800MHz 이동통신 대역에서의 유선방송 전송설비 누설전자파 측정방법에 관한 연구

A Study on Measuring Leaky Waves of Outdoor CATV Facilities in The Mobile Band

박 성 균*★
Seong-Gyoon Park*★

Abstract

Cable leakage criterion of technical regulations on CATV transmission system was reinforced considering interference against CDMA mobile communication system in 2007. The criterion is 3μV/m(at 10m) over 824~849MHz. But generally it is difficult for us to decide if a given CATV transmission facilities conform to it or not through simple measurement methods. In this paper, the problems on measuring cable leakage is identified theoretically and the measuring model with spectrum analyzer, LNA, and antenna is proposed to settle the problems. Also, the model is proved to be useful by practically measuring outdoors and analysing the results and the process to decide to fit to the criterion or not is established.

요 약

현재 유선방송 기술기준 상에서 CDMA 이동통신시스템에 대한 간섭을 고려하여 강화된 824~849MHz대역의 누설전자파 기준이 3μV/m(10m 거리)인데, 이를 실제 옥외에서 일반적인 측정방법으로 측정하여 적합여부를 판정하기 어렵다. 본 논문은 이러한 문제점을 이론적으로 규명하고, 이를 해결하기 위해 스펙트럼분석기, 저잡음증폭기(LNA), 안테나를 이용한 측정모델을 제안하였다. 또한, 실제 옥외에서 실험을 통해 측정한 결과를 분석하여 그 유용성을 입증하였고, 적합 여부를 판정하는 프로세스를 수립하였다.

Key words : 유선방송, CDMA, 순 누설전자파, 기술기준, 측정모델, 판정 프로세스

Ⅰ. 서론

2000년대 들어 유선방송 전송시설은 가정에 인터넷 서비스를 제공하는 수단으로 크게 각광받게 되었고, 유선방송 시스템도 지상파와 더불어 디지털화로 발전하였다. 이러한 추세에 발맞추어 2004년에 유선방송 기술기준이 개정되어 이전에 750MHz까지 사용되던 유선방송 채널대역이 864MHz 대역까지 확장되었다.[1]

한편, 1990년 후반부터 2세대 디지털 이동통신이 보급되어 이동통신서비스가 대중화되게 되었는데, 서비스 방식이 대역확산 기반인 CDMA방식이다. 이 방식은 큰 처리이득을 얻기 위해 매우 작은 스펙트럼 밀도로 신호를 확산하므로 광대역의 작은 간섭에도 성능이 열화될 수 있다.

이에 따라 옥외의 유선방송 전송설비로부터 누설되는 전자파가 CDMA 이동통신 기지국으로 유입되어 서비스에 장애를 초래한다는 사례가 보고되고, 결국 유선방송 기술기준에서 CDMA 이동통신 서비스 대역 중 상향링크 대역인 824-849MHz 대역에서의 케이블의 누설전자파 기준이 3μV/m(10m 거리)로 강화되어 개정되었고 2007년도부터 적용되고 있다.[2] 이전의 기준은 15μV/m(30m 거리)이었다.[1]

그러나 포설되는 유선방송 전송설비의 적합성 여부를 판정해야 하는 각 지역의 해당 기관에서는 어떻게 측정하고 분석하여야 강화된 누설전자파 기준에 부합하는 지를 합리적으로 평가하는 방법을 도출해내지 못하고 있어 관련 업무에 혼란이 초래되고 있는

* 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 3月 5日, 修正完了日: 2011年 3月 30日

실정이다.

즉, 강화된 누설전자파 기준이 옥외에서 측정되는 배경잡음 수준의 수치로서 매우 엄격하므로 단순히 스펙트럼 분석기로 측정되는 전력레벨로 적합 여부를 판정하는 것은 기술적으로 매우 어렵기 때문이다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 이론적으로 명확하게 규명하고, 해당 문제점을 해결하기 위한 측정 모델을 도출한 후, 이 모델을 실제 적용한 옥외 실험을 통해 그 결과 분석과 고찰을 함으로써 합리적인 측정 방법을 제시하고자 한다.

II. 본론

현재 옥외의 유선방송 전송설비의 누설전자파를 스펙트럼 분석기로 일정 거리에서 측정하여 기술기준의 적합성 여부를 판정하는 방법의 가장 큰 문제는 측정 누설전자파가 모두 유선방송 전송설비에 기인한 것이 아니라는 것이다. 즉, 옥외에서 측정되는 누설전자파 세기는 다른 누설원이나 생활 잡음원으로부터의 전자파도 포함되어 있다.

한편, CDMA 이동통신시스템은 간섭 제한 시스템이어서 간섭레벨이 일정레벨을 넘으면 서비스 용량과 커버리지에 미치는 영향이 빠르게 증가하게 되는데 CDMA이동통신 주파수대역에서의 누설전자파 세기가 적합기준을 상회할 때, 그 누설전자파가 오로지 유선방송 전송설비의 탓이라고 보기는 어렵다.

