

마이크로파 대역에서 멀티미디어 서비스를 위한 LMDS의 채널 특성 분석

박혁규^o, 윤현정, 이청훈, 이동은, 김영천
전북대학교 컴퓨터공학과

Analysis of LMDS Channel Characteristics for Multimedia Services in Microwave

H.G Park, H.J. Yun, C.H Lee, D.E Lee and Y.C Kim
Department of Computer Engineering, Chonbuk National University
E-mail : yckim@moak.chonbuk.ac.kr

Abstract

Due to the increasing demand to multimedia services over wireless communication network, LMDS(Local Multipoint Distribution Service) has been proposed as an alternate approach for broadband wireless access network. But LMDS, which uses the mm-wavelength radio spectrum, has been limited for unknown microwave frequency characteristics. In this paper, we analyze the parameters related to the system design on 28GHz frequency: Propagation path loss and rainfall attenuation. Based on these analytical results, the proper cell size in Korea is determined. We also analyze the bit error rate and frame loss rate for various kinds of digital modulation schemes(QAM 4, 16, 64, 256). Finally, we apply to VOD service to evaluate a call blocking rate, efficiency and channel capacity.

크기에 대해 분석하고, 3장에서는 LMDS의 오율을 분석하였으며, 4장에서는 디지털 LMDS의 채널 용량을 분석하였다. 마지막으로 5장에서 결론을 다루었다.

2. 손실 특성 분석 및 셀 크기

LMDS 기반 가입자망 구축에 있어서 우선 검토되어야 할 항목은 주파수 대역이다. 이는 대역에 따라 시스템의 구성, 기능, 서비스 셀 영역 등 주요 사항들의 결정에 영향을 미치기 때문이다. 그림 1은 국내·외의 무선 주파수 할당 동향을 나타내었다. 국내의 경우 24GHz에서 27GHz 대역의 주파수가 할당되었다. 구체적인 주파수 분배 내용은 상향 주파수로 24.25~24.75GHz (500MHz)와 하향 주파수로 25.5~27.5GHz (2GHz)를 할당하였다. 또한 LMDS 방식의 무선 CATV 전송용으로 26.7~27.5GHz (800MHz) 대역을 할당하였다[2].

1. 서론

최근 무선 통신 기술이 발전함에 따라 유선 가입자 액세스망의 일부를 무선으로 구축하려는 연구가 국내·외적으로 활발히 진행되고 있다. 이러한 무선 가입자망은 유선 가입자망에 비하여 초기의 망 구축 비용이 저렴하고 신속한 망 구성이 가능하며 확장이 용이하다는 장점 때문에 급속히 확대되고 있다. 특히 미국, 캐나다 등 통신 선진국은 무선 CATV 전송, VOD 등 멀티미디어 서비스 전송을 위한 LMDS 구축에 많은 노력을 기울이고 있다[1].

LMDS는 28 GHz 대역의 마이크로파를 이용하여 지구국과 고정 가입자간 음성 및 데이터, 영상 등을 양방향으로 전송하는 무선통신 기술이다. 이와 같은 대역을 주파수 대역폭이 크기 때문에 멀티미디어 서비스에 적합한 대용량의 데이터를 전송할 수 있다. 디지털 LMDS는 최대 2 GHz의 대역폭을 제공할 수 있으며 HDTV를 위한 20 MHz 채널을 320개까지 전송할 수 있다. 그러나 LMDS는 상대적으로 높은 주파수 대역을 사용하므로 구현상 많은 어려움이 있다. 특히 시스템 설계 시 자유공간 및 강우에 의한 감쇠 특성, 변조 방식에 따른 비트 오류 및 호 블러킹을, 채널 효율 등은 고려되어야 할 중요 요소이다.

본 논문의 구성은 2장에서 LMDS의 손실 특성 및 셀

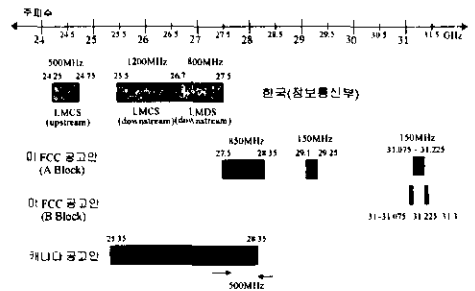


그림 1. 국내의 주파수 할당 동향.

