

디지털 LMDS 시스템의 셀 내부 간섭 분석에 관한 연구

정희원 장태화*, 방효창**, 손성찬***, 김원후*

A Study on the Inter Cell Interference Analysis of Digital LMDS System

Tae-Hwa Chang*, Hyo-Chang Pang**, Sung-Chan Son***, Won-Hoo Kim* *Regular Members*

요 약

본 연구에서는 LMDS 시스템의 설계시 셀 내부에서 발생할 수 있는 간섭을 분석하였다. 셀 내부에서 발생할 수 있는 간섭은 크게 동일 편파 인접 채널 간섭, 교차 편파 간섭, 송수신 채널 간의 간섭이 있을 수 있으며, 본 연구에서는 각각에 대한 분석 결과를 종합하여 셀 내부의 간섭 조건을 분석하였다. 이러한 각각의 간섭을 종합한 결과 강우 감쇄를 고려한 상황에서 C/N은 2 km 구간까지 19 dB 이상을 유지하지만, 그 이상의 구간에서는 급격히 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서 LMDS 시스템의 셀 반경은 2 km 가 적절하다고 판단되었다. 본 논문에서는 이러한 분석 결과에 근거하여 실험을 진행하였으며 이론적인 결과와 마찬가지로 C/I=20 dB 이상을 만족하여야만 강우감쇄 상황에서도 정상적인 수신이 가능함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this study, we investigate the inter cell interference of LMDS(Local Multipoint Distribution Service) system cell in LMDS system design process. There are several interference sources in LMDS system but we consider co-channel adjacent interference, cross-polarization interference, tx/rx interworking interference as three major factors. As the summation of each interference, C/N is keep 19 dB in 2km range but decreased gradually over 2km. Based on theoretical results, we process the experimental test and get results that C/I=20 dB have to be maintained to transmit the data successfully under rain fall attenuation condition. This experiential results are similar to the theoretical analysis results we examined.

I. 서론

1. 배경

최근 수년간 정보 통신분야는 다른 분야에 비하여 비약적인 발전을 거듭하여 왔다. 현재 각국은 정보 통신산업이 21세기의 국가 경쟁력이 될 것이라는 판단하에 집중적인 육성을 하고 있는 실정이다. 무선 통신분야에 있어서는 이동통신이 주도적으로 각광 받아 왔으며, 유선 분야에서는 ATM(Asynchronous

Transfer Module)과 같은 전송방식이 상용화를 눈앞에 두고 있다. LMDS는 이러한 유선과 무선의 장점을 적절히 결합한 시스템으로서 설치가 용이하고 가격이 저렴하다는 면에서는 무선의 장점을, 밀리미터 대역의 광대역 주파수를 사용함으로써 유선에서와 같이 넓은 대역폭을 제공할 수 있다. 최근 국내에서도 LMDS(Local Multipoint Distribution Service)에 대한 관심이 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 활발하게 진행 중에 있다.

* 한국항공대학교 항공전자공학과(happydog@mbt.co.kr)

** 두원공과대학 전자통신과

*** 하나로 통신 (주)

논문번호 : 98294-0715, 접수일자 : 1998년 7월 15일

2. 시스템 설계시 고려사항

LMDS 시스템은 기존의 통신 시스템과는 상당히 다른 특징을 가지고 있으므로 시스템의 설계시 많은 사항들을 고려하여야 한다. LMDS 시스템의 설계에서는 크게 다음과 같은 사항들이 우선적으로 고려되어야 한다.

