

# LMDS 시스템에서 기지국의 위치선정을 위한 CELL Planning 에 관한 연구

최광주, 염지운, 김동현, 박두일,곽옥문, 오성환, 이정률

LG 정보통신(주) 중앙연구소 이동통신연구단 이동통신기술

Choikj@lgic.co.kr

## A Study on Cell Planning applied to select the Location of the Base station on LMDS System

Kwang-joo Choi<sup>o</sup>, Ji-woon Yeom, Dong-hyun Kim, Du-il Park, Ok-moon Kwak, Seong-hwan Oh, Jeong-rhul Lee  
Mobile Communications Research Lab. LGIC

### 요약

LMDS 시스템을 이용하여 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 기지국의 위치 선정시 필요한 몇 개의 셀 모델에 대하여 동일채널간섭 현상에 대하여 분석하여 국내의 무선 멀티미디어 통신시스템의 기지국 지국을 위한 참고자료로 활용될 수 있도록 하였다.

### 1. 서론

정통부에서 추진하고 있는 초고속망구축사업과 관련하여 초고속망구축을 위한 다양한 통신시스템이 제안되고 있으며, 최근에는 이를 수용하기 위한 다양한 시스템이 선을 보이고 있는데, 유선망을 이용한 것과 무선망을 이용한 것이 있다. 전자의 유선망을 구축하여 가입자에게 다양한 멀티미디어 서비스를 수행하기 위한 방법으로는 기존의 가정까지 설치되어 있는 전화선로를 이용 xDSL 이라는 고속모뎀을 사용하여 멀티미디어 서비스를 제공하는 방법과, 가입자까지 동축선로를 설치하여 제공하는 방법(HFC:Hybrid Fiber Coax), 그리고 가입자까지 광섬유를 설치하여 광대역서비스를 제공하는 방법(FTTH:Fiber To The Home)이 있으며, 후자의 경우 가입자까지의 망을 무선화하여 제공하는 방법(HFR:Hybrid Fiber Radio), 그리고 Head-end 에서 기지국까지 광선로를 사용하고 기지국에서 가입자장치까지를 마이크로파대역의 주파수를 사용한 디지털방식의 LMDS 시스템 등이 있다. 특히, 통신사업자들은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 수단으로 Digital LMDS 시스템에 대한 선호도가 높게 나타나고 있다. 이는 마이크로파대역의 넓은 대역폭을 사용하여 다양한 구조의 데이터를 수용할 수 있는 구조로 설계되어 있기 때문이다[3][4].

본 논문에서는 본문에서 Digital LMDS 시스템의 개요, 동일채널간섭 및 CI 특성을 설명하고 셀룰라시스템에서의 셀모델에 따른 동일채널간섭에 대한 분석방법에 대해 기술하고, LMDS 시스템에서 사용가능한 몇가지 셀모델을 제시하여 그에 대한 동일채널간섭 영향을 분석한 후 LMDS 시스템에 적합한 셀모델에 대하여 결론을 내리고자 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 LMDS 시스템 개요

##### 1) LMDS 시스템의 개념

LMDS란 Local Multipoint Distribution Service 의 약자로서, 멀티미디어통신을 위한 망구조에서 기지국과 가입자간의 통신로를 무선화 하여 단방향 무선 CATV 서비스 및 양방향 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 ATM 기반의 멀티미디어용 고정통신시스템이며, Head-end 장비, 기지국 장비 및 가입자장치로 구분된다. LMDS 시스템에서 사용되는 주파수대역은 26GHz 대역의 Microwave 를 사용하며, 이 주파수대역의 전파 특성상 손실이 크기 때문에 셀룰라 개념을 도입한 망구조로 운용된다. LMDS 시스템의 망구조도는 [그림 1]과 같다[4].

##### 2) LMDS 시스템의 용도

LMDS 시스템을 이용한 용도로는 Wireless CATV 서비스, Wireless Internet 서비스, 무선가입자망(WLL:Wireless Local Loop) 서비스, Home Shopping 서비스, Game On Demand 서비스, Karaoke On Demand 서비스, Video On Demand 서비스 및 영상의회의 서비스 등 양방향 멀티미디어서비스를 제공할 수 있다.

