performed, and the optimal EIRP of a gap-filler to maximize the gap-filler coverage, while preventing adjacent band interference is derived.

Keywords : Satellite DMB, Gapfiller, DS-CDM/QPSK, Adjacent Channel Interference

I. 서 론

위성 DMB는 방송 또는 통신 위성을 이용하여 고정 수신기뿐만 아니라 이동 중인 개인 휴대단말기나 차량용 단말

기를 사용하여 고품질의 디지털 오디오, 데이터 및 영상 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공한다. 위성 DMB는 기존 지상파 DAB나 고정 수신 위성 라디오 방송과는 차별화된, 언제 어디서나 고품질 멀티미디어 이동 서비스 제공을 목표로 한다. 또한, 위성 DMB 방송 서비스는 광대역의 위성 중계기를 사용함으로써 지상파 DMB 방송의 주파수 부족

a) 연세대학교 전기전자공학과 (Yonsei University)

b) 동명정보대학 정보보호학과 (Tongmyong University)

문제를 해결하고 디지털 동영상 서비스의 다채널화와 고품질화를 실현할 수 있다.

국내 지상파 DMB의 경우 Eureka-147^[1] 방식을 기반으로 하여 H.264와 BSAC를 비디오/오디오 코덱으로 채택한 독자적인 방식이 표준으로 채택되었으며, 현재 시험 방송과, 사업자 선정을 마치고, 2005년 하반기부터 상용서비스를 제공할 예정이다. 위성 DMB는 ITU-R DS/CDM방식이 표준으로 채택되었으며 SK 텔레콤은 2004년 말 일본의 MBCO와 공동으로 위성 DMB용 위성을 발사하는데 성공하였다. 이 위성을 이용해 TU 미디어에서는 지난 6월부터 위성 DMB상용 서비스를 제공하고 있다. 또한, 한국통신(KT)은 독자적으로 인접 대역에 주파수를 할당 받고 위성 DMB 서비스를 준비하고 있다.

위성 DMB의 경우 수신 환경이 열악한 도심지에 서비스를 제공하거나, 고속 이동 중에도 고품질의 서비스를 제공하기 위해서는 위성 이외에 추가적으로 지상 중계기(Gap-filler)를 필요로 한다. 고풍력의 지상중계기를 사용할 경우 Rake Receiver의 성질에 의해 긴 지연시간을 갖는 신호도 수신할 수 있기 때문에 보다 넓은 지역에 안정적인 서비스를 제공할 수 있다. 하지만, 다수의 사업자가 서로 다른 위성을 이용해 인접한 대역에서 위성 DMB 서비스를 제공할 때 이러한 지상 중계기의 높은 출력은 상대적으로 낮은 레벨로 수신되는 인접 위성 신호에 큰 간섭을 일으킨다^[2].

본 논문에서는 두 개의 위성이 상호 동일한 기술표준, System E를 채택하고 서로 인접한 대역에서 동일한 출력으로 신호를 전송하며, 수신지역에서 한 개의 위성에 대해 음영지역이 발생해 이에 대한 서비스를 지상 중계기를 이용해 전송해주고자 할 때 위성에 의해 전송되는 인접대역 서비스에 영향을 주지 않으며, 중계기의 커버리지를 최대한으로 만들기 위한 최적의 지상 중계기 송신전력(EIRP)를 산출했다. 또한 이를 바탕으로 두 위성 DMB 서비스간의 Guard Band의 필요성에 대해 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 DS/CDM-QPSK 위성 DMB 시스템을 모델링하고, III장에서는 링크 버짓을 이용해 위성 DMB에서의 인접 채널 간섭을 분석한다. 이어서, IV장에서는 전산모의 실험 결과를 분

석한 후 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델링

1. DS/CDM 위성 DMB 시스템

ITU-R BO.1130-4에서 권고한 위성 DMB 시스템 E(DS-CDM-QPSK 방식)의 송수신기 동작 구성도는 그림 1과 같다^[3]. 송신기는 I, Q 채널 신호를 각각 1 비트당 64개의 Walsh 코드로 확산하고 12단 피드백 쉬프트 레지스터에 의하여 발생된 4095 길이의 PN 부호 중 2048 길이만 사용하여, 확산된 칩과 PN 부호간에 모듈로-2 연산을 한다. 코드 확산 후 롤-오프 계수가 0.22인 SRRC(Square Root Raised Cosine) 필터를 통과시키고 상호 직교성을 가진 64개의 Walsh 코드로 채널이 구분된 다른 방송 데이터와 다중화 시킨 후 송신한다. 전송 채널은 송신 지구국의 상향링크 신호가 위성의 고풍력 중계기(HPA)를 통과한 후 위성으로부터의 하향링크 신호를 직접 수신한 경우와 도심지 음영 지역에서 하향링크 수신 지구국의 지상 중계기(Gap-filler)가 재전송하는 신호를 수신한 경우로 구분한다. 수신 신호는 복조 후 롤-오프 계수가 0.22인 SRRC 필터를 통과하고 지상파 수신신호의 다중경로 페이딩(Multipath fading)을 보상하기 위하여 6 finger Rake 다이버시티 수신