마이크로파 대역에서의 무선 시스템 설계의 주요 고려 사항은 프레넬, 자유 공간 손실, 강우 감쇠 등이다. 마이크로파 대역에서의 전파는 직선 뿐만 아니라 곡선으로 진행되는 경로를 갖는다. 이 때 직선 경로와 차이가 반파장이 되는 곡선 경로까지의 범위를 제 1 프레넬 영역이라 하고 파장과 동일한 범위를 제 2 프레넬 영역이라 한다. 28 GHz 대역을 사용하는 LMDS는 파장이 짧기 때문에 90% 이상의 에너지가 제 1 프레넬 지역 내에 집중되어 있다. 따라서 LMDS는 프레넬을 제외한 자유공간 손실 및 강우 감쇠가 매우 중요한 요소가 된다.

자유 공간이란 전자파의 측면에서 장애물이 없는 이상

적 공간을 말하며 전자파가 전파되는 과정에서 흡수와 산란 등에 의한 손실이 발생한다. 이러한 자유 공간 손실은 다음과 같이 정의된다.

$$L_s = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

식 (1)에서 d는 거리(반경)를 λ는 파장을 나타낸다. 이 손실식을 데시벨(dB)로 표시하면 자유 공간 손실은 식 (2)와 같다.

$$L_s = 20 \log \frac{\lambda}{4\pi d} \quad (2)$$

그림 2는 사용 대역별로 거리에 따른 손실률을 비교하여 나타내었다.

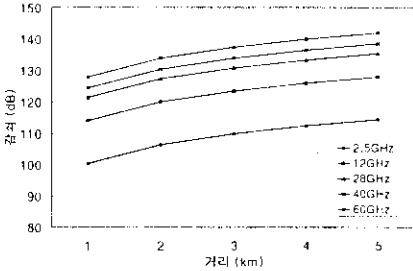


그림 2. 대역별 손실특성.

그림 2에서와 같이 LMDS의 서비스 지역을 반경 5km로 한정하고 28GHz를 사용한 경우 최대 135.4dB의 손실이 발생한다.

20 GHz 이상의 주파수대를 이용한 무선 방식은 페이딩보다는 강우, 강설, 대기, 및 안개에 의한 감쇠가 문제가 된다. 그 중 대기 및 안개에 의한 감쇠가 마이크로파 대역에서는 적기 때문에 강우 감쇠만을 고려한다. LMDS의 강우 감쇠 A는 ITU-R 예측 모델에 의하면 시간율이 0.01%인 경우 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$A = \alpha R^\beta \frac{90d}{90 + d} \quad (3)$$

식 (3)에서 28 GHz인 경우의 α는 0.162이며, β는 1.037, R은 강우 강도(mm/h)이다. 현재 대부분의 나라에서 사용하고 있는 강우 강도(mm/h)란 n분 강우량을 1시간 당 양으로 환산한 것이다[3]. 그리고 시간율 p(%)에 해당하는 강우 강도가 x_p(mm/h)라 하면 강우 강도가 x_p(mm/h)이상인 기간이 전체 시간의 p(%)에 해당한다는 의미이다.

셀의 크기는 식(2)와 식(3) 및 자유 공간 손실과 강우 감쇠를 더한 링크 budget에 의하여 결정된다. 표 1은 사용 주파수가 28 GHz이고 150 dB 미만의 링크 budget 하에서의 강우 감쇠 및 셀 크기를 강우 강도에 따라 나타내었다.

표 1. 강우감쇠 및 셀크기

강우강도(mm/h)	강우감쇠(dB/km)	셀반경(km)
5	0.56	12.2
10	1.30	8.0
25	3.86	4.1
50	8.46	2.4
100	18.08	1.4

ITU-R 권고안에 의하여 LMDS의 채널 이용률은 99.9% 이상이어야 한다. ITU-R[4]에서 우리나라의 강

우량은 세계 지역을 강우대로 구분할 경우 일본과 같은 K지역에 해당되며, 시간율 0.01%에 해당하는 강우 강도가 42(mm/h)라고 모두 동일하게 추정하고 있다. 하지만 실제 국내 측정 결과는 표 2에 보여준 강우 강도와 같다. 이 결과는 84년에서 93년까지의 자료를 근거로 시간율 0.01%에 해당하는 강우강도의 평균값이다 [5]. 강우 강도가 지역별로 상당한 편차가 있음을 알 수 있다. 즉 광주 지역은 국내 평균보다 큰 값을 보이고 대구 지역은 상대적으로 낮은 값을 보이고 있다.