##### 3) LMDS 시스템의 특징

멀티미디어 서비스를 제공하기 위하여 LMDS 시스템을 도입할 경우, 그 특징에 대하여 살펴 보면 먼저, 가입자까지의 망구축을 무선화함으로써 유선망으로 구축할 때보다 설치비용이 저렴하고, 기지국과 가입자장치 사이에 무선으로 통신가능한 무선장치만 설치하면 되기 때문에 가입자망 설치를 위한 설치기간이 짧게 소요된다. 또한 TDMA/FDD 방식 및 ATM 방식을 도입하여 개발하였기 때문에 양방향 멀티미디어통신이 가능하고, 마지막으로 향후 이 LMDS 시스템은 미래의 초고속정보통신망을 구축하는데 있어서 무선망 구축을 위한 INFRA 로써 도입이 기대되는 시스템이기도 하다[4].

2.2 동일채널 간섭이란

LMDS 시스템에서 스펙트럼의 이용효율을 증대시키기 위해 주파수 재사용 방법은 유용하지만 동일한 주파수 채널을 다른 기지국에서도 중복 사용하기 때문에 항상 동일채널 간섭(Cochannel interference)에 대한 문제가 발생한다. LMDS 시스템에서 주파수재사용 패턴을 셀룰라 이동통신시스템에서와 같이 기지국에 무지향성 안테나를 사용하여 7셀 재사용 패턴(K=7)을 사용할 수도 있다. 그러나 이때의 동일채널 간섭의 감소 계수 q=D/R=4.6 이 되는데 이 값은 동일채널 간섭을 피하기 위한 충분한 값이 되지 못한다. 셀당 주파수 재사용기수 K를 7보다 크게 할 경우, 동일채널간섭은 감소되지만 셀당 채널의 수가 감소하게 되어 스펙트럼의 효율이 떨어지게 된다. 따라서 K=7의 주파수 재사용 패턴을 그대로 유지하면서 셀을 방사상으로 잘라 사용하는 것이 바람직하다. 이 기법은 동일채널 간섭을 경감시킬 뿐만 아니라 스펙트럼의 이용효율도 증가시킬 수 있다[5]

2.3 C/I 값에 의한 동일채널 간섭 분석

동일채널간섭 영향을 분석하기 위한 관계식은 다음과 같다.

1) 동일채널 간섭 경감 인자 : q  
 위식에서, q는 동일채널 간섭 감소 인자, K는 주파수 재

$$q = \frac{D}{R} = \sqrt{3K} = (6 \frac{C}{I})^{1/2}$$

$$\frac{C}{I} = (\frac{\sqrt{3K}}{6})^2$$

사용 패턴, r는 전파경로손실 기울기, C/I는 Carrier to Interference [dB] 이다.

2) 여러개의 지역셀에 의한 C/I 값

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-r}}{\sum_{k=1}^{K_1} D_k^{-r}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{K_1} (\frac{D_k}{R})^{-r}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{K_1} (q_k)^{-r}}$$

$$q_k = \frac{D_k}{R}$$

여기서, K<sub>1</sub>는 동일채널 간섭 기지국의 수이며 시스템에서의 값은 6이다. r는 전파경로손실 기울기로 1.8부터 6까지의 값을 가지나 본 논문에서는 비록 고정통신이지만 최악의 경우를 가정하여 4를 적용하였다. q<sub>k</sub>는 K번째 동일채널 간섭 기지국을 지닌 동일채널 간섭 감소인자이다. 상기식에 의해 기지국 또는 가입자장치에서 측정된 C/I 값이 18dB 이상이면 이 시스템은 적절하게 설계된 것으로 판단할 수 있으며, 이 값과 비슷하거나 작은 값으로 측정될 경우에는 동일채널 간섭에 문제가 있거나 기지국의 위치가 부적절하게 배치되었음을 의미한다. 실제 Field에서는 기지국의 위치가 완벽할 수 없고 지형의 구조가 불규칙하기 때문에 6dB Margin을 두어 최악의 경우에 대비한 C/I 값을 구하여 셀 Plan의 적절성을 판단한다[5].

