

CDMA 이동통신시스템에 대한 케이블 방송 전송설비 누설전자파 영향 분석

Analysis of impact of CATV leakage on CDMA Mobile Communication Systems

박성균*, 한찬규**

Seong-Gyoon Park*, Chan-Kyu Han**

Abstract

In this paper, the leaky electric field intensity of outdoor CATV facilities on CDMA mobile service band defined in technical regulation related with CATV is investigated if appropriate or not. From experimental and theoretical analysis results, Maximum allowable power level of CATV leakage should be $-110\text{dBm}/1.23\text{MHz}$. Also, the CATV leakage intensity thresholds, which may not nearly give an impact on the uplink performance of CDMA mobile base station for outdoor background noise of $-100\sim-80\text{dBm}/1.23\text{MHz}$ to be measured in outdoor environment, couldn't conform to the current CATV technical regulation. Therefore, the leakage intensity in the current CATV technical regulation is rated as a too much low level in view of an overly worst case.

요약

본 논문은 현재 유선방송 기술기준에서 CDMA 이동통신서비스 대역의 누설전자파 기준이 적절한지를 검증하고자 하였다. 먼저, CDMA 2000 1X 기지국 장비를 통한 실험결과로부터 CDMA 이동통신 시스템의 최대 허용 간섭 레벨은 $-110\text{dBm}/1.23\text{MHz}$ 인 것으로 분석되었다. 이를 토대로 이동통신기지국에 거의 영향을 주지 않을 케이블 방송 옥외 전송설비의 누설 간섭전력의 임계레벨과 누설전자파 세기를 산출하였다. 일반적으로 옥외에서 측정되는 외부시스템의 배경 간섭레벨인 $-100\sim-80\text{dBm}/1.23\text{MHz}$ 에 대해서 허용될 수 있는 케이블 방송 설비의 누설전자파 임계치는 현행 유선방송 기술기준을 만족시키지 못하였다. 이것은 현행 기술기준이 지나치게 최악의 경우를 상정하여 설정되었음을 의미하므로 이동통신사업자의 실제적인 기지국 조건을 적용하여 합리적인 기술기준을 마련하여야 할 것이다.

Key words : leakage, CATV, CDMA mobile, threshold, technical regulation

1. 서론

케이블 방송은 지상파의 디지털화에 대응하고 고품질, 쌍방향 방송을 통한 다양한 시장 창출을 위해 케이블 고도화를 추진하고 있다. 이러한 추이를 반영하여 2004년 11월에 '유선 방송국 설비 등에 관한 기

술기준'을 디지털 케이블 방송이 가능하도록 개정하였으며, 아울러 하향대역을 기존 750MHz까지로 제한한 것을 864MHz로 확대하여 사용할 수 있도록 개정하였다. 이에 따라 하향대역에서 디지털 케이블 방송으로 허가된 일부 800MHz대역에서 시험 또는 본 방송이 서비스되고 있다.

그런데 이동통신사업자는 2004년의 기술기준에서 규정하고 있는 800MHz대역에서의 동축케이블의 누설전자파 기준(30m 거리에서 $15\mu\text{V}/\text{m}$)이 CDMA 이동통신 시스템의 표준에서 정하고 있는 최대 허용 간섭레벨을 넘어서므로 이동통신 기지국에 치명적인 영향을 주고 있다고 문제를 제기하였다.[1]

* 公州大學校 情報通信工學部

(School of Information and Communication Engineering,
Kongju National University)

★ 교신저자 (Corresponding author)

接受日:2011年 8月 2日, 修正完了日: 2011年 8月 25日

掲載確定日: 2011年 09月 2日

기술기준 상의 누설 전자파 수치를 결정하는 것은 외부 무선계 중에서 가장 민감한 시스템이 견딜 수 있는 레벨이 될 것이며, 결국 현재 상용화된 시스템 중 가장 민감한 시스템은 '800MHz 대역을 사용하는' CDMA 이동통신 서비스 시스템이 될 것이다. 예를 들어 잡음 지수에서의 기준온도인 $T_0 = 290K$ 에서의 잡음 전력 스펙트럼 밀도 N_0 의 값은 $4 \times 10^{-21} W/Hz$ 이며, 국제표준인 IS-97에서의 기지국 수신최소 신호 레벨은 $-119dBm/1.23MHz$ 이므로 전력 스펙트럼 밀도로 환산하면 약 $1 \times 10^{-21} W/Hz$ 이다. 즉, CDMA시스템은 일반적인 열잡음 정도의 미약한 신호에도 시스템의 성능이 영향을 받을 수 있을 정도로 예민한 시스템임을 의미한다.