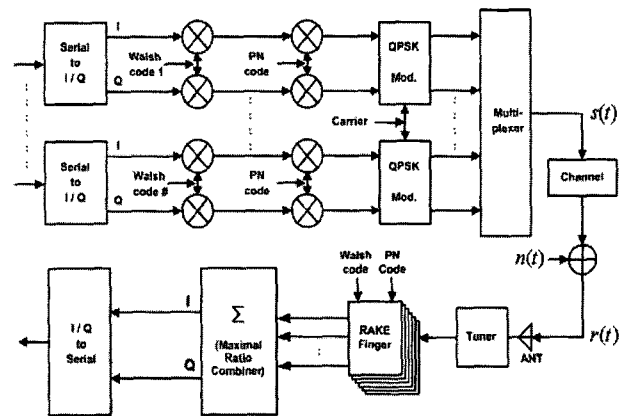


그림 1. DS-CDM-QPSK 방식 위성 DMB 송수신기
Fig 1. DS-CDM-QPSK Satellite DMB Transceiver

기를 사용하고 PN 부호와 64 Walsh 코드로 역확산 후 최대 비율 결합(Maximal Ratio Combining, MRC)을 한다.^[3]

2. 전송 채널 모델

2.1 위성과 수신자 사이의 링크

위성 신호는 기본적으로 LOS(Line of Sight)환경을 가정하고 있으므로, 자유전파 모델을 사용해 자유공간손실(Free Space Loss)을 구하면 다음 식(1)과 같다.

$$L_{free} = 10 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (1)$$

여기서 d 는 송신기와 수신기 사이의 거리를, λ 는 파장을 나타낸다.

2.2 중계기와 수신자 사이의 링크

중계기와 수신자 사이의 연결은 위성과는 다르게 LOS 조건의 채널을 통해 전송되지 않으므로, 다중 경로 환경을 바탕으로 모델링 된 Hata model을 이용해 경로손실을 계산한다^[4]. 하지만 위성 DMB의 전송 대역이 S-Band인 2.6 GHz 대역이므로 1.5 GHz이하에 최적화된 Hata model을 직접 사용할 수 없다. 본 논문에서는 PCS 대역의 전파 환경에 적합하도록 EURO-COST(European Co-operative for Scientific and Technical research)에서 제안한 COST-231 Hata model (Extended Hata model)을 이용해 중계기의 전파 환경을 모델링하였다^[5]. Extended Hata model은 도심지의 상태를 나타내는 계수, CM을 조정함에 따라 크게 중소 도시 모델과 대도시 모델로 사용할 수 있다. 본 논문에서는 지상 중계기가 대도시에서 고층 빌딩에 의한 음영지역에 설치된다고 가정하고, Extended Hata model의 대도시 모델($C_M=3dB$)을 사용하였다. 이 때, 경로손실(L_p)은 식(2)와 같다.

$$L_p = 46.3 + 33.9 \log f + (44.9 - 6.55 \log h_d) \log d - 13.82 \log h_b - a(h_m) + C_M \quad (2)$$

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7) h_m - (1.5 \log f - 0.8) \quad (3)$$

여기서 $h_m(m)$ 은 수신기의 높이, $h_b(m)$ 은 기지국의 높이를 나타내며 $f(MHz)$ 는 송신주파수, $d(Km)$ 는 지상중계기와 수신기와의 거리를 나타낸다. 또한, 식(3)의 C_M 은 수신기의 안테나 높이에 대한 correlation factor로서 이는 도시의 크기와 사용하는 주파수에 따라 다른 값을 갖게 된다.

Ⅲ. 위성 DMB 간섭 분석

1. 분석 조건 및 parameter의 설정

두 개의 위성이 상호 동일한 기술표준, System E를 채택하고 S-Band에서 동일한 출력으로 신호를 전송하고, 수신 지역에서 한 개의 위성에 대해 음영지역이 발생해 이에 대한 서비스를 지상 중계기를 이용해 전송해주고자 할 때의 간섭영향을 분석한다.^[6]

분석하고자 하는 모델은 아래 그림 2와 같다. 사업자 1이 2.605 - 2.630 GHz 대역에서 위성을 이용해 서비스를 제공하고 있을 때, 사업자 2는 2.630 - 2.655 GHz 대역을 이용해 동일 공간에 다른 서비스를 제공하고 있다. 이때 높은 송신 출력을 가지는 사업자 2의 지상 중계기는 인접 대역의

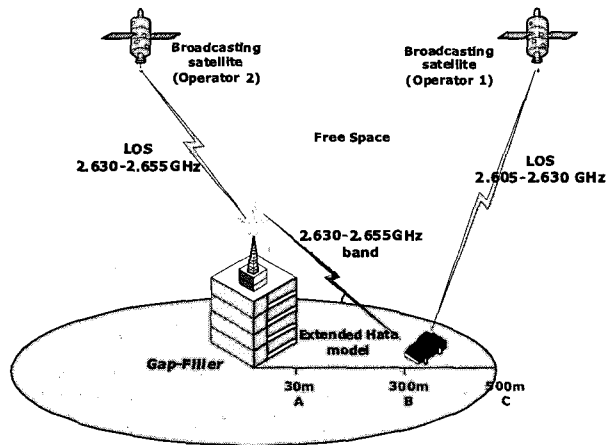


그림 2. 위성 DMB 간섭 모델
fig 2. Satellite DMB Interference Model

로의 누설 전력에 의해 위성으로부터 수신되는 낮은 레벨의 전력을 이용하는 사업자 1의 서비스에 영향을 미치게 된다. 위성 DMB 사업자 1의 서비스 커버리지에 단말기가 사업자 2의 지상 중계기에 의한 간섭 영향이 가장 크며 이때의 간섭 영향을 분석한다.