- ① 서비스 지역에 대한 지역적인 특수성 분석
- ② 단일 셀을 사용할 것인지 섹터화된 셀을 사용할 것인지의 여부
- ③ 안테나의 편파 계획
- ④ 주파수 재사용 계획의 수립
- ⑤ 커버리지에 대한 프로파일 작성
- ⑥ 주파수 채널의 할당
- ⑦ 링크 버짓의 계산
- ⑧ 커버리지 계획에 따른 셀의 특성화 작업
- ⑨ 셀 내부의 간섭 조건 분석
- ⑩ 안테나의 back-lobe 특성에 따른 간섭 분석
- ⑪ 섹터의 경계지점에 위치한 CPE의 간섭 분석
- ⑫ 각기 다른 셀간의 간섭 분석
- ⑬ 인접 셀의 경계 지점에 위치한 CPE의 간섭 분석
- ⑭ 음영지역 해소를 위해 셀 중첩시 발생하는 기지국간의 간섭 분석
- ⑮ 인접하지 않은 셀로부터의 동일편파 간섭 분석

본 연구에서는 LMDS 셀의 설계를 위해 간섭에 대한 분석 과정에 중점을 두었으며, 우선 단일 셀 내에서 발생할 수 있는 간섭 조건에 대해 분석하였다. 본 연구에서는 기본적으로 하나의 셀을 4개의 섹터로 구분하여 편파 배치한다고 가정하였으며, 할당되는 주파수 대역은 국내의 주파수를 기준으로 2개의 사업자가 주파수를 1/2 씩 분배받는 상황을 가정하였다.

II. 셀 내부 간섭

LMDS 시스템과 같이 셀 단위의 서비스를 제공하는 시스템에서는 셀 내부의 간섭과 셀간의 간섭이 공존한다. 셀간의 간섭은 다수의 셀이 위치한 상황에서 셀 상호간의 간섭을 의미하며, 이는 단일 셀 내에서 발생하는 간섭 조건을 기반으로 분석하여야

한다. 본 연구에서는 LMDS 시스템에서 발생할 수 있는 간섭의 영향을 분석하기 위해 독립적인 하나의 셀만이 존재한다는 가정하에서 셀 내부의 간섭을 추정하는 작업을 선행하였다. 또한 LMDS 시스템이 다수의 가입자를 수용할 수 있도록 주파수를 재사용한다는 가정하에서 하나의 셀을 4개의 섹터로 구분하는 시스템을 고려하였다. 이때 각각의 섹터는 교대로 수직 편파와 수평 편파를 사용한다고 가정하였다. 이러한 가정하에서 발생할 수 있는 간섭으로는 크게 동일 편파내의 채널 간섭과 송수신 채널 간의 간섭, 교차 편파 간섭 성분이 존재할 수 있다.

1. 동일편파 인접 채널 간섭

무선 전송 장비의 경우 가장 기본적으로 발생하는 간섭이 동일 편파 채널 간섭이다. 이 간섭은 동일 편파상에서 인접하는 채널간의 간섭이라고 볼 수 있으며, 인접 채널간의 주파수 간격에 따라 결정된다. 이러한 간섭 성분을 고려하기 위해 간섭 경감 계수(Interference Reduction Factor)를 사용한다. 간섭 경감 계수는 (1)식과 같이 주어진다⁹⁾.

$$[IRF]_{df} = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} H_D(f) \cdot |H_R(f)|^2 df}{\int_0^{\infty} H_I(f + \Delta f) \cdot |H_R(f)|^2 df} \quad (1)$$

여기서 $H_D(f)$ 는 채널의 전달함수를 나타내는 항이며, $H_I(f)$ 는 인접 채널의 전달함수를 나타낸다. 따라서, $H_D(f), H_I(f)$ 는 동일한 전달함수라고 볼 수 있으며 일반적인 통신 채널의 경우 raised-cosine의 특성을 갖는다. 는 두 채널사이의 간격을 나타내며 중심주파수를 기준으로 인접 채널까지의 주파수를 의미한다. 간섭 경감 계수를 raised-cosine 필터의 roll-off factor 에 대해 구한 값을 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 X-축은 정규화된 주파수 간격으로서 의미를 의미하며, Y-축은 간섭 경감 계수[dB]를 나타낸다.