2005년 현재 이동통신사업자가 제공한 자료에 따르면 구축된 국내 종합유선방송사업자(SO)의 수가 93개 구역에 119개이며, 설치된 전송망 중에서 864MHz 대역까지 커버하는 비율은 50%를 상회한다. 이동통신사업자의 자체 분석으로는 광역시나 대도시의 경우 기지국으로부터 반경 30m 이내에 설치된 케이블 방송 전송망 핵심 설비가 전체 설비 중 75%를 상회하며, 이 시설들 중 노후한 경우 방사되는 누설 전자파로 인해 기지국 호 소통율이 기준치보다 낮아지는 현상이 있다.

이에 따라 2007년에 유선방송 기술기준을 개정하면서 CDMA 이동통신시스템과의 양립성을 고려하여 누설전자파 기준이 $3\mu V/m(10m \text{ 거리})$ 로 강화되었다.[2] 그러나 이 기준이 지나치게 강화되어 준수하기 어려운 기준치라는 의견이 대두되고, 또한 실제 구축된 옥외 설비의 기준 적합 여부를 판정하기 위한 시험 구성이 매우 어려울 정도의 기준치이므로 보다 실질적인 수준으로 기준치를 완화하여야 한다는 견해가 제시되었다.

따라서 본 논문에서는 CDMA 이동통신 시스템에 영향을 주지 않는 보다 실질적인 케이블 방송 옥외 설비 누설전자파의 수치를 찾기 위해 실험적 측정 및 분석과 이론적 분석을 병행하여, 합리적인 기준값을 제시하고자 한다.

II. 본론

1. CDMA 이동통신 시스템에 대한 케이블 방송 설비 누설 전자파의 간섭 분석

가. 개요

이 실험은 누설되는 디지털 케이블 방송 신호가 CDMA 이동통신 기지국에 유입되었을 때 서비스 셀 내에 한 명의 사용자가 셀 가장자리에 위치한다는 조건하에서 수행된다. 유입되는 케이블 방송 간섭신호 레벨을 증가시키면서 상향링크에서 기지국의 FER(Frame Error Rate)나 단말기 출력 레벨의 증가 추이를 측정하게 된다.

본 측정 실험에서 측정하고자 하는 대상은 크게 다음과 같은 두 가지이다.

- 전력제어 오프 상태에서 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 FER 변화
- 전력제어 동작 상태에서 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 단말기 출력 레벨 변화

전력제어 오프 상태에서의 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 FER 변화를 측정하는 이유는 이동통신 시스템의 최악의 경우(Worst case)를 가정하기 위한 것으로 단말기가 기지국 커버리지 경계에 위치한 경우를 가정하여 이 상황에서 이동통신 시스템 상향링크 성능에 기준 이상의 악영향을 주는 케이블 방송 신호의 간섭레벨을 찾고자 하는 것이다.

또한 전력제어 동작 상태에서의 실험은 케이블 방송 신호 간섭레벨의 증가에 따른 단말기 출력의 증가 패턴을 구함으로써 전력제어 오프 상태에서와 마찬가지로 상향링크 성능 악화에 따른 단말기 출력이 의미 있게 변화할 때의 케이블 방송 신호 간섭레벨을 알고자 하는 것이다. 일반적으로 CATV 옥외 전송설비는 기지국에 가까이 위치하고, 단말기와는 상대적으로 멀리 떨어져 있으므로 CATV 옥외 전송설비의 누설 전자파가 기지국 하향링크에는 거의 영향을 주지 않을 것이기 때문에 실험과 분석을 수행하지 않는다.

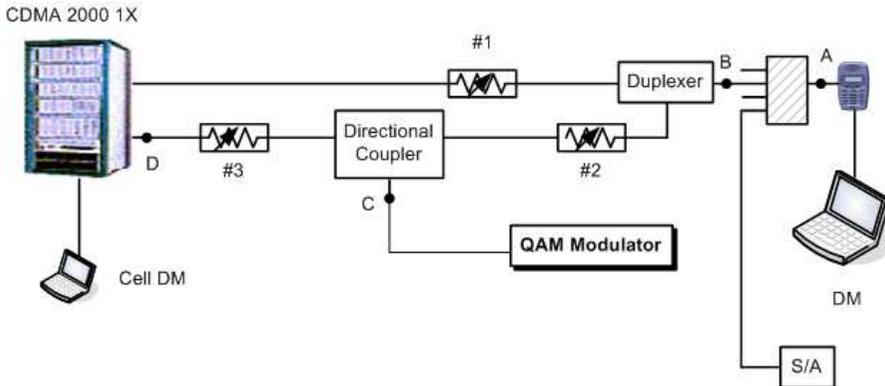


Fig. 1 Experimental Set-up for interference analysis of cable TV leakage against Mobile system
 그림 1 케이블 방송 신호의 이동통신 시스템 간섭 영향 분석 실험 구성도

나. 측정 시험 구성도 및 방법

통해 읽어서 기록한다.