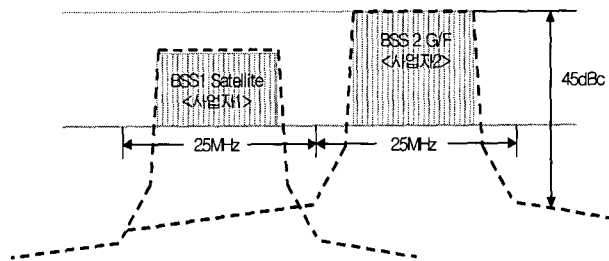


그림 3. 인접대역 간섭 스펙트럼
fig3. Spectrum of Adjacent channel Interference

주어진 조건에서의 전송 파라미터들은 다음 표 1과 같다^[7].

표 1. 링크버짓 파라미터
Table 1. Link Budget Parameters

구분	항목	단위	위성	중계기
송신기	Center Frequency	MHz	2617.5	2642.5
	EIRP	dBW	67.0	25.0
	채널수	Ch	30.0	30.0
	Pilot Ch Power / Data Ch Power	dB	3.0	3.0
채널	강우감쇄	dB	0.0	0.0
	대기 감쇄	dB	0.0	0.0
	편파 손실	dB	0.5	0.0
	거리	km	37367.5	0.03~0.5
수신기	수신안테나 이득	dB _i	2.5	0.0
	LNA 잡음지수	dB	1.5	1.5
	안테나 온도	K	150.0	150.0
	시스템 온도	K	269.6	269.6
	잡음 전력 밀도	dBW/Hz	-204.3	-204.3
	G/T	dB/K	-21.8	-24.3
	Up-link 손실	dB	0.1	0.1
	Interference Allowance	dB	0.2	0.2
	Implement Lossess	dB	2.0	3.0
조건	Required C/No	dBHz	58.2	58.2
	Required C/N	dB	-17.20	-17.20

2. 위성 수신기 링크버짓

위성 신호를 직접 수신하는 사업자 1 서비스의 링크버짓은 식(4)와 같다.

$$\frac{C}{N_o} = \{EIRP_{sat} - 10\log(CH + 1)\} - L_{free} - L_{other} - N_o + G_r \quad (4)$$

여기서, $EIRP_{sat}$ 은 위성 송출전력, CH는 채널 수, L_{free} 는 자유공간손실, L_{others} 는 기타손실이며, N_o 는 잡음 전력 밀도, G_r 은 수신안테나 이득이다.

각 위성이 30개의 채널을 이용해 서비스를 제공한다고 가정할 때, 30개의 채널 중 1개 채널은 파일럿 채널로 다른 서비스 채널보다 3dB 즉 2배 높은 전력을 가진다. 따라서 각 서비스 채널이 갖는 채널당 송출전력을 알기 위해서는 31개의 채널을 이용해 위성의 전체 송출 전력을 나누어주어야 한다. 또한 위성에서 수신기까지의 전파는 LOS로 전달되며, 위성과 수신기 사이의 거리에 의해 자유 공간 손실 값을 가지게 된다. 위성에서 전달되는 신호는 자유공간 손실 외에도, 강우 감쇠, 대기감쇠, 편파 감쇠 등을 겪게 되며 실질적인 구현상에서도 손실이 발생한다. 잡음 전력 밀도는 볼츠만 상수와 수신기 온도에 의해 결정되는 $N_o = 10\log KT$ 값으로 표현되며, 주어진 조건에서 온도(T)는 안테나와 저잡음증폭기(LNA) 잡음지수(Noise Figure)를 포함해 결정된다. 시스템 온도는 다음 식(5)에 의해 결정된다.

$$T = T_A + (10^{\frac{NF}{10}} - 1) \times T_o \quad (5)$$

여기서, T_A 는 안테나 온도를 NF는 저잡음증폭기 잡음지수를, T_o 는 대기온도를 나타낸다.

3. 중계기 - 수신기 링크버짓

DS/CDM 시스템에서 Rake 수신기를 사용할 때 다중경

로 전송 환경에 따른 수신 신호의 시간지연 차이가 1 chip 주기 보다 짧거나 데이터의 주기보다 크면 Rake 수신기는 간섭 신호를 분리할 수 없고 인접신호간섭(ISI)이 발생한다. 즉, 중계기의 Processing delay를 포함한 모든 지연시간이 1 chip 주기 보다 길고, 데이터의 주기 보다 짧다면, ISI는 발생하지 않고, 다중경로 환경에서의 지연 확산은 간섭으로 작용하지 않는다.