본 연구에서는 하향으로 전송되는 QPSK 변조신호의 경우 DAVIC에서 권고한 roll-off factor=0.35 대신에 마이크로웨이브 전송 시스템에서 널리 표준으로 사용되는 roll-off factor=0.3인 채널 필터를 사용한다고 가정하였다. 이때 허용 가능한 신호대 잡음비를 40dB이상이라고 하면, 그림 1로부터 채널 사이의 간격은 심볼 주파수의 1.2 정도로 결정된다. 즉, 채널

의 대역폭이 40MHz 라면 인접 채널은 4MHz 이상의 보호 대역을 두고 위치한다.

$$\frac{D}{U} = P_r - (P_t - 2L_f - C_{TR}) - F_a + IRF \quad (2)$$

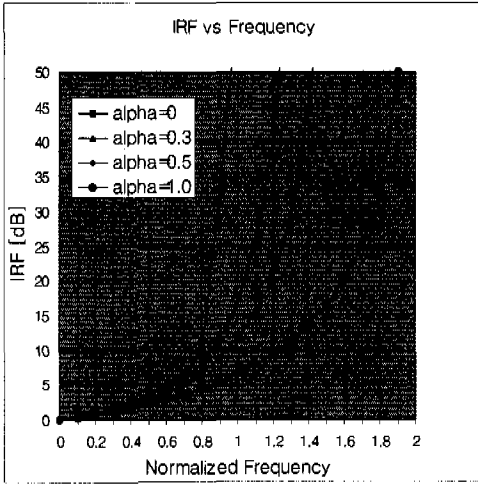


그림 1. 간섭 경감 계수

2. 송수신 채널 간의 간섭

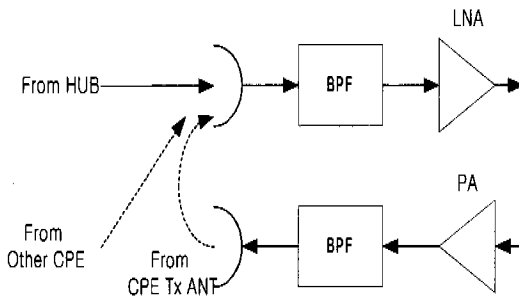


그림 2. 가입자단 송수신 채널간의 간섭

디지털 LMDS 시스템은 양방향으로 정보를 송수신하는 장비이므로 그림 2에서 보는 바와 같이 송수신 채널간의 간섭이 발생할 수 있다. 우리나라에서는 LMDS 서비스를 위해 송수신간의 주파수 차이를 750 MHz로 설정하였다^[10]. 송수신 채널 간의 간섭 역시 앞서 1절에서 언급한 간섭 경감 계수를 사용하여 구할 수 있다.

안테나에서 송수신 간의 전력차이는 송신 레벨과 수신 레벨의 차이로 주어지며, 이에 따른 페이딩 마진을 구할 수 있다.

여기서 P_r 은 안테나에서의 수신전력, P_t 는 송신 전력, L_f 는 급전선의 손실, C_{TR} 은 송수신 안테나 사이의 결합도, F_a 는 페이딩 마진을 나타낸다. 허브로부터 1 km 떨어진 가입자 단에서 $P_r = -88$ dBw, $P_t = -10$ dBw, $F_a = 18.31$ dB로 주어진다. L_f 는 송수신에 대해 동일하게 6 dB라고 가정하고, C_{TR} 은 90 dB 라고 가정하였다. 이때 송수신간의 간섭을 피하기 위한 최소 D/U 를 40 dB라고 하면 IRF는 35 dB가 요구된다. 여기서 송수신 분리에 적용되는 광대역 필터는 일반적으로 roll-off factor=0.5인 채널 필터의 특성을 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 송수신간의 채널 간격은 그림 1에서 roll-off factor=0.5에서 IRF=35 dB를 얻기 위한 주파수 간격은 1.3이므로, 주파수 간격은 송신 대역폭(BW:500 MHz) 1.3=650 MHz 로 결정된다. 따라서 국내 광대역 무선 시스템 주파수 할당에서 송수신간의 주파수 차이인 750 MHz는 적절함을 알 수 있다.