(1) 구성도

실험을 수행하기 위한 구성도는 다음 <그림1>과 같다. 실험은 CDMA 2000 1x 기지국 장비를 이용하여 수행되었다.

(2) 측정 시험 방법

- o 전력제어 오프 상태에서 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 FER 측정
 - 외부간섭신호가 없는 상태에서 3개의 감쇄기 (#1, #2, #3)를 적절히 세팅한 후, cell balancing을 맞추고, 밸런싱이 이루어진 상태에서의 단말기 출력을 기록한 다음 전력제어를 오프한다.
 - 이동통신 기지국에 대한 간섭신호로서 케이블 방송 테스트용 QAM변조 출력 신호를 입력시켜 레벨을 증가시키며 FER 변화값을 cell DM을 통해 읽어서 기록한다.
- o 전력제어 동작 상태에서 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 단말기 출력 레벨 변화 측정
 - cell balancing을 맞춘 다음 전력제어 동작 상태를 유지한 채 케이블 방송 테스트용 QAM 변조 출력신호를 입력시키고 #2(↓)와 #3(↑)의 감쇄기 값을 조절하여 실제 이동통신 기지국으로 입력되는 QAM변조 신호의 레벨 증가에 따른 단말기의 출력레벨을 단말기 DM을

- o 실험 장치에서의 구간별 경로손실
 - A-B 구간 손실은 전력 분배기에 의한 손실로서 6.25dB임.
 - B-D 구간 손실은 듀플렉서, 방향성 결합기, 연결 케이블에 의한 손실은 9.5dB이며 #2와 #3 감쇄기에 의한 감쇄 이득을 더한 것이 B-D구간의 경로손실이 됨.
 - C-D 구간 손실은 방향성 결합기에 의한 손실이 46.9dB이며 #3 감쇄기에 의한 감쇄 이득을 더한 것이 C-D 구간의 경로손실이 됨.

다. 측정결과

- o 전력제어 오프 상태에서 케이블 방송 신호레벨의 증가에 따른 FER 측정
 - Cell Balancing 상태에서의 단말기에 의한 기지국 입력 레벨
 - 단말기 출력 : -35dBm
 - #2와 #3 감쇄 이득 : -22dB, -48dB
 - A-B-D구간 손실 : -85.75dB
 - 단말기에 의한 기지국 입력 레벨 : -120.75dBm
 - Cell Balancing 상태에서의 QAM변조 신호의 기지국 초기 입력 레벨
 - QAM 변조기 출력 : -25.5dBm
 - #3 감쇄 이득 : -48dB

Table 1. Base station QAM input level vs. FER in case of power control off
 표 1. 전력제어 오프 상태에서의 QAM신호 기지국 입력레벨 vs 기지국 FER

QAM 레벨 (dBm)	-120.4	-118.4	-116.4	-114.4	-112.4	-110.4	-108.4	-106.4	-104.4	-102.4
FER(%)	0	0	0	0	0.1	0.3	8.5	45.0	97.2	Drop

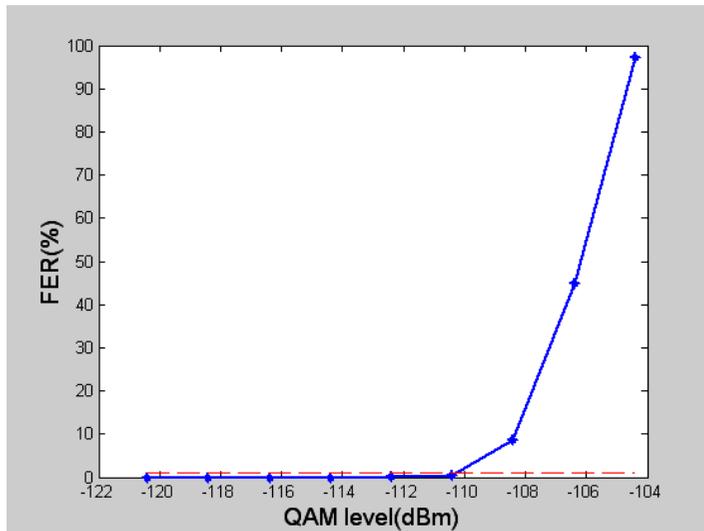


Fig. 2 Base station QAM input level vs. FER in case of power control off
 그림 2 QAM 변조신호 기지국 입력레벨 vs 기지국 FER(전력제어 오프 상태)