DS/CDM 위성 DMB 시스템에서 256kbps의 데이터를 64개의 Walsh 코드를 사용하여 대역 확산하고 이를 전송할 때 Rake 수신기는 61ns~3.9μs 범위의 지연 확산을 검출할 수 있으나 보다 광역의 음영지역(즉, 지연확산이 하나의 데이터 주기인 3.9μs 이상인 경우)을 커버하기 위해서는 Walsh 코드만으로는 정확한 신호 검출이 불가능하며, 따라서 2048 chips의 PN 시퀀스를 사용하여 대역확산을 하고 Rake 수신기의 searcher에서 상관 특성을 사용하여 송신 데이터를 검출한다.

이론적으로 64개의 Walsh 코드와 2048 chips의 PN 시퀀스를 동시에 사용하면 데이터 주기의 PN 시퀀스 길이 / Walsh 코드 길이, 즉 2048/64 = 32배만큼의 지연 확산에 대해서도 신호 검출이 가능하다. 하지만, 지연된 신호는 신호전력이 매우 미약하므로 수신기에서 다이버시티 이득을 얻기 위해서는 높은 송출전력을 필요로 한다.

데이터 주기(3.9μs)의 2, 4, 8, 16 및 최대 32배 (PN 2048 chips/64 Wash code)의 지연 시간을 갖는 multi-path 수신 데이터를 Rake 수신기와 searcher에서의 PN 시퀀스 상관 특성을 이용해 검출 가능하다고 가정하면, 각각의 검출 가능한 지연시간에 대하여 최대 커버리지 영역을 구할 수 있고 요구 C/N₀로부터 지상 중계기의 송신 출력을 계산할 수 있다. 데이터 전송률이 256Kbps이면 Chip 전송률은 256Kbps 64 chips/bit= 16.384 Mcps이고, DS/CDM-QPSK와 RAKE 수신기가 검출할 수 있는 최소 및 최대 delay spread는 다음 식(6)과 같고 서비스 가능한 커버리지 영역은 식(7)과 같다.

$$\frac{1}{16.384 Mcps} < \text{delay spread} < \frac{1}{256 Kbps} \tag{6}$$

$$61 ns < \text{delay spread} < 3.9 \mu s$$

$$18.3m < \text{coverage distance} < 1.17 Km \tag{7}$$

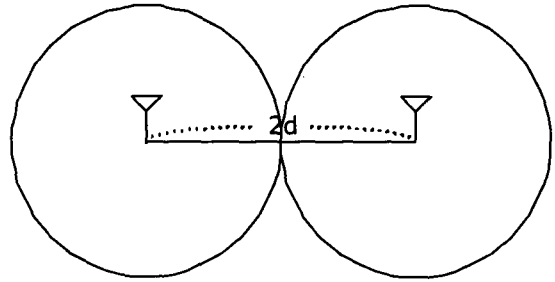


그림 4. 주파수 변환형 GF의 커버리지 영역
fig 4. Service coverage of Frequency Convergence type GF

그림 4에서와 같이, 64 Walsh Code만을 사용할 경우의 최대 서비스 반경 585m를 구할 수 있다. 하지만, 앞에서 살펴본 것과 같이 위성 DMB System은 64 Walsh Code와 함께 2048 PN Code를 사용하므로 충분한 전력이 허용된다면, 최대 585m의 32배인, 18.72Km까지의 서비스 커버리지를 확보할 수 있다. 다음 그림 5는 32배 지연된 신호가 들어올 때의 수신단의 성능을 나타낸다. 그림 5에서 볼 수 있듯이, 큰 지연을 가지고 들어온 신호가 수신기에 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있다. 즉 신호의 전력만 보장

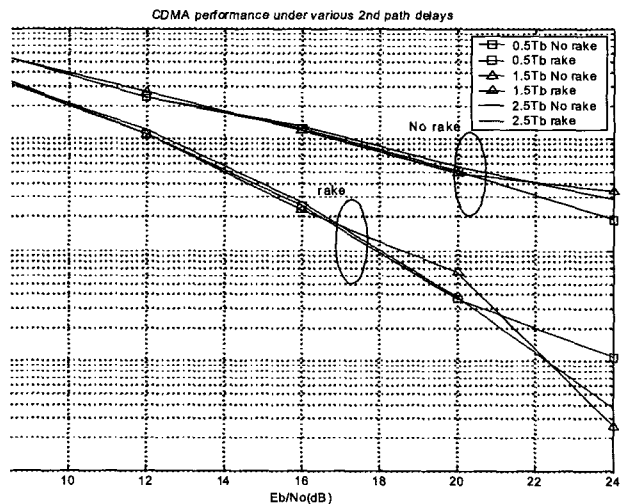


그림 5. 신호의 지연에 따른 수신 성능
fig 5. Received Performance according to signal delay

된다면, 지상중계기는 최대 18.72km까지 전송지연에 상관 없이 넓은 커버리지를 확보할 수 있다.

다음 표 2는 최대 지연 시간 (Data Delay : 2, 4, 8, 16, 32 times)에 따른 커버리지 반경, 지상중계기의 송출전력, 채널당 최소 지상중계기 출력이다. 허용 지연확산(delay spread)이 커질수록 서비스 커버리지가 확대되지만, 요구되는 송출 전력이 급격히 증가함을 알 수 있다.