2.4 기지국 및 가입자 모두 무지향성 안테나 사용, K=7에서의 동일채널간섭 영향 분석

[그림 2]와 같이 셀의 경계 R에 기지국이 있을 때인데 가

입자국과 6개의 동일채널 기지국간의 거리는 D-R이 2개, D가 2개, D+R이 2개 이다. 여기서

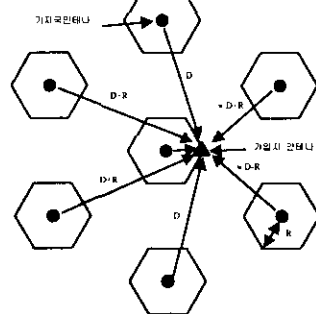
$$C \propto R^{-4} \quad I \propto D^{-4}$$

전파경로 감쇠 40dB/dec를 적용할 때의 반송파대 간섭비(C/I)는

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2(D)^{-4} + 2(D+R)^{-4}}$$

$$= \frac{1}{2(q-1)^{-4} + 2(q)^{-4} + 2(q+1)^{-4}}$$

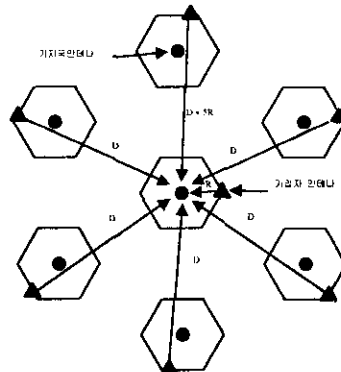
여기서 q=4.6을 대입하면, C/I=54 또는 17dB가 나오는데 이값은 18dB보다 적은 값이 된다. 실제 Field에서는 기지국의 위치가 완벽할 수 없고 지형의 구조가 불규칙하기 때문에 수신되는 C/I 값은 항상 17dB보다 나쁘며, 오히려 6개의 동일채널 기지국간의 거리를 모두 D-R로 가정해서 계산했을 경우의 14dB 또는 그 이하가 될 수도 있다. 실제 상황에서 이러한 현상은 흔히 발생될 수 있으므로 시스템 설계시에는 항상 최악의 경우로 가정하여 설계해야 한다. 결과적으로 LMDS 시스템의 망설계시 K=7의 주파수 재사용 패턴으로 기지국과 가입자장치의 안테나를 모두 무지향성으로 하였을 경우에는 동일채널 간섭 경감인자 q=4.6(K=7)은 불충분한 값이 되기 때문에 K=9 또는 K=12로 하는 것이 바람직하다.



[그림 2] 기지국/가입자 모두 무지향성 안테나 사용, K=4일 때 가입자가 받는 동일채널간섭 영향 분석

2.5 기지국에 무지향성 안테나 사용, 가입자 4° 안테나 사용, K=4에서의 동일채널간섭 영향 분석

1) 기지국에서의 동일채널간섭 영향 분석



[그림 3] 기지국 무지향성 안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=4일 때 기지국의 동일채널간섭 영향 분석

위의 2.4에서 계산한 바와 같이 전파경로 감쇄 40dB/dec 를 적용하면

$$C \propto R^{-4} \quad I \propto D^{-4}$$

이때의 C/I 값을 산출하면 다음과 같다.

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{6(D)^{-4}} = \frac{1}{6\left(\frac{D}{R}\right)^{-4}}$$

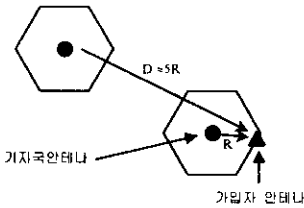
한편, K=4에서의 q 값을 구한 후 이 값을 C/I 식에 대입하여 계산하면

$$q = \sqrt{3K} = \sqrt{3 \times 4} = 3.46$$

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{6(3.14)^{-4}} = 24$$

또는 13.8dB가 된다. 이 값은 실제 환경에서는 기지국의 불완전한 위치 및 불규칙한 지형구조로 인하여 실제의 C/I 값은 13.8dB 보다 나쁘게 나타난다. 위 상황에서 K=4에서의 동일채널간섭 경감 인수 q=3.4이며, 이때 가입자가 지향성안테나를 사용하여 전파를 발사하고 기지국에서 무지향성 안테나를 사용하여 수신할 경우에는 양호한 수신을 위해 요구되는 C/I 값인 18dB에 못 미치기 때문에 불완전한 시스템 설계가 된다.

2) 가입자에서의 동일채널간섭 영향 분석



[그림4] 기지국 무지향성 안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=4일때 가입자의 동일채널간섭 영향 분석 (Worst Case)

가입자장치에 4°안테나를 사용하고 Cocell로부터 동일채널간섭을 받는 가입자는 최악의 경우 한 개의 기지국으로부터 동일채널간섭을 받을 가능성이 있는 것으로 [그림 4] 를 들어 설명할 수 있다. 여기서 Cocell까지의 거리 D는 약 5R로 대입할 수 있는데 이때의 C/I 값을 구하면 625 또는 27.9dB가 된다. 이 값은 멀티패스로 인한 Noise 성분에 대한 Margin 6dB를 고려한다 하더라도 21.9 dB가 되어 양호한 수신을 위한 최소한의 C/I 값 18dB를 초과하므로 동일채널간섭의 영향을 받지 않고 양호한 수신을 할 수 있는 것으로 계산된다.