※ 점선은 IS97표준에 제시한 기지국의 성능 기준인 FER 1%

- C-D구간 손실 : -94.9dB
- QAM변조 신호의 기지국 초기 입력 레벨 : -120.4dBm
- QAM 변조신호 레벨을 2dB씩 증가시켜 기지국의 FER을 변화를 기록한 결과는 다음 표1과 같다.
- o 전력제어 동작 상태에서 QAM 변조 신호레벨의 증가에 따른 단말기 출력 레벨 변화 측정 결과

본 실험은 Cell balancing 상태에서 전력제어를 유지한 채 QAM 변조신호의 간섭레벨을 증가시키며 단말기 출력레벨을 측정하는 것이므로 cell balancing 상태에서의 감쇄기 조건, 단말기 출력레벨, QAM신호의 기지국 입력레벨 등은 앞선 실험의 결과와 동일하다.

전력제어 동작을 유지하면서 QAM변조신호의 레벨을 5dB씩 증가시켜 가며 측정된 단말기 출력레벨은

다음 표2와 같다.

라. 결과분석

이제 앞에서의 2가지 측정 실험결과를 분석하여 CDMA이동통신 시스템의 상향링크 성능을 보장할 수 있는 케이블 방송 신호 최대 허용 간섭 레벨을 얻고자 한다.

먼저, 전력제어 오프 상태, 즉 최악의 상태를 가정한 실험에서 기지국의 수신 FER이 1%이상으로 성능을 열화시키는 QAM신호의 간섭레벨은 약 -110dBm임을 알 수 있다. 다음으로 전력제어 동작 상태에서도 단말기의 출력레벨이 초기레벨에서 약 3dB정도 증가시키는 QAM신호의 간섭레벨도 약 -110dBm이었다.

따라서 기지국 섹터 안테나의 다이버시티 이득이 고려되지 않은 실험결과로부터 CDMA 이동통신 기지

Table 2. Base station QAM input level vs. mobile station output level in case of power control on
 표 2. 전력제어 동작 상태에서의 QAM신호 기지국 입력레벨 vs 단말기 출력 레벨

QAM 레벨 (dBm)	-120.4	-115.4	-110.4	-105.4	-100.4	-95.4	-90.4	-85.4	-80.4	-75.4
단말 출력 (dBm)	-35.0	-36.2	-32.1	-31.7	-27.7	-22.0	-17.0	-13.2	-7.6	-3.8

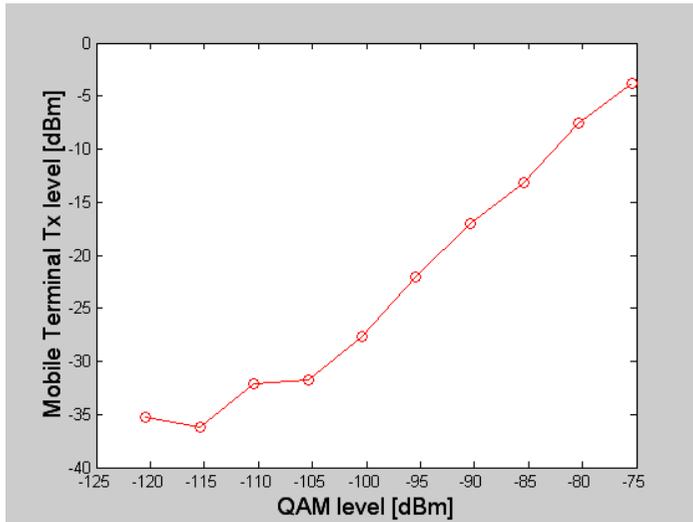


Fig. 3 QAM input level into base station vs. mobile station output level in case of power control on
 그림 3 기지국으로의 QAM 입력 레벨 vs 단말기 출력 레벨 (전력제어 동작 상태)

국의 상향링크 수신성능을 보장할 수 있는 케이블 방송 신호의 최대 허용 간섭 레벨은 -110dBm임을 알 수 있었다.

2. CDMA 이동통신 시스템의 외부시스템 간섭 증가에 따른 영향의 이론적 분석

본 절에서는 CDMA 이동통신 시스템이 외부시스템의 간섭에 의해 어느 정도의 영향을 받는지 분석하고자 한다. 특히, 외부시스템 간섭 레벨에 따라 셀 내의 사용자가 한 명 감소하게 되는 외부시스템의 간섭 증가분을 알아냄으로써 1절의 측정 실험 결과와 함께 실제적인 옥외 케이블 방송의 누설전자와 세기의 허용 범위를 합리적으로 예측하고자 하는 것이다.