그림 3은 송수신간의 주파수 배치 및 필터의 특성을 나타낸 것이다.

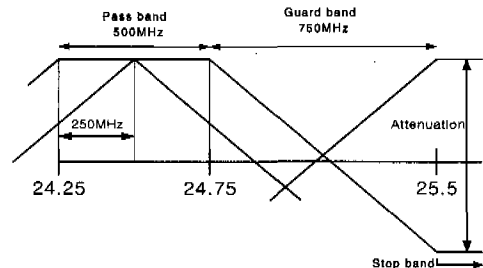


그림 3. 송수신 주파수 채널의 배치

3. 교차 편파 간섭

LMDS 시스템은 주파수 재사용 효율을 증가 시키기 위해 수직, 수평 편파를 사용하고 있다. 따라서 두 편파간의 간섭이 발생하게 된다. 이러한 간섭은 특히 섹터 간의 경계면에서 중요시 된다. 그림 4는 셀을 4개의 섹터로 구분한 경우 섹터의 경계면을 나타낸 것이다. 섹터의 경계면에서 CPE(Customer Premise Equipment)는 허브로부터 전송되는 수직과 수평 편파의 하향채널을 모두 수신하게 될 수 있다.

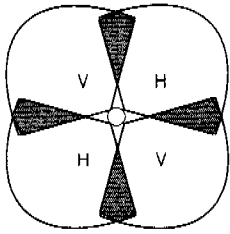


그림 4. 4섹터 편파 셀

교차 편파의 간섭은 XPD(Cross Polarization Discrimination)에 의해 판정되며, 정상적인 상황에서 보다 강우 감쇄 등 변화요인에 의해 정상 경로가 영향을 받는 상황을 고려하여야 한다. 일반적으로 편파를 사용하는 경우 강우 감쇄 등에 의해 얼마나 열화가 발생하는지를 판정하여야 한다. 강우에 의한 XPD의 열화 특성은 다음과 같다.

강우가 심할수록 빗방울이 크며, 빗방울의 경사각이 일정한 경우에는 감쇄가 클수록 XPD의 열화가 크다. 직선 편파의 경우, 빗방울 낙하 경사각이 클수록 XPD의 열화가 크다.

공간에 있어서의 교차편파 성분의 발생에는 서로 상쇄하고자 하는 작용이 있기 때문에 전파구간이 길수록 동일한 감쇄량에 대한 교차편파 식별도의 열화는 작아진다.

빗방울의 경사에 밀접하게 관련되는 바람의 공간 상관은 보통 수평 방향과 비교하여 수직방향에 무척 작다. 따라서 전파 통로의 경사각이 클수록 같은 감쇄량에 대한 XPD의 열화는 작아진다.

주파수가 높아짐에 따라서 같은 감쇄에 기여하는 빗방울의 직경이 작아지므로 주파수가 높아지면 같은 감쇄량에 대한 XPD의 열화는 작아진다. 강우 감쇄의 경우 XPD는 다음의 식으로 주어진다^[5].

$$XPD = -0.48 \cdot A_H + 33.5 + A_H \cdot 3.1 \cdot \frac{h}{D} + \frac{D^{2.9}}{7.46} + \alpha \quad (3)$$

여기서 A_H 는 주편파의 감쇄량, D 는 경로 길이 (km), h 는 송수신안테나의 높이차(km), α 는 주파수에 대한 보정치이다.

그림 5에서 보는 바와 같이 강우 감쇄에 따라 XPD는 열화되며, 허브로부터 가까운 지점과 3 km

떨어진 지점과의 차이는 약 6.4 dB의 차이를 보인다. 여기서 우리나라의 평균적인 강우량은 CCIR에서 권고한 시간당 42 mm/h로 선정하였다.