따라서 본론에서는 CDMA 시스템에서 간섭전력의 영향 정도를 분석함으로써 유선방송 전송설비로부터의 순 누설전자파(net leakage) 측정의 필요성을 규명하고, 측정모델을 고안하여 누설전자파 적합기준 판정 프로세스를 만들어 그 유용성을 실제 옥외에서의 측정 실험을 통해 입증하고자 한다.

1. 이론적 배경

가. 측정 전력과 전계 강도

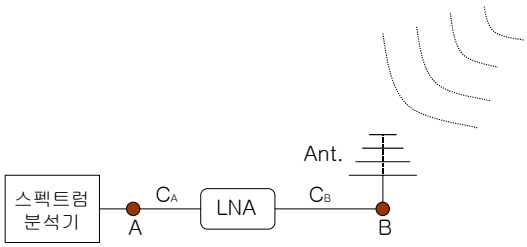

Fig 1. Configuration for measuring cable leakage
그림 1. 일반적인 누설 전자파 측정 실험 구성도

누설 신호에 의한 측정 전력레벨 값을 (1)과 같이 계산된다.

$$P_B[dBm] = P_A[dBm] + C_A[dB] - G_{amp}[dB] + C_B[dB] \quad (1)$$

그리고 안테나에서 측정되는 전자파가 TEM모드라 하고 B점의 특성 임피던스를 50Ω 이라 가정하면, B점에서의 전력을 전압단위로 변환하면 식(2)와 같다.

$$V_B[dB\mu V] = P_B[dBm] + 107 \quad (2)$$

따라서 실제 누설 전계 세기를 E라 하면,

$$E[dB\mu V/m] = V_B[dB\mu V] + AF[dB1/m] \quad (3)$$

와 같이 계산된다.[3][4] 결국 식(3)에 식(1)과 (2)를 대입하면, 측정된 누설 전계의 세기는 식(4)와 같다.

$$E[dB\mu V] = P_A + C_A - G_{amp} + C_B + AF + 107 \quad (4)$$

여기서 C_A와 C_B는 각각 그림 1의 A와 B점에 연결된 측정 케이블의 손실이며, G_{amp}는 저잡음 증폭기(LNA) 이득이고, AF는 측정 안테나의 안테나 팩터(Antenna Factor)이며, B점에서의 전압레벨이다.

일반적으로 안테나 팩터는 안테나 이득 및 신호 주파수와의 다음 식(5)와 같은 관계로 주어진다.[3]

$$AF[dB/m] = 20\log_{10}(f_M) - G[dB] - 29.8 \quad (5)$$

나. 유선방송 신호 누설 간섭전력의 CDMA 이동통신 시스템 영향 분석

(1) 분석 방법

일반적으로 전력을 공급하는 전주를 따라 설치되는 옥외 유선방송 전송설비는 이동통신단말기보다는 기지국과 근접하게 된다. 이에 따라 유선방송 전송설비로부터 누설되는 신호는 기지국으로 유입되어 이동통신시스템의 역방향 링크에 간섭으로 작용하게 된다. 그러므로 본 논문에서는 역방향 링크에 대한 유선방송 신호의 간섭 영향을 분석하고자 한다.

한편, 800MHz 대역에서의 유선방송 신호는 디지털

방식의 QAM 신호로서 6MHz 대역의 균일한 전력 스펙트럼 밀도를 갖는다. 현재 동일 대역에서 서비스되는 이동통신서비스는 CDMA2000 방식의 시스템으로서 기본 대역폭이 1.23MHz이다. 따라서 이동통신시스템에서는 유선방송 신호의 간섭전력이 거의 백색잡음이나 동일 셀 간섭과 유사한 형태를 띠게 되므로 이동통신시스템에서의 간섭 영향을 분석함에 있어 특별히 스펙트럼 마스크를 고려한 간섭분석은 필요치 않다.

따라서 유선방송 누설 간섭전력에 의한 영향을 분석하기 위해서는 CDMA 이동통신시스템에서 기지국 셀 캐패시티를 계산하는 이론으로부터 사용자수와 간섭전력 그리고 역방향 요구수신전력간의 관계식을 유도하여 간섭전력 세기에 따른 역방향 요구수신전력과 커버리지 변화 특성을 분석하면 된다. 그리고 이 유도과정에는 실제 시스템에 최대한 유사하도록 하기 위하여 전파특성과 전력제어 특성을 감안한 마진들, 각종 손실 파라미터들, 그리고 이득요소들도 고려될 것이다. 다음은 관계식 유도과정에 사용될 각종 파라미터들을 정의한 것이다.