잡음과 간섭에 의한 CDMA 이동통신 기지국 용량 변화에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다.[3][4][5][6] 이론적인 분석을 위해 이러한 기존 연구

들의 모델들을 바탕으로 상향링크 요구수신전력(P_r)과 외부시스템으로부터의 간섭전력의 상호 관계를 구하면, 다음 식으로 표현될 수 있다.

$$P_r = \frac{Wf_r(N+I_{ex})}{v(M_{pole} - M)} \tag{1}$$

여기서, $M_{pole} = \frac{Wf_r C_f}{vR(E_b/N_0)_{reqd}}$, $N = N_0 N_F$ 이고, 관련 파라미터의 물리적 의미는 다음과 같다.

- $(\frac{E_b}{N_0})_{reqd}$, 서비스를 위해 요구되는 BER 값, dB
- N_0 : 열잡음 전력 스펙트럼 밀도, dBm/Hz
- N_F : 기지국 수신기의 잡음 지수(Noise Figure)
- I_{ex} : 외부 시스템의 간섭전력 스펙트럼 밀도, dBm/Hz
- P_r : 상향링크 요구수신전력, dBm
- M : 주어진 셀 내의 사용자 수

- v : 음성 활성화율(voice activity), 0.5~0.6
- W : CDMA 이동통신시스템 동작 대역폭
- f_r : 주파수 재사용율
- C_f : 안테나 이득, 케이블 손실, 페이딩 마진 등을 포함한 복합 인자(compounding factor)
- R : 트래픽 채널 데이터 전송율, bits per second

외부시스템 간섭전력이 I_{ex} 이고 상향링크 요구수신 전력이 P_r 인 M 명의 사용자가 한 셀 내에 있을 때 사용자수를 1명 감소시킬 수 있는 외부시스템 간섭전력 증가분을 식(8)을 이용하여 구하면 다음 식과 같다.

$$\Delta I_{ex} \times W = \frac{vP_r}{f_r} \quad (2)$$

위의 식을 통해 사용자수를 1명 감소시킬 수 있는 외부시스템 간섭전력 증가분은 요구수신전력에 비례함을 알 수 있다. 식(8)을 연계하여 함께 고찰해 보면, 외부시스템 간섭전력이 높아서 요구수신전력이 높다면 가입자수를 1명 감소시킬 수 있는 간섭전력 증가분도 높아지게 된다. 외부시스템 간섭전력이 낮아서 요구수신전력이 낮다면 반대가 될 것이다. 이 관계를 보다 정량적으로 알아보기 위해 식 (1)과 (2)를 이용하여 계산한 결과를 그림4에 나타내었다. 이 계산한 적용한 수치는 표3과 같다.

Table 3. Applied value of parameters
표 3. 파라미터별 적용 수치

파라미터	적용수치	파라미터	적용수치
$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{reqd}$	5dB	f_r	0.5
N_F	8dB	v	0.55
W	1.23MHz	R	9600bps
C_f	1dB	-	-

그림4의 그래프에서 보는 바와 같이 외부시스템 간섭 레벨이 높을수록 사용자수를 1명 감소시키는 외부 간섭레벨의 증가분도 커지게 된다. 특히, 외부 총 간섭레벨이 -100dBm을 넘어서면 그 증가분이 외부 총 간섭레벨에 선형적으로 비례하여 커짐을 볼 수 있다.

그리고 외부 총 간섭레벨이 -110dBm 이하일 경우에는 간섭레벨 증가분이 그다지 크지 못하다. 따라서

2장의 측정실험은 셀 내에 1명의 사용자를 가정한 것이므로 그림4의 2% loading에 해당하는 그래프에 해당하는 것으로, 측정실험 결과로 도출된 -110dBm의 외부 총 간섭레벨에서 1명의 사용자가 감소할 수 있는 간섭레벨의 증가분은 -120dBm보다 작으므로 결과적인 총 간섭레벨은 -110dBm에서 거의 증가하지 않게 된다.

그런데 기존 연구에서 실제 옥외에서 측정된 800MHz 대역에서의 외부시스템 간섭레벨 측정 실험 결과를 살펴보면 지역에 따라 -100dBm부터 -70dBm 까지 분포하는 것을 볼 수 있다.[7] 물론 이 간섭레벨은 순전히 케이블 방송 설비에서 누설된 신호에 기인한 것은 아니지만 CDMA 이동통신시스템 입장에서 다양한 외부시스템으로부터의 총 간섭이 일정 레벨인 상태에서 사용자수의 감소를 가져오는 케이블 방송 누설 신호의 레벨을 추정하는 것이 현실적인 방법일 것이다.