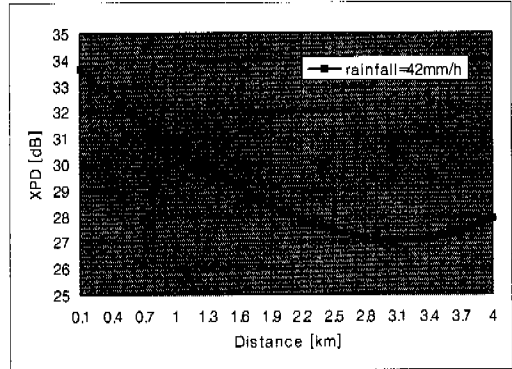


그림 5. 강우 감쇄에 의한 XPD의 열화

III. 간섭에 의한 영향

1. 셀 내부 간섭을 고려한 성능 분석

지금까지 고찰하였던 간섭들이 시스템에 어떠한 영향을 주는지를 알아 보기 위해 다음과 같이 시스템의 파라미터를 설정하였다.

표 1. 시스템 파라미터

시스템 파라미터	단위	값
허브 송신 출력 레벨	dBw	0
허브 송신 안테나 이득	dBi	15
Power Back-off	dB	3
가입자 수신 안테나 이득	dBi	35
가입자 송신 출력 레벨	dBw	-10
가입자 송신 안테나 이득	dBi	35
허브 수신 안테나 이득	dBi	15
자유공간 감쇄	dB	121
강우 감쇄량	dB/km	6.71
상향 데이터 속도	Mbps	2.048
하향 데이터 속도	Mbps	44.736
수신기 열잡음(BW=40MHz)	dBw	-122
Feeder 손실	dB	12
부호이득	dB	5

이상적인 디지털 전송시스템에 있어서 오류는 변

복조 방식이 결정되면 이론적인 결과로 정해진다. 그러나 실제에 있어서는 장비 및 전파 경로 상에 열화요인이 존재하므로 오율 특성은 열화되어 보다 큰 C/N을 요구하게 된다. 동일한 오율을 얻기 위해 실제 전송 시스템의 C/N과 이론적인 C/N과의 차이인 C/N 열화도를 구하여야 한다. 본 연구에서는 앞서 2장에서 언급하였던 간섭들이 C/N(또는 E_b/N₀)에 어떠한 영향을 미치는지 분석하여 요구되는 C/N의 열화도를 구하였다.

1) 열잡음에 의한 C/N의 열화

입력 수신 레벨은 강우나 페이딩에 의해 변동하므로 열잡음을 고려한 C/N은 변동성분이 된다. 실제의 회선 설계상 간섭 잡음의 진폭분포가 가우스 분포와 달라지므로 이에 인한 간섭 경감 계수는 열잡음에 대한 고려에서는 필요하지 않다.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{TH} = P_i + G_i + G_r - L_s - L_f - L_{rain} - KTBF \quad (4)$$

표 1의 시스템 파라미터를 이용하여 거리에 따른 C/N을 구하면 그림 6과 같이 얻어진다. 열잡음이 일양하게 분포한다는 가정하에서 거리에 따라 C/N값은 열화된다.

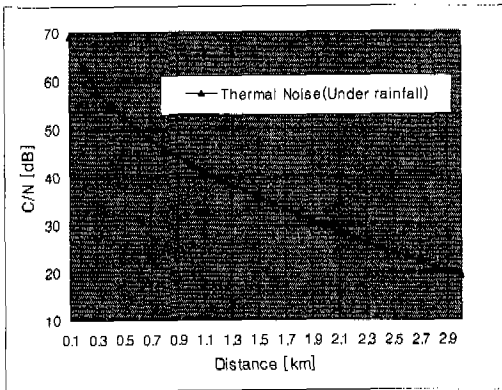


그림 6. 열잡음에 의한 C/N의 열화

2) 동일 편파 간섭에 의한 C/N의 열화

동일 편파 인접 채널간 간섭은 f=1.2로 결정할 경우 C/I가 매우 크므로 C/N은 필터에 의한 간섭과 전력의 감쇄량으로 결정한다. 간섭과 전력의 감쇄량은