표 2. 국내 주요도시의 강우 강도와 셀반경

지역(강우강도(mm/h))	강우감쇠(dB/km)	셀반경(km)
서울(50.8)	8.60	2.4
부산(50.9)	8.62	2.4
대구(32.6)	5.22	3.5
광주(56.8)	9.73	2.2
대전(46.1)	7.71	2.6
국내 평균(43.7)	7.27	2.7
ITU-R(42.0)	6.95	2.8

따라서 국내의 LMDS 셀 반경은 링크 budget이 150dB 미만일 때, 표 2에서 보는 것처럼 2.2km에서 3.5km로 결정된다. 하지만 국내의 강우 강도가 계절에 따라 심한 편차를 보이므로 이 점 또한 고려하여 셀 반경이 결정되어야 한다.

3. LMDS의 오율 분석

비트의 오율은 변조 방식에 민감하다. 변조 방식은 크게 AM, FM과 같은 아날로그 변조와 QPSK, QAM과 같은 디지털 변조 방식으로 나눌 수 있다. LMDS에서는 아날로그 변조 방식이 낮은 주파수 효율과 다중경로 손실, 잡음 그리고 간섭에 상당히 민감하기 때문에 디지털 변조 방식을 사용한다. 특히 디지털 변조 방식 중에서도 LMDS는 스펙트럼 효율이 좋은 QAM방식이 선호되고 있다. 그러나 QAM방식은 다른 방식에 비해 전력 요구치가 높으며 채널 왜곡 및 간섭 등 외부 영향에 민감하다는 단점을 갖는다.

QAM 방식의 비트 오율은 식(4)와 같이 계산된다[6].

$$P_E = \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q \left(\sqrt{\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1}} \frac{2E_b}{N_0} \right) \quad (4)$$

여기서 Q는 상보 오율 함수라고 하며 식 (5)와 같다.

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \quad (5)$$

그림 3은 변조 방식에 따른 비트 오율을 보였다.

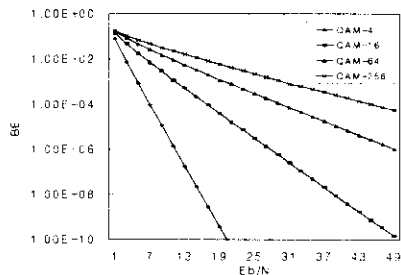


그림 3. 변조방식에 따른 비트오율.

그림 3과 같이 스펙트럼 효율이 좋은 QAM 64나 QAM 256을 사용할 때 강력한 오류 정정 능력이 요구된다.

한편 DAVIC에서는 LMDS에서 MPEG2-TS를 전송할 때의 프레임 구조와 ATM 셀 전송 시 프레임 구조를 제시하고 있다. 그 중 무선 구간에서 ATM 패킷을 전송을 위한 상향 프레임 구조를 그림 4에 나타내었다 [7].

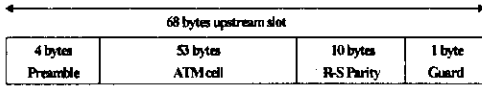


그림 4. ATM 셀의 상향 프레임 구조.

DAVIC이 제시한 그림 4의 상향 프레임은 또한 오류 정정 코드로 RS(63, 53, t=8)를 사용한다. 이러한 구조에서 프레임 폐기율은 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$P_F = \sum_{i=1}^A \binom{A}{i} P_E^i (1 - P_E)^{A-i} \quad (6)$$

여기서 A는 프레임의 총 비트수이다. 그림 5에 변조 방식에 따른 프레임 폐기율을 나타내었다.

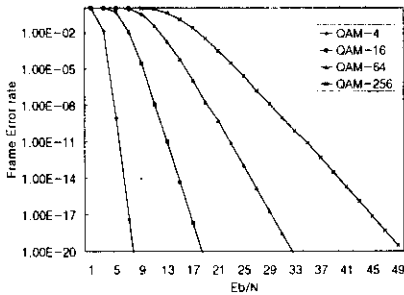


그림 5. 변조방식에 따른 프레임 폐기율.

그림 5에서 QoS가 높은 서비스를 수용할 경우, Eb/N을 높게 하여 QAM 64나 QAM 256을 사용해야 한다.