또한, 셀 내의 loading율이 평균적으로 50%라고 가정하고 사용자수 감소를 가져오는 임계 간섭레벨을 구하는 것이 합리적일 것이다.

따라서 실제적으로 CDMA 이동통신시스템의 성능을 합리적으로 보장할 수 있는 케이블 방송 설비 누설 전자파 레벨은 2장의 측정결과에 의한 -110dBm을 기준으로 하여 그림4의 50% loading 그래프에서 외부시스템 총 간섭레벨에 따른 간섭레벨의 증가분을 더함으로써 구할 수 있을 것이다. 이러한 배경은 2장의 측정실험이 셀 내에 1명의 사용자만 있는 조건으로 수행된 결과이지만 이동통신 기지국 용량에 영향을 주는 외부 간섭 임계레벨이 셀 loading율에 거의 무관하기 때문에 논리적으로 타당하기 때문이다.[7] 이상의 분석 결과를 수식으로 표현하면 식(10)과 같으며, 그 계산 결과는 다음 표4와 같다.

$$P_{CATV, leakage} [dBm] = 10 \log_{10} \left((10^{\frac{\Delta [dBm]}{10}} + 10^{-14}) / 10^{-3} \right) \quad (3)$$

여기서, $P_{CATV, leakage}$ 는 CDMA 이동통신시스템 기지국 사용자수를 감소시키는 케이블 방송 설비 누설 전자파의 임계레벨을 의미하고, Δ 는 식(9)에 의해 계산된 그림4의 그래프에 의한 1명의 사용자수 감소를 일으키는 간섭레벨을 의미한다.

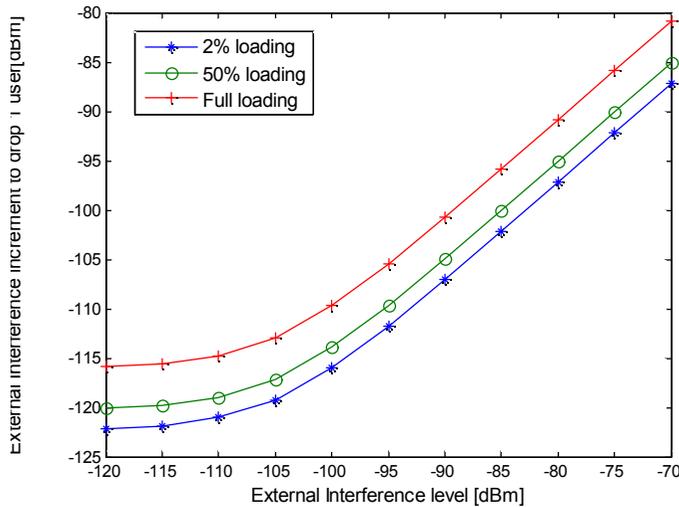


Fig 4. External interference increment to drop 1 user corresponding to external (total) interference level

그림 4. 외부시스템 간섭 총 레벨에 따른 사용자 1명 감소 외부 간섭레벨 증가분

Table 4. Cable leakage threshold level to reduce user capacity of CDMA base station

표 4. 케이블 방송 설비 누설전자파의 CDMA 이동통신시스템 기지국 사용자수 감소 임계레벨 (50% loading을 기준)

$I_{ex} \cdot W^a$ [dBm]	$\Delta I_{ex} \cdot W^b$ [dBm]	$P_{CATV, leakage}$
-110	-118.95	-109.48
-100	-113.91	-108.52
-90	-104.95	-103.77
-80	-95.07	-94.94
-70	-85.09	-85.07

- a) 케이블 방송 누설신호를 제외한 외부시스템의 총 간섭전력 레벨을 의미함
- b) 기지국 사용자 1명을 감소시킬 수 있는 케이블 방송 누설전자파의 레벨 증가분을 의미함

3. CDMA 이동통신시스템 성능 보장을 위한 CATV 전송설비 허용 누설 전자파 세기

2장에서 제시한 실험결과를 토대로 우리가 알 수 있는 것은 IS-97 표준에서 제시한 기지국 FER을 1% 이하로 보장할 수 있는 케이블 방송 신호의 간섭 임계(최대 허용) 레벨은 외부시스템의 간섭레벨에 따라 표 3에 제시한 바와 같은 범위를 가질 수 있다.