2.6 기지국에 90° 안테나, 가입자 4° 안테나 사용,

K=4에서의 동일채널간섭 영향 분석

1) 기지국에서의 동일채널간섭 영향 분석

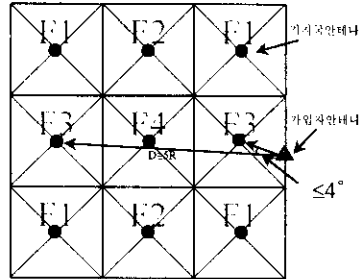
[그림 5]에서와 같이 주파수 재사용 패턴 K=4를 사용하고 기지국에 90° 안테나 사용 및 가입자안테나를 4° 안테나를 사용할 경우 기지국에서 받는 동일채널간섭 영향을 분석한다. 이때에 가입자장치의 송신출력은 최적의 상태로 출력되고, 기지국의 위치는 가입자안테나의 Beam 폭의 4° 이내에 포함되어 있는 경우를 가정하였다. 이때

의 기지국에서 받는 동일채널간섭의 영향을 분석하면 다음과 같다.

$$C \propto R^{-4} \quad I \propto D^{-4}$$

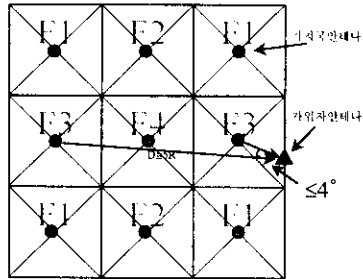
$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{D^{-4}} = \frac{R^{-4}}{(5R)^{-4}} = \frac{1}{\left(\frac{5R}{R}\right)^{-4}} = 625$$

또는 27.9 dB가 된다. 이 값은 양호한 수신을 위해 요구되는 최소한의 C/I 값인 18dB 보다 크게 나타나며, Field에서 발생가능한 조건을 고려한 Margin 6dB를 산입하여도 21.9dB가 되기 때문에 이 경우의 셀모델에는 기지국에서 가입자에 의한 동일채널간섭영향을 받지 않는다.



[그림5] 기지국 90° 섹터안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=4일때 기지국의 동일채널간섭 영향 분석 (Worst Case)

2) 가입자에서의 동일채널간섭 영향 분석



[그림6] 기지국 90° 섹터안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=4 일때 가입자의 동일채널간섭 영향 분석 (Worst Case)

[그림 6]에서와 같이 주파수 재사용 패턴 K=4를 사용하고 기지국에 90° 섹터안테나 사용 및 가입자안테나를 4° 안테나를 사용할 경우, 가입자가 받는 동일채널간섭 영향을 분석한다. 이때의 전제조건으로 기지국의 송신출력은 최적의 상태로 출력되고, 위치가 가입자안테나의 Beam 폭의 4° 이내에 포함되어 있는 경우로 가정한다. 이때의 가입자가 받는 동일채널간섭 영향은 [그림 6]을 참고하여 계산하면 앞에서 계산한 기지국에서의 C/I 값과 동일하게 나타난다. 따라서 이 경우에도 가입자는 Cocell에서 발생하는 동일채널 신호에 의한 간섭을 받지 않음을 알 수 있다.

2.7 기지국에 90° 안테나, 가입자 4° 안테나 사용,

K=1 일때 기지국의 동일채널간섭 영향 분석

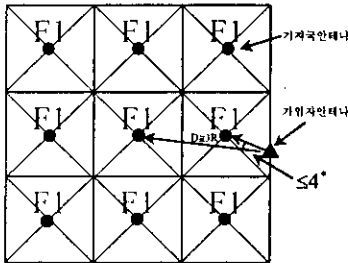
1) 기지국에서의 동일채널간섭 영향 분석

[그림 7]에서와 같이 주파수 재사용 패턴 K=1를 사용하고 기지국에 90° 섹터안테나 사용 및 가입자안테나를 4°

안테나를 사용할 경우 기지국에서 받는 동일채널간섭 영향을 분석한다. 이때의 전제조건으로 가입자장치의 송신 출력은 최적의 상태로 출력되고, 피측정 기지국의 위치는 가입자안테나의 Beam 폭의 4° 이내에 포함되어 있는 경우를 가정하였다. 이때의 기지국에서 받는 동일채널간섭의 영향을 분석하면 다음과 같다.