결국 간섭 경감 계수에 의해 결정된다. 앞서 2장의 1절에서 언급한 바와 같이 roll-off factor를 0.3으로 결정할 경우 f=1.2에 대해서 IRF는 40dB이다.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{adj} \leq IRF(\Delta f=1.2) \quad (5)$$

3) 송수신 채널 간섭에 의한 C/N의 열화

표 1의 시스템 파라미터를 식(2)에 대입하여 송수신 채널 간섭에 의한 C/N을 계산하면 20.507 dB로 주어진다.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{rr} = 20.507 \quad [dB] \quad (6)$$

4) 교차 편파 간섭

교차 편파에 의한 간섭은 앞서 그림 5에서 얻은 결과와 같이 정상시 33.5 dB에서 강우 감쇄에 의해 27dB까지 열화된다.

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Cross} \leq XPD \quad (7)$$

열잡음과 간섭의 특성은 기본적으로 성질이 다르다고 볼 수 있지만 수신기의 입력단에 협대역을 고려하는 경우 간섭과 잡음을 동일하게 취급할 수 있다. 따라서 이상에서 얻은 간섭에 의한 C/N의 열화를 전체적으로 더하면 셀 내부에서 발생하는 간섭에 의해 열화된 C/N값이 얻어진다.

$$\frac{N}{C} = \frac{N_1}{C} + \frac{N_2}{C} + \dots + \frac{N_n}{C} \quad (8)$$

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{Total} = -10 \cdot \log \left[10^{\frac{(C/N)_{Cross}}{10}} + 10^{\frac{(C/N)_{adj}}{10}} + 10^{\frac{(C/N)_{rr}}{10}} + 10^{\frac{(C/N)_{TH}}{10}} \right] \quad (9)$$

그림 7은 강우 감쇄를 고려한 경우 앞서 언급한 4가지 간섭 요소에 의한 C/N의 열화를 거리에 대해서 나타낸 것이다. 허브로부터 약 2 km 떨어진 지점까지는 일정한 C/N을 유지하다가 그 이상의 거리에서는 C/N이 지수함수적으로 열화됨을 알 수 있었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때 LMDS 시스템의 경우 셀의 반경은 2km 정도가 적당하다고 할 수 있다.

셀 반경 2 km는 LMDS 시스템의 하향 링크 버짓의 계산 결과에서도 알 수 있듯이 강우 감쇄서 페이드 마진이 보장되는 반경이다.

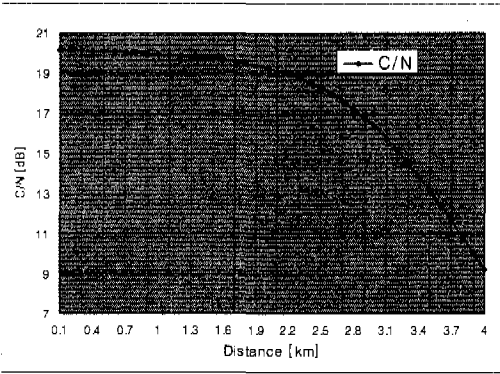


그림 7. 간섭에 의한 C/N의 열화(강우감쇄 고려시)

2. 시스템 실험

지금까지 본 논문에서는 LMDS 시스템이 간섭 환경하에서 어떠한 성능의 저하가 발생하는지를 분석하였다. 그러나 실제의 경우 간섭 조건의 분석은 이론적인 결과와 실험적인 결과사이 상당한 차이가 있을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 차이가 실제로 발생하는지를 확인하기 위하여 간섭 환경하에서 실험을 진행하였다. 본 논문에서 실험을 위해서 참고문헌[10]에서 구현한 16 QAM STM-1 LMDS 전송 시스템을 활용하였다.

실험실 환경하에서 간섭조건을 발생하기 위하여 HP3708A Noise & Interference Test Set을 이용하여 C/I값을 가변하면서 시스템의 BER 특성을 고찰하였다.