표 2. 커버리지 반경에 따른 요구 EIRP 변화
table 2. Required EIRP according to Service Coverage

Data delay # (delay spread)	Coverage radius (km)	GF EIRP Per channel (dBW)	Total GF EIRP (dBW)
2 (7.8μs)	1.17	18.885	23.799
4 (15.6μs)	2.34	29.489	34.402
8 (31.2μs)	4.68	39.079	43.993
16 (62.4μs)	9.36	50.696	56.61
32 (124.8μs)	18.72	61.3	66.214

다음 그림 6은 표 2에서 알 수 있는 커버리지 반경에 대한 지상중계기의 송출전력 관계를 그래프로 표시한 것이다.

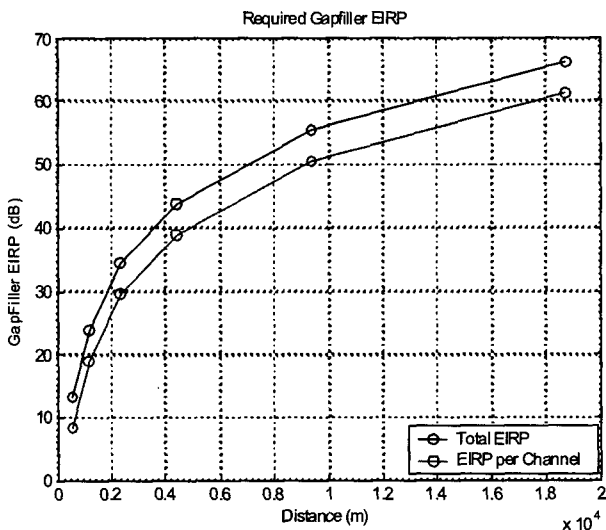


그림 6. 커버리지 반경에 따라 요구되는 총 EIRP와 채널당 EIRP
fig 6. GF EIRP according to Service Coverage

이와 같은 과정을 통해 볼 때, 지상중계기를 사용하여 음영지역에 위성 DMB 신호를 재전송하고 수신단에서 Rake 수신기와 searcher를 이용하여 지연확산을 보상할 때 최대 보상 가능한 지연확산과 서비스 커버리지 반경 및 BER을 2×10^{-4} 이하로 유지하기 위하여 요구되는 지상중계기의 최소 송출전력과 전력증폭기의 출력을 산출할 수 있다.

지상중계기에 의한 사업자 2의 서비스 링크버짓은 식(8)과 같다.

$$\frac{C}{N_o} = \{EIRP_{GF} - 10 \log(CH + 1)\} - L_{Hata} - L_{others} + G_p - N_o \quad (8)$$

여기서 $EIRP_{GF}$ 는 지상중계기의 송출전력, CH 는 채널 수, L_{Hata} 는 Hata model에 의한 경로손실, L_{others} 는 그 기타 손실이며, N_o 는 잡음 전력 밀도이다.

4. Link Margin

4.1 위성 서비스에 대한 지상중계기의 간섭(C/I)

DS/CDM 위성 DMB 시스템은 25MHz 대역에서 16.384Mcps의 chip rate와 0.22 롤오프계수(roll off factor (α))를 이용해 약 20MHz 점유 대역폭 (OBW)을 사용하므로 인접 대역과 약 5MHz 정도의 보호 대역을 가지고 있다고 할 수 있다^[4]. 점유 대역폭은 다음 식(9)에 의해 산출된다.

$$OBW = 256Kbps \times 64cps \times 1.22 = 19.988Mcps \quad (9)$$

위성에서 제공되는 사업자 1의 서비스에 대한 사업자 2의 간섭 C/I는 식(10)과 같다.

$$\frac{C}{I} = C_{sat} - I \quad (10)$$

여기서 I는 사업자 2의 대역에서 인접 대역으로 누설된

간섭전력으로 그림 7에서 확인할 수 있듯이 지상 중계기의 방사마스크에 의해 대역내의 신호보다 최소 45dB 낮은 전력을 갖게 된다^[7].

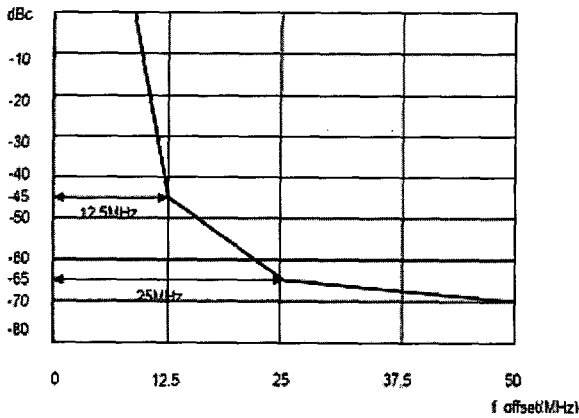


그림 7. 지상 중계기의 방사마스크
fig 7. Spectrum Mask of GF

4.2 지상중계기의 간섭(C/I)을 포함한 위성의 Link Budget 간섭을 고려할 때 위성을 이용해 서비스를 제공하는 사업자 1의 전체 C/(N+I)은 아래 식(11)과 같다.