(2) 관련 파라미터 설명

- $(\frac{E_b}{N_o})_{reqd}$, 요구되는 신호 대 잡음비, dB
- N_o : 열잡음 전력 밀도, dBm/Hz
- N_F : 기지국 수신기의 잡음 지수(Noise Figure)
- I_i : 동일 및 타 셀로부터의 간섭전력 밀도, dBm/Hz
- I_{EX} : 외부 시스템의 간섭전력 밀도, dBm/Hz
- P_r : 트래픽 채널의 역방향 요구수신전력, dBm
- M : 주어진 셀 내의 사용자 수
- v : 음성 활성화율(voice activity), 0.5~0.6
- W : CDMA이동통신시스템 동작 대역폭
- f_r : 주파수 재사용율, $1/(1+\eta)$
- η : 주변 셀들의 부하율(loading factor)(%)
- R : 트래픽 채널 데이터 전송율, bits per second
- F_m : 페이딩 마진, dB
- C_l : 기지국 수신기 연결 케이블 손실, dB
- G_{ant} : 기지국 안테나 이득, dB
- G_{sh} : 소프트 핸드오버 이득, dB

(3) 관계식 유도 및 시뮬레이션

역방향 신호 및 간섭신호의 수신전력은 그림 2에서 보는 바와 같이 기지국 수신단의 BPF 입력단의 값으로 가정하고, 관계식이 유도된다.

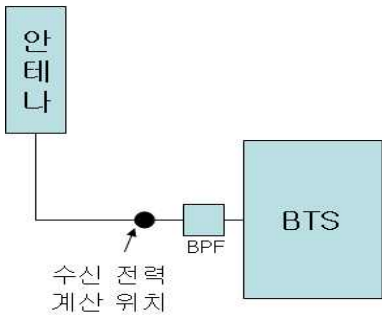

Fig 2. The assumed point of base station for deriving the relevant equation
그림 2. 관계식 유도를 위한 신호 입력 위치

먼저, 이동통신 서비스를 위해 요구되는 신호 대 잡음비로부터 관련되는 파라미터들과의 관계식을 만들면 다음과 같다.[5][6]

$$(\frac{E_b}{N_o})_{reqd} = \frac{E_b}{I_{EX}+N+I_i} \times \frac{1}{margins} \times \frac{1}{Loss} \times Gains \quad (6)$$

여기서, $N = N_o N_F$, $I_i = \frac{P_r(M-1)v}{Wf_r}$, $\frac{1}{margins} = \frac{1}{F_m}$, $\frac{1}{Loss} = \frac{1}{C_l}$, $Gains = G_{ant} \times G_{sh}$ 그리고 $\frac{1}{margins} \times \frac{1}{Loss} \times Gains = Z$ 로 치환하고, $E_b = P_r/R$을 대입하면,

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{reqd} = \frac{Z}{R} \cdot P_r \cdot \frac{1}{N+I_{EX}+I_i} = \frac{Z}{R} \cdot P_r \cdot \frac{1}{N_o N_F + I_{EX} + \frac{P_r(M-1)v}{Wf_r}} \quad (7)$$

위의 식을 $P_r = f(I_{EX}, M)$의 형태로 정리하여 역방향 요구수신전력 대 외부간섭전력밀도 대 사용자 수의 관계식 (8)을 얻을 수 있다.[7]

이 식 (8)로부터 사용자 수에 따라 역방향 요구수신전력에 누설 간섭전력이 어떠한 영향을 미쳤는지 알아보기 위해 적용한 주요 파라미터 값은 다음 표와

같다.

$$P_r = \frac{N_o N_F + I_{EX}}{\frac{Z}{R\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{reqd}} + \frac{v}{Wf_r}(1-M)} \tag{8}$$

Table 1. Applied value of parameters for simulation
표 1. 시뮬레이션을 위한 파라미터 적용 수치

파라미터	적용수치	파라미터	적용수치
$\left(\frac{E_b}{N_o}\right)_{reqd}$	5dB	G_{sh}	3dB
N_F	5dB	v	0.55
F_m	5.9dB	R	9600bps
C_l	2dB	W	1.23MHz
G_{ant}	15dB	η	0.5

앞의 관계식에서 표1과 같이 페이딩 마진, 기지국 안테나 이득과 소프트 핸드오프 이득, 케이블 손실들을 적용하고, 사용자 수를 고정하고 누설 간섭전력을 서서히 증가시키면서 역방향 요구수신전력이 증가하는 포인트를 찾기 위해 시뮬레이션한 결과는 그림 3과 같다.

이 결과를 통해서 알 수 있는 것은 사용자 수에 관계없이 간섭전력이 레벨이 그림3의 수직 점선으로 표시된 reference line이 가리키는 -114dBm부터는 간섭전력 레벨에 비례하여 역방향 요구수신전력이 증가하기 시작하고, 그 이하의 간섭전력 레벨에 대해서는 역방향 요구수신전력이 거의 일정하게 유지된다는 것을 알 수 있다.