그림 8은 간섭이 존재하지 않는 정상적인 수신 환경하에서 수신기로 입력되는 신호의 스펙트럼이다.

그림 9는 C/I=17 dB로 정하고 수신기의 입력단에서 수신 신호의 스펙트럼을 출력한 결과이다.

그림 10은 C/I=15 dB인 환경하에서 수신 신호의 스펙트럼을 출력한 결과이다. 간섭의 양이 증가함에 따라 수신 스펙트럼상의 간섭 성분이 증가함을 볼 수 있다.

그림 11은 C/I값을 가변하면서 시스템의 BER을 측정할 결과이다.

C/I=20 dB에서는 정상적인 BER특성을 나타내고 있음을 볼 수 있다. C/I=17dB로 설정하면 시스템의 성능을 정상적인 경우에 비해 약 2 내지 3 dB의 열화가 발생함을 알 수 있다. C/I값을 보다 낮춰 C/I=15 dB인 환경하에서는 정상적인 경우에 비해 작게는 3 dB 정도의 열화가 발생하며 크게는 6 dB 이상의 열화가 발생하여 시스템의 성능이 크게 저하됨을 알 수 있다. 따라서 정상적인 수신에 가능한 C/I 값은 약 20 dB임을 알 수 있다.

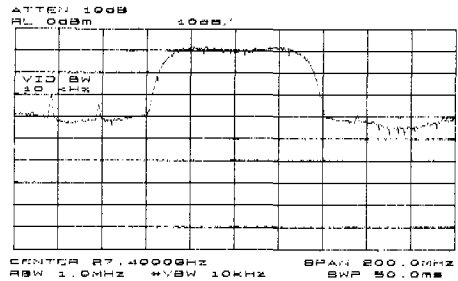


그림 8. 정상적인 수신 스펙트럼

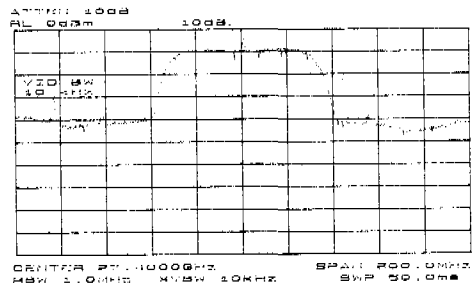


그림 9. C/I=17 dB에서 수신 스펙트럼

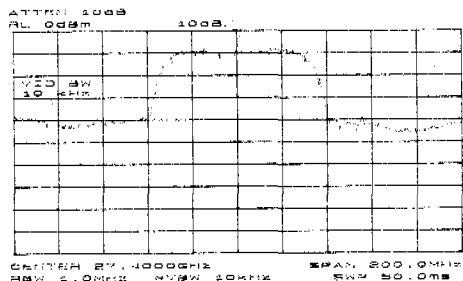


그림 10. C/I=15 dB에서 수신 스펙트럼

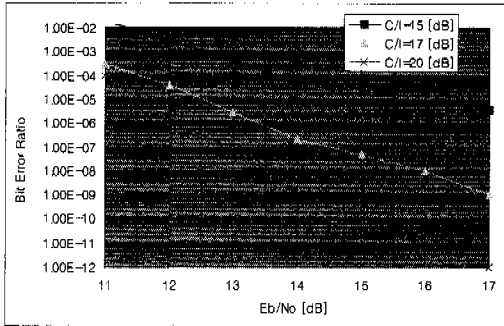


그림 11. C/I값에 따른 BER 곡선

IV. 결 론

본 연구에서는 LMDS 시스템의 설계시 셀 내부에서 발생할 수 있는 간섭을 분석하였다. 셀 내부에서 발생할 수 있는 간섭은 크게 동일 편파 간섭, 교차 편파 간섭, 송수신 채널 간의 간섭이 있을 수 있으며, 본 연구에서는 각각에 대한 분석 결과를 종합하여 셀 내부의 간섭 조건을 분석하였다. 동일 편파 간섭을 방지하기 위해 채널 간격은 심볼 주파수의 1.2배로 선정하는 것이 적절하며, 우리나라에서 할 당한 LMDS 주파수의 경우 송수신 채널의 간격 750 MHz는 적절하게 선정되었음을 알 수 있었다. 이러한 각각의 간섭을 종합한 결과 강우 감쇄를 고려한 상황에서 C/N은 2 km 구간까지 19 dB 이상을 유지하지만, 그 이상의 구간에서는 급격히 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서 LMDS 시스템의 셀 반경은 2km 가 적절하다고 판단되었다. 또한 실제 실험 결과 역시 C/I=20 dB 이상을 유지하여야만 강우감쇄하에서도 정상적인 BER을 얻을 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

[1] Roger L.Freeman, *Telecommunication Transmission Handbook*, Wiley series in Telecommunications, 1991.
 [2] A.A.R. Townsend, *Digital Line-of-sight radio links*, Prentice-Hall, 1988.
 [3] Kamilo Feher, *Telecommunications Measurements, Analysis, and Instrumentation*, Prentice-Hall,1987.

[4] Kamilo Feher, *Digital Communications : Satellite /Earth Station Engineering*, Prentice-Hall,1987.
 [5] 조성준 역, *디지털 마이크로파 통신*, 대광문화사, 1989년.