$$\frac{C}{N+I} = \left\{ \left(\frac{C}{N} \right)_{sat}^{-1} + \left(\frac{C}{I} \right)^{-1} \right\}^{-1} \quad (11)$$

여기서,

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{sat} = \left(\frac{C}{N_o} \right)_{sat} \times \frac{1}{B} = \left(\frac{C}{N_o} \right)_{sat} \times \frac{1}{19.998 \times 10^6} \quad (12)$$

4.3 Link Margin 분석

DS/CDM 위성 DMB시스템의 코드당 요구되는 C/No은 58.20 dB-Hz이다^[3]. 이를 점유 대역폭 19.9885MHz을 고려하여 C/N으로 표현해주면, 다음 식(13)과 같다.

$$\left(\frac{C}{N} \right)_{req} = \left(\frac{C}{N_o} \right)_{req} - 10 \log B = -17.20 \quad (dB) \quad (13)$$

따라서 Margin은, 3dB의 다이버시티 손실을 가정할 때 아래의 식(14)와 같다.

$$\begin{aligned} Margin &= \left(\frac{C}{N+I} \right)_{sat} - \left(\frac{C}{N} \right)_{req} - 3 \\ &= \left(\frac{C}{N+I} \right)_{sat} + 17.20 - 3 \\ &= \left(\frac{C}{N+I} \right)_{sat} + 14.20 \end{aligned} \quad (14)$$

IV. 전산모의 실험 및 결과 분석

그림 8은 단말기의 위치에 따라 지상 중계기기의 송출 전력을 변화시키며 사업자 1 (위성으로 서비스를 제공하는 사업자)의 수신 Margin을 보이고 있다.

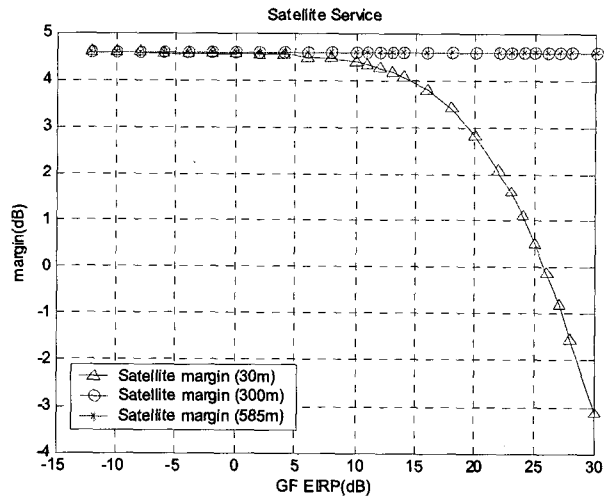


그림 8. 지상중계기에 의한 위성 서비스 마진 변화
fig 8. Satellite Service Margin according to GF

사업자 1은 300m, 585m 이격된 위치에서는 지상중계기의 송출전력에 무관하게 일정한 Margin 4.58dB를 갖지만, 30m 이격된 위치에서는 지상중계기의 송출전력이 증가함에 따라 Margin 이 급격히 감소함을 알 수 있다.

그림 9는 지상중계기의 출력을 25dBW로 고정시킨 후 지상중계기와 수신기 사이의 거리를 변화시키며 Service

Margin을 분석한 것이다. 수신기가 지상 중계기와 238m 이상의 거리를 떨어져 있다면, 최대 25dBW 송출전력의 지상중계기의 영향은 전혀 없다고 할 수 있다. 하지만, 지상중계기와 수신기의 거리가 28.5m 이내로 가까워질 때에는 사업자 1의 margin은 0이 되어 더 이상 서비스를 제공할 수 없다.

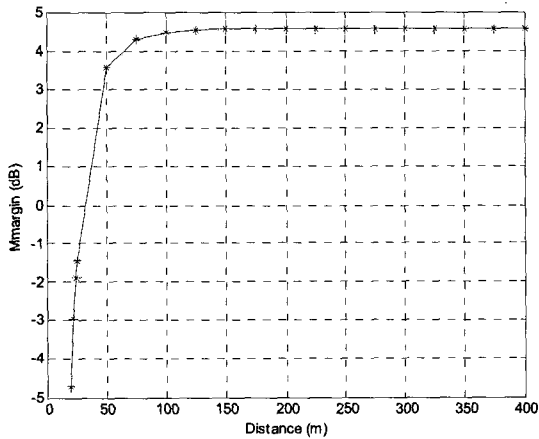


그림 9. 지상중계기와 수신기 거리에 따른 위성 서비스 마진 변화
fig 9. Satellite Service Margin according to the distance between GF and Rx

그림10은 단말기의 위치에 따라 지상 중계기의 송출전력을 변화시키며 사업자 2 (지상중계기로 서비스를 제공하는 사업자)의 수신 Margin을 보이고 있다.