4. 디지털 LMDS 채널 용량 분석

디지털 LMDS의 채널 용량 분석을 위해서 표 3과 같은 파라미터를 정의한다.

표 3. 채널모델 분석을 위한 파라미터

파라미터	의 미
N	전체 사용자 수
C	총 이용 가능한 채널의 수
D	연결 지속시간
λ_e	각 사용자에게 대한 도착율
λ	전체 도착율 ($\lambda = N * \lambda_e$)
μ	서비스율 ($\mu = 24 / D$)

그림 6은 채널의 수가 C개인 LMDS의 상태 천이 모델이다.

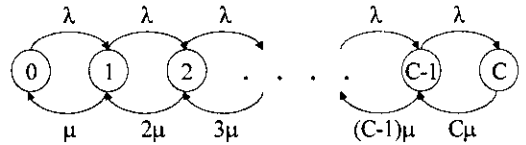


그림 6. LMDS 채널에 대한 상태천이도.

그림 6을 이용하여 블리킹 확률 P_B 는 식 (7)과 같이 구할 수 있다.

$$P_B = \frac{a^c}{c!} / \sum_{i=0}^c \frac{a^i}{i!} \quad (7)$$

식 (7)에서 입력부하 a 는 λ/μ 이다. 블리킹 확률 P_B 가 주어지면 LMDS 시스템에서의 실제 도착율 λ_a 를 식 (8)과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_a = \lambda (1 - P_B) \quad (8)$$

사용중인 채널의 평균 수 N_B 는 식 (9)와 같다.

$$N_B = \lambda_a \frac{1}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} (1 - P_B) \quad (9)$$

식 (10)을 이용하여 채널 이용률 U를 구할 수 있다.

$$U = \frac{N_B}{C} = \frac{\lambda}{C\mu} (1 - P_B) \quad (10)$$

주파수 대역내의 채널 수는 신호의 압축 레벨, 전송에러의 정정 능력, 변조 방식의 스펙트럼 효율에 의해 결정된다. 본 논문에서는 VOD를 위한 LMDS 채널용량 분석을 위해 다음과 같이 가정하였다.

- LMDS의 VOD 대역 : 240MHz
- VOD 디지털 채널 속도 : 4Mbps [8]
- 사용자 수 : 600 명/셀
- 평균 서비스 지속시간 : 2시간 30분, 지수 분포

240MHz의 대역에서 각 변조 방식에 대한 채널 효율과 대역폭, 채널 개수의 관계는 표 4와 같다.

표 4. 변조방식에 대한 채널수

변조방식	스펙트럼효율	대역폭	채널수
QAM 4	1.5(bps/Hz)	360(Mbps)	90
QAM 16	3.5(bps/Hz)	840(Mbps)	210
QAM 64	5(bps/Hz)	1200(Mbps)	300
QAM 256	7(bps/Hz)	1680(Mbps)	420

그림 7은 각 사용자의 도착율에 대한 블리킹 확률을 나타내었다.

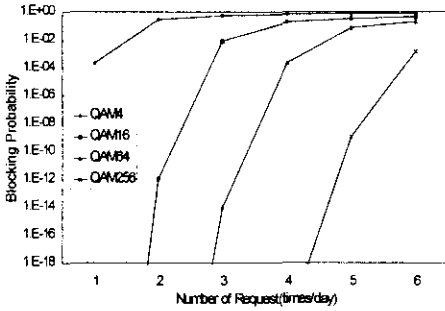


그림 7. 도착율에 대한 블럭킹 확률.

각 사용자의 도착율이 증가할수록 각 변조 방식에 대한 블럭킹 확률은 증가한다. 블럭킹 확률에 대한 목표값을 10^{-4} 라 할 때 QAM 4인 경우는 하루에 1회, QAM 16인 경우는 2.5회, QAM 64는 4회, QAM 256은 6회까지 각 사용자에게 서비스가 가능하다. 그림 8은 입력 부하에 따른 블럭킹 확률을 보였다.

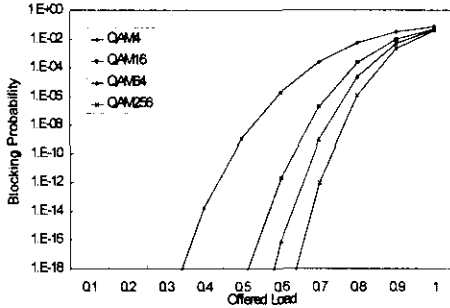


그림 8. 입력부하에 대한 블럭킹 확률.