 [6] B.Cornaglia, M.Di Lascio, L. Ordano, "Wireless CATV: general system overview and radio coverage planning", *Proc. 5th ECRR*, pp.63-68, Bologna-Italy, May, 1996.
 [7]H.-P.Petry, Design Aspects of Next Generation Broadband Flexible Fixed Radio Access System, *Proc. 5th ECRR*, pp.51-56, Bologna-Italy, May, 1996.
 [8] C. Mattiello, Visibility estimation for urban radio-link design, *Proc. 8th ICAP*, pp.952-954, Edinburgh-UK, Apr. 1993.
 [9] C. Mattiello, L. Ordano, Multipoint radio systems : Planning tools using terrain data based derived from satellite remote sensing, *Proc. 4th ECRR*, pp.204-209, Edinburgh-UK, Oct. 1993.
 [10] 장태화 외 3인, "디지털 LMDS 시스템을 위한 점대점 중계망 시스템 구현에 관한 연구," *한국통신학회 98년 하계학술대회 논문집*, 7월, 1998년.

장 태 화(Tae-Hwa Chang)

정회원



1991년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(공학사)
1993년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(석사)
1993년 1월~현재 : 대영전자
연구소

1995년 8월~현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과
박사과정(수료)

<주관심 분야> 통신 시스템, 마이크로웨이브전송시
스템

방 효 창(Hyo-Chang Pang)

종신회원



1988년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(공학사)
1992년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과(석사)
1997년 2월 : 한국항공대학교
항공전자공학과
(공학박사)

1996년 3월~현재 : 두원공대 전파통신과 조교수

<주관심 분야> 스펙트럼 확산통신, 무선통신

손 성 찬(Sung-Chan Son)

정회원



1979년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
(공학사)
1992년 8월 : 한양대학교
대학원 전자통신공학과
(공학석사)

1979년 5월~1980년 10월 : 한국전자통신(주)

1980년 10월~1985년 10월 : 동아건설산업(주)

1985년 10월~1998년 6월 : (주)데이콤 무선가입자팀

1998년 6월~현재 : (주)하나로통신 기술개발실 이사

<주관심 분야> 무선 통신, 이동 통신, 디지털 통신

김 원 후(Won-Hoo Kim)

정회원

1959년 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)

1975년 : 한양대학교 전자공학과 (공학석사)

1989년 : 경희대학교 전자공학과 (공학박사)

현재 : 한국항공대학교 항공전자공학과 교수

<주관심 분야> 스펙트럼 확산 통신, 무선통신, 항법
전자 등