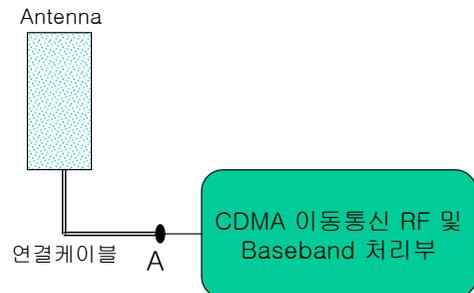


Fig 5. Configuration of CDMA base station

그림 5. CDMA 이동통신 기지국 구성

이러한 간섭 임계레벨을 전자파세기로 변환하는 과정은 다음과 같다. 누설 신호에 의한 수신 전력레벨 값을 P_A (그림3의 A점), 연결케이블 손실은 C_l , 그리고 안테나에서 직접 출력되는 전력레벨을 P_{Ant} 라 가정하면,

$$P_{Ant} [dBm] = P_A [dBm] + C_l [dB] \tag{4}$$

안테나의 특성 임피던스를 50Ω 이라 가정하고, 안테나에 수신되는 실제 누설 전계 세기를 E 라 하고 측정 에 사용된 안테나의 안테나 팩터(Antenna Factor)를

AF라 하면,

$$V_{Ant}[dB\mu V] = P_{Ant}[dBm] + 107 \quad (5)$$

$$E[dB\mu V/m] = V_{Ant}[dB\mu V] + AF[dB/m] \quad (6)$$

AF는 이동통신 기지국 안테나의 특성으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.[8][9]

$$\eta_{mismatch}[dB] = 10\log_{10}\left(\frac{1}{1-|\Gamma|^2}\right) \quad (7)$$

$$\eta_{eff}[dB] = 10\log_{10}(1/eff(\%)) \quad (8)$$

$$G_R[dB] = G[dB] - \eta_{eff}[dB] - \eta_{mismatch}[dB] \quad (9)$$

$$AF[dB/m] = 20\log_{10}(f[Mhz]) - G_R[dB] - 29.77 \quad (10)$$

여기서 *eff*는 안테나의 효율을 의미하며, Γ 는 반사계수, *G*는 안테나 이득이다.

이동통신용 기지국 안테나의 이득이 15이고, 안테나의 효율이 98%, 반사계수 크기가 0.1, 적용 최소주파수가 824MHz라고 하면, 식(7)~(10)으로부터 AF=13.7으로 계산된다. 따라서 구해진 AF(antenna factor)을 적용하고 안테나 연결 케이블의 손실이 3dB라고 가정하여 이동통신 시스템의 허용 최대 간섭 레벨 -110dBm에 상응하는 누설 전자파 세기를 식(4)~(6)을 통해 구하면 4.8μV/m(13.7dBμV/m)이다. 이러한 방법으로 표4의 임계레벨에 대한 누설전자파 세기를 계산한 결과가 표5에 제시되었다.

현재 유선방송 기술기준에서 정하는 CDMA 이동통신서비스 대역(824~849MHz)의 누설전자파 세기는 3μV/m(10m 거리)이다. 이 기준에 따르면 표5에서 제시된 누설전자파 세기를 갖는 케이블 방송 전송설비는 실제 주어진 외부시스템의 통 간섭전력을 감안할 때 이동통신시스템에 거의 영향을 주지 않음에도 불구하고 부적합한 설비로 판정될 수밖에 없다.

물론 표4과 표5의 수치들은 이동통신서비스 기지국의 사양, 즉 안테나 이득, 다이버시티 이득, 잡음지수, 그리고 간섭 마진 등의 다양한 파라미터를 고려할 때 변동의 여지는 있다.

Table 5. Cable leakage intensity compatible with CDMA system

표 5. CDMA 이동통신시스템 성능 보장을 위한 케이블 방송 설비 누설전자파 세기

$I_{ex} \cdot W$ [dBm]	누설전자파 세기	
	dBuV/m	uV/m
-110	13.76	4.88
-100	14.72	5.45
-90	19.47	9.41
-80	28.30	26.02
-70	38.17	81.01

그러나 일반적으로 옥외에서의 외부시스템에 의한 간섭레벨이 -100~-80dBm 범위를 가진다는 것을 감안한다면, 현재의 누설전자파 기준은 지나치게 최악의 상황만 고려한 수치로 볼 수 있다.

또한, 옥외에서 케이블 방송 전송설비와 CDMA 이동통신서비스 기지국 설비와의 거리가 보편적으로 10m 근처인지도 검증되어야 할 것이다. 왜냐하면 똑같은 누설전자파 수치라 할지라도 설비간 거리에 따라 그 의미가 달라지기 때문이다. 만약 기준 상에 명시된 거리가 멀어진다면 실제 케이블 방송 전송설비에서 운용될 수 있는 전력레벨이 증가될 수 있기 때문이다. 이러한 거리문제에 대한 검증은 본 논문에서 다루지는 않는다.