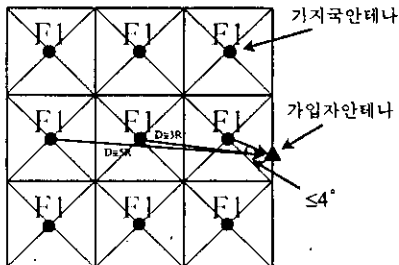
$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{D^{-4}} = \frac{R^{-4}}{(3R)^{-4}} = \frac{1}{\left(\frac{3R}{R}\right)^{-4}} = 80.9$$

또는 19.1 dB가 된다. 이 값은 양호한 수신을 위해 요구되는 최소한의 C/I 값인 18dB 보다는 큰 값이나, Field에서 발생 가능한 조건을 고려한 Margin 6dB를 산입하면 13.1dB가 되기 때문에 이 경우의 셀모델에서는 이웃 기지국에서 운용되는 다수의 가입자에 의해 기지국에서 동일채널간섭을 받는 것으로 나타난다.



[그림 7] 기지국 90° 섹터안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=1 일때 기지국의 동일채널간섭 영향 분석 (Worst Case)

2) 가입자의 동일채널간섭 영향 분석



[그림 8] 기지국 90° 섹터안테나, 가입자 4° 안테나 사용, K=1 일때 가입자의 동일채널간섭 영향 분석 (Worst Case)

[그림 8]을 참고하여 [그림 7]과 동일한 방법으로 가입자가 받는 동일채널간섭의 영향을 분석하면 다음과 같다.

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{(3R)^{-4} + (5R)^{-4}} = \frac{1}{\left(\frac{3R}{R}\right)^{-4} + \left(\frac{5R}{R}\right)^{-4}} = 71.7$$

또는 18.6 dB가 된다. 이 값은 양호한 수신을 위해 요구되는 최소한의 C/I 값인 18dB 보다는 큰 값이나, Field에서 발생 가능한 조건을 고려한 Margin 6dB를 산입하면 12.6dB가 되기 때문에 Cocell 기지국에 의해 가입자가 동일채널간섭을 받는 것으로 나타난다.

3. 결론

앞에서 분석한 결과와 같이 셀룰라시스템에서 사용되는 몇가지 셀패턴에 대하여 기지국 및 가입자가 받는 동일채널간섭의 영향을 분석해 보았다. 그리고 LMDS 시스템에 적용 가능한 몇 개의 셀모델에 대하여 기지국과 가입자장치의 몇가지 조건을 전제로한 동일채널간섭 영향을 분석해 보았다. 분석결과 LMDS 시스템에서 망설계시 적절한 셀패턴은 K=4, 기지국에 90° 섹터안테나를 사용하고 가입자가 4°의 지향각을 갖는 안테나를 설치하여 사용할 경우에 기지국 및 가입자 모두 동일채널간섭의 영향이 적음을 계산을 통해 분석할 수 있었다. 따라서 LMDS 시스템에서의 적절한 망설계방법은 K=4의 주파수 재사용 패턴을 적용하고, 가입자안테나가 4°의 지향각을 갖고, 기지국은 90° 지향각을 갖는 섹터안테나를 사용하여 설계하는 것이 적절하다고 판단된다. 향후 과제로는 각 기지국과 가입자안테나에 편파개념을 도입하였을 때의 시스템 성능분석을 하고자 한다.

4. 참고문헌

- [1] Doug Gray, "Optimal Cell Deployment for LMDS Systems at 28GHz", Wireless broadband TeleStrategies Conference, Washington, DC, July 15, 1996, HP
- [2] Doug Gray, "A Broadband Wireless Access System at 28GHz", Wireless Cable Europe, London, Feb. 28, 1996, HP
- [3] 최광주, 오인열, 이준서, 염지운, 오성환, "디지털 부선 CATV SYSTEM 개발구조에 관한 연구", '97 정보통신의 날 기념 학술발표회 논문집, 전자방송기술분야, p.188-p.197, 1997년 4월
- [4] 최광주, 염지운, 이준서, 라옥분, 오성환, "LMDS 시스템 기술 및 동향", JCCI'98, 멀티미디어 III(시스템), p.309-p.314, 1998년 4월
- [5] William C.Y.Lee, "Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems", McGraw-Hill

[그림 1] LMDS 시스템의 망 구성도