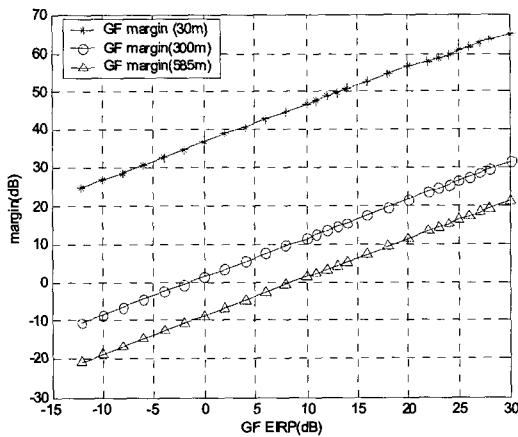


그림 10. 지상중계기에 EIRP의한 지상중계기 서비스 마진 변화
fig 10. GF Service Margin according to GF EIRP

지상중계기의 송출 전력이 증가함에 따라 서비스 Margin이 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나, 지상중계기의 송출전력이 낮을 때는 서비스 반경이 줄어들어 585m 지점에 위치한 단말기부터 서비스를 제공 받지 못한다.

따라서 지상중계기의 EIRP 변화에 따른 사업자 1의 서비스 margin은 30m 지점에 위치한 단말기에 의해 결정되고, 사업자 2의 서비스 margin은 500m 지점에 위치한 단말기에 의해 결정됨을 확인할 수 있다. 이를 이용해 서비스 반경 585m을 가지는 지상중계기의 최적 송출 전력을 구할 수 있다.

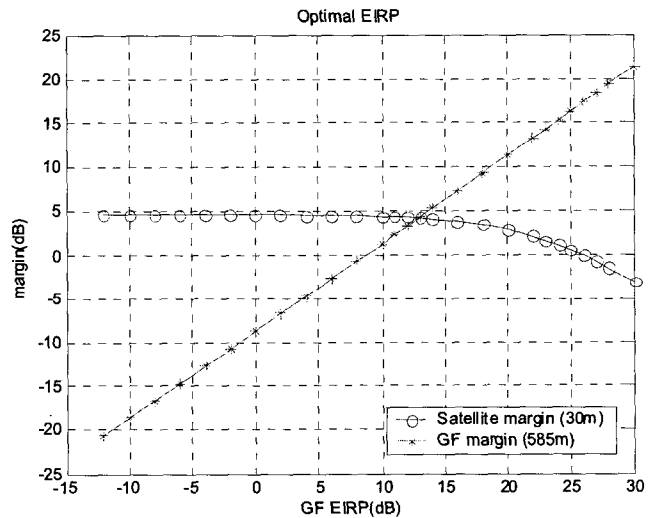


그림 11. 최적의 지상중계기 송출전력
fig 11. Optimal GF EIRP

그림11에서 확인할 수 있듯이, 지상중계기의 EIRP 13dB 근방에서 사업자 1과 사업자 2 모두 585m의 지상중계기 커버리지 안에서 4.3dB 이상의 margin을 가질 수 있다.

인접대역 누설전력을 대역 내에서 수신된 신호보다 45dBW가 작다고 가정하고 링크 버짓을 분석해 볼 때 특별한 보호대역 없이 지상중계기의 송출전력의 적절한 선택만 으로서 두 서비스를 충분한 Margin을 가지고 수신할 수 있다. 하지만, 앞의 결과에서도 살펴보았듯이 두 서비스가 모두 요구 C/N에 대해 Margin을 갖기 위해서는 지상중계기의 송출 전력이 13dBW 정도로 제한되어야 한다.

V. 결 론

본 논문에서는 2.605 - 2.630 GHz 대역을 이용하는 위성 DMB 사업자 1이 위성을 통하여 서비스를 제공하고, 인접 대역인 2.630 - 2.655 GHz 대역을 사용하는 위성 DMB 사업자 2가 지상중계기를 통하여 서비스를 제공할 때 고출력 지상중계기로 인한 간섭 영향에 대해서 분석했다. 위성 DMB 표준인 Digital System E는 DS/CDM 방식으로 기본적으로 PN코드를 이용해 채널을 구분한다. 따라서 인접채널에서 충분히 긴 서로 다른 코드를 이용해 채널을 구분해 준다면, 인접 채널의 영향은 거의 없다고 할 수 있다. 그러나, 지상중계기에서 고출력으로 송신되는 사업자 2의 신호는 위성으로부터 약한 신호를 수신해야 되는 사업자 1에게는 큰 간섭으로 작용할 수 있다. 만약 지상파 중계기의 송출전력(EIRP)이 작다면, 서비스 반경 내에 사업자 2의 신호를 적정 수준 이상으로 유지하지 못하게 되며, 또한 이 송출전력이 높다면, 지상파 중계기의 근접한 곳에서 위성으로부터 오는 신호를 받아야 되는 사업자 1 서비스에 큰 간섭을 유발하게 되어 정상적인 신호를 수신할 수가 없다. 이러한 trade-off를 이용하여 사업자 1과 사업자 2 모두 적정수준의 수신 C/N을 제공하는 지상파 중계기의 송출전력을 설정해야 한다. 두 사업자가 System E의 동일 표준으로 서비스를 제공할 경우 기본적으로 약 5MHz의 보호대역이