III 결론

2000년대에 들어서면서 디지털 케이블 방송이 본격적으로 서비스되어 전송설비를 통해 800M대역의 신호가 인가되어 발생하는 누설 전자파가 지리적으로 인접한 CDMA 이동통신 시스템에 영향을 미치게 되었다. 이에 따라 케이블 방송 전송설비에 대한 누설 전자파 기준이 강화되었는데, 그 기준이 적절한지를 검증하기 위하여 CDMA 이동통신 시스템의 성능을 보장할 수 있는 합리적인 간섭레벨에 대해 실험과 이론적 분석을 통해 규명하고자 하였다.

먼저, CDMA 2000 1X 기지국 장비를 통한 실험결과로부터 CDMA 이동통신 기지국 수신 성능을 보장하기 위한 케이블 방송 누설신호의 최대 허용 간섭레벨은 -110dBm인 것으로 분석되었다.

이를 토대로 CDMA 이동통신시스템의 성능과 관련된 이론적인 모형을 통해 외부시스템의 총 간섭전력을

고려하여 이동통신기지국에 거의 영향을 주지 않을 케이블 방송 옥외 전송설비의 누설 간섭전력의 임계레벨을 계산하였다. 그 계산 결과를 토대로 이동통신 기지국의 조건에 따른 누설전자파 세기를 산출하였다.

실험과 이론적 모형을 통해 도출된 누설전자파 세기는 어떠한 외부시스템 간섭레벨의 경우에 대해서도 현행 유선방송 기술기준을 만족시키지 못하였고, 이는 현행 기술기준이 지나치게 최악의 경우를 상정하여 설정된 것으로 판단된다.

따라서 현행 유선방송 기술기준에 대해 이해당사자인 이동통신사업자의 기지국 조건을 보다 엄밀하게 적용하여 합리적인 기술기준을 도출하고, 실제적인 옥외에서의 두 전파통신 서비스 설비간 거리를 검증하여 보편 타당한 기술기준이 마련되도록 하여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] "유선방송국설비등에관한기술기준", 방통위 고시 제 2004-63호, 2004
- [2] "유선방송국설비등에관한기술기준", 방통위 고시 제 2009-29호, 2009
- [3] Gilhousen, Klein S., Irwin M. Jacobs, Roberto Padovani, Andrew J. Viterbi, Lindsay A Weaver, Jr., and Charles E. Wheatley, "On the Capacity of a Cellular CDMA System", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. 40, No. 2, May 1991.
- [4] Mona Jaber, Syed Ammar Hussain, and Adel Rouz "Modified Stochastic Knapsack for UMTS Capacity Analysis", *FUSITSU Sci. Tech. Journal*, Vol.38, No.2, pp.183-191, 2002.
- [5] Settapong Malisuwat, Amorn Ieamgusonkit, and Klaharn Rosesukon, "Uplink Capacity of All-Packet-Service WCDMA Mobile Internet Systems in EMI Environment", *Proc. IEEE Int. Symp. Electromag. Compat. Japan, 2004*.
- [6] Zaher Dawy, Saronchan Jaranakaran, and Sanaa Sharafeddine, "Intercell Interference Margin for CDMA Uplink Radio Network Planning", *Proc. PIMRC, pp.2840-2844, 2004*.
- [7] 박성균, "800MHz 이동통신 대역에서의 유선방송 전송설비 누설전자파 측정방법에 관한 연구", 한국전기전자학회 논문지, Vol.15, No. 1, pp.1-9, 2011
- [8] "Interpreting antenna performance parameters for EMC applications: Part3: Antenna Factor", http://tdkrfsolutions.com/DataPDFs/antenna_paper_part_3.pdf
- [9] 김기채, 김동일, 명노훈, 박동철, 이영훈, "전자파환경공학", 대영사, 2001

저자 소개

박성균 (정회원)



1985년 : 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1987년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1994년 : 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1994년 9월~현재 : 공주대학교 정보통신공학부
 <주관심분야> 전파간섭, 이동통신, 신호처리

한찬규 (정회원)



1991년 : 관동대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 2001년 : 공주대학교 대학원 정보통신공학과 (공학석사)
 2011년 : 공주대학교 대학원 정보통신공학과 (박사과정)
 2005년 6월~현재 : (주) STA시스템
 <주관심분야> 전파간섭, 이동통신