입력 부하가 증가할수록 각 변조 방식에 대한 블럭킹 확률은 증가한다. 하지만 QAM 64나 QAM 256와 같은 변조 방식의 경우 입력부하가 증가할수록 블럭킹 확률의 증가율은 줄어들음을 알 수 있다. 그림 9에 입력부하에 대한 채널 이용률을 나타내었다.

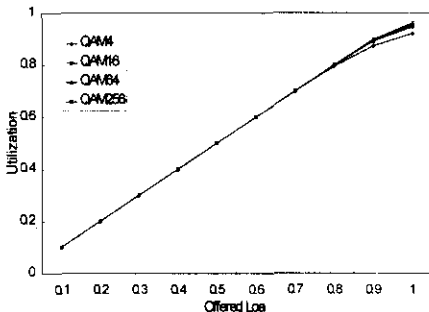


그림 9. 입력부하에 대한 채널 이용률.

채널 이용률의 관점에서 각 변조 방식이 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 그 이유는 각 방식에 대한 블럭킹 확률은 차이가 있지만 채널 이용률은 블럭킹 확률을 각 변조 방식이 제공할 수 있는 총 채널수로 나눈 값이기 때문이다. 즉 QAM 4는 만족할 만한 이용률을 보이고 있으나 상대적으로 적은 수의 채널을 제공하므

로 가입자수가 매우 제한됨을 의미한다. 그림 10은 입력 부하에 따른 채널의 효율을 QAM 256을 기준으로 비교하여 나타내었다.

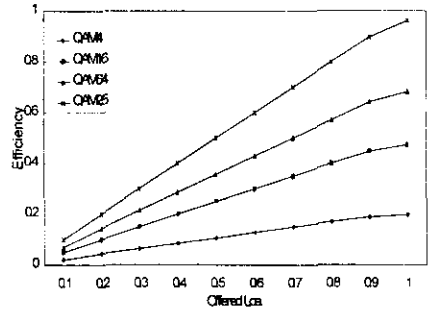


그림 10. 입력부하에 대한 채널효율.

QAM 256은 상대적으로 높은 채널효율을 보이고 있지만 QAM 256은 서비스의 QoS를 보장하기 위해 높은 신호품질(E/N) 및 강력한 오류 정정 기능이 요구된다.

5. 결론

유·무선 통합화의 개념으로 진행되는 통신망의 발전은 디지털 LMDS를 통해 영상, 음성 및 데이터의 전송과 관련된 다양한 멀티미디어 서비스를 무선으로의 적용이 가능할 것이다. 본 논문에서는 마이크로파 대역을 사용하는 LMDS의 자유공간 및 강우에 따른 감쇠특성을 분석하고, 이를 이용하여 국내 여건에 맞는 LMDS에서의 셀 크기를 제시하였으며 각 변조 방식에 대한 비트 오류율과 상향 프레임에 대한 폐기율을 분석하였다. 또한 채널 용량 분석을 위해 변조 방식에 따른 제공 채널 수, 호의 블럭킹율, 채널 효율 등의 결정 방법을 제시하여 이를 VOD 서비스에 적용하여 결과를 분석 고찰하였다.

참고 문헌

- [1] T. Manabe, T. Yoshida, A. Hashimoto, "High-speed, Broadband Microwave Access Network", ICC'91, pp. 1182-1186, June 1991.
- [2] 정보통신부 공고 제 1997-49호, "가입자 회선(WLL)용 주파수 분배", 1997년 4월.
- [3] CCIR, "Radiometeorological data", CCIR Vol. V, Report 563-4, pp. 103-146, 1990
- [4] ITU-R, "Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems", Rec. 530-535, 1994
- [5] 이형수, 신철호, "강우감쇠의 영향 분석을 위한 국내 각 지역의 강우강도 분포", 한국통신학회논문지 제 23 권 제 4호, pp. 1006-1015, 1998
- [6] I. Korn, "Digital Communication", Ban Nostrand Reinhold Company, New York, 1985.
- [7] DAVIC 1.2 Specification Part 8 'Lower Layer Protocols and Physical Interfaces', Digital Audio-Visual Council, 1997.
- [8] G. M. Stamatelos, D. D. Falconer, "Millimeter radio access to multimedia services via LMDS", Globecom '96 pp1603-1607, November 1996.