존재하는 것과 같은 효과를 낼 수 있다. 따라서 추가적인 보호대역 없이 지상중계기의 송출전력을 약 13dBW로 유지한다면, 지상 중계기의 서비스 영역을 최대화하며, 두 사업자 모두 4.3dB 이상의 충분한Margin을 유지하며 안정적으로 서비스를 제공할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] ESTI EN 300 401, "Radio Broadcasting Systems : digital audio broadcasting(DAB) to mobile, portable, and Fixed receivers"
- [2] 지상파 및 위성 DMB 표준화 동향, TTA 저널 92호
- [3] Recommendation ITU-R BO. 1130-4, Systems for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the bands allocated to BSS(sound) in the frequency range 1400-2700 MHz
- [4] Hata and Masaharu, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Service", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-29, No.3, pp. 317-325, August 1980.
- [5] European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research EURO-COST 231, "Urban Transmission Loss Models for Mobile Radio in the 900 and 1800MHz Bands", Revision 2, The Hague, September 1991.
- [6] 최보근, 이영진, 서종수, "위성 DMB에서 지상중계기 출력에 의한 인접 채널 간섭 분석", 통신학회2004 하계학술대회, 2004년 7월
- [7] 위성 멀티미디어 방송 송수신 정합표준안, TTA, 2004년 5월
- [8] Tri T. Ha, Digital Satellite Communications 2nd edition, McCrawHill, 1990

[부록 : 위성DMB 간섭 링크버젝]

구 분		위성-가입자가입자	지상중계기		
항목	단위		Case A	Case B	Case C
Center Frequency	MHz	2617.50	2642.50	2642.50	2642.50
EIRP	dBW	67.00	13.00	13.00	13.00
Pilot Power / Data Ch Power	dB	3.00	3.00	3.00	3.00
EIRP / (CH+1)	dBW	52.091	-1.9	-1.91	-1.91
Total Propagation Loss	dB	192.80	91.14	126.36	136.58
Propagation Losses	dB	192.25	91.14	126.36	136.58
Polarization Loss	dB	0.55	0.00	0.00	0.00
Distance	km	37367.50	30.00	300.00	585.00
Receiver Input Signal Power	dBW	-140.71	-93.05	-128.28	-138.49
Antenna Gain	dBi	2.50	0.00	0.00	0.00
LNA Noise Figure	dB	1.50	1.50	1.50	1.50
Antenna Noise Temperature	K	150.00	150.00	150.00	150.00
System Noise Temperature	K	269.60	269.60	269.60	269.60
System Noise Power Density	dBW/Hz	-204.29	-204.29	-204.29	-204.29
G/T	dB/K	- 21.81	-24.31	-24.31	-24.31
Received C/No	dBHz	66.08	111.24	76.01	65.80
Degradation due to Up-link	dB	0.10	0.10	0.10	0.10
Adj.CH Interference Allowance	dB	0.20	0.20	0.20	0.20
Diversity Loss	dB	3.00	3.00	3.00	3.00
Total C/No	dBHz	62.78	107.94	72.71	65.50
C/N	dB	-10.23	34.93	-0.29	-7.51
Required C/No	dBHz	58.20	58.20	58.20	58.20
Required C/N	dB	-14.81	-14.81	-14.81	-14.81
Implement Losses	dB	0.00	0.00	0.00	0.00
total Margin	dB	4.58	49.74	14.51	4.30
스펙트럼에 의한 인접채널 영향	dB	-	45.00	45.00	45.00
인접대역누설전력	dB	-	-138.05	-173.28	-183.49

지상중계기 간섭에 의한 서비스1의 수신 Margin

지상중계기와 수신기 사이의 거리	30m	300m	585m
C/I	- 0.16	35.07	45.28
사업자 1의 Total C/(N+I) (dB)	-10.23	-10.23	-10.64
사업자1의 Margin (dB)	4.17	4.58	4.58

 저 자 소 개

**최 보 근**

- 2004년 : 연세대학교 기계.전자공학부 전기전자전공 졸업 (학사)
- 2004년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 디지털 통신 / 방송 시스템, OFDM,

**이 영 진**

- 2000년 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2002년 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (석사)
- 2002년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 디지털 통신 / 방송 시스템, OFDM

**홍 영 진**

- 1978년 : 서울대학교 전기공학과 졸업 (학사)
- 1982년 : SUNY.Stony Brook 전기공학과 졸업 (석사)
- 1985년 : SUNY.Stony Brook 전기공학과 졸업 (박사)
- 1986년 ~ 1991년 : LNR Communication, New York, Senior Engineer
- 1994년 ~ 1997년 : Eastel Systems 연구소장,전무
- 1997년 ~ 2003년 : SKC&C 서비스부문장,전무
- 2005년 ~ 현재 : 동명정보대학교 정보보호학과 부교수
- 주관심분야 : 디지털 통신 / 방송 시스템, OFDM

**서 종 수**

- 1975년 : 연세대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1983년 : Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과 졸업 (석사)
- 1998년 : Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과 졸업 (박사)
- 1975년 ~ 1981년 : LG정밀 연구소
- 1982년 ~ 1989년 : IDC, Canada 책임연구원
- 1990년 ~ 1992년 : 삼성종합기술원 정보시스템 연구소 수석연구원
- 1992년 ~ 1995년 : CAL, Canada 책임연구원
- 1995년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 정교수
- 주관심분야 : 디지털 통신 / 방송 시스템, Resource Allocation, CDMA, OFDM