한편, 누설 간섭전력에 대한 역방향 트래픽 채널의 서비스 커버리지 변화 특성을 살펴보는 것도 이동통신 사업자 입장에서는 매우 중요하다. 이 커버리지를 계산하기 위해서는 단말기의 최대송신 전력이 정의되어야 한다.

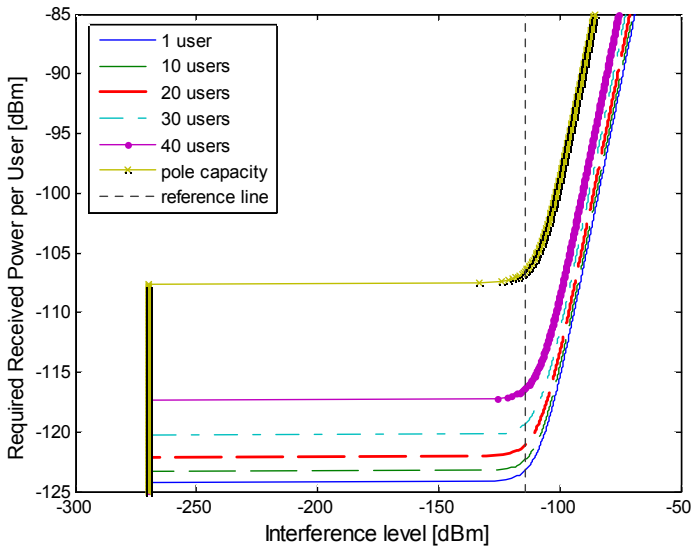

Fig 3. The required power of reverse link as a function of cable leakage interference
그림 3. 누설 간섭전력 레벨 증가에 따른 역방향 요구수신전력 변화

단말기의 최대송신 전력을 MaxMS라고 하고, 사용자 수(N_u)와 간섭전력(I_{EX})에 다른 역방향 요구수신전력을 P_r이라고 하면 최대허용 경로손실(MAPL : Maximum Allowable Path Loss)은 다음과 같이 계산될 수 있다.[7]

$$MAPL[dB] = MaxMS - P_r(N_u, I_{EX}) \tag{9}$$

여기서 역방향 요구수신전력 $P_r(N_u, I_{EX})$는 앞 절의 관계식으로부터 구해질 수 있다. 이렇게 해서 최대 허용 경로손실이 구해지면 적절한 전파경로손실모델을 선택하여 역방향 서비스 커버리지를 계산할 수 있다. 일반적으로 800MHz대역의 이동통신서비스를 위한 유력한 전파경로손실모델은 몇 가지가 있지만 본 논문에서는 Hata 모델을 적용한다. 이를 적용하여 커버리지 D를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} p &= 69.55 + 26.16\log(f_c) - 13.82\log(H_b) \\ &\quad + CF(Correction\ Factor) \\ &\quad where,\ CF = 3.2[\log(11.75H_m)]^2 - 4.97 \\ q &= 44.9 - 6.55\log(H_b) \\ D(km) &= 10^{[(MAPL-p)/q]} \end{aligned} \qquad (10)$$

위의 식에서 H_b는 기지국 높이, H_m은 단말기 높이이며 각각 30m와 1.5m라 가정한다. 또한 f_c는 CDMA 반송주파수로서 835MHz로 가정한다.

기본적으로 최대허용 경로손실은 클수록 서비스 커버리지가 크다. 따라서 사용자 부하가 클수록 역방향 요구수신전력이 늘어나서 최대 허용 경로손실은 감소하고 각 사용자 부하별로 간섭전력이 증가할수록 역방향 요구수신전력이 감소하는 패턴을 보이게 된다. 사용자 부하와 간섭전력에 따른 서비스 커버리지 반경을 계산한 결과로부터 간섭전력이 증가함에 따라 간섭이 없는 경우를 기준으로 할 때, 커버리지 반경의 감소 비율이 어떻게 변화하는가를 시뮬레이션하여 보았다.

단말기의 최대송신전력 MaxMS를 23dBm으로 하여 시뮬레이션한 결과에서는 커버리지 반경 감소율은 사용자 부하와 시뮬레이션 적용 조건에 상관없이 그림 4에서 보는 것과 같은 동일한 곡선 패턴을 보여주었다. -115dBm 미만의 누설 간섭전력에서는 대략 3% 이하의 감소율을 보이며 거의 일정한 서비스 커버리지를 유지하는 반면, 그 이상의 누설 간섭전력 레벨부터는 서비스 커버리지 감소율이 선형적으로 증가하여 -70dBm의 간섭전력에서는 약 90%정도의 커버리지 감소율을 보여주고 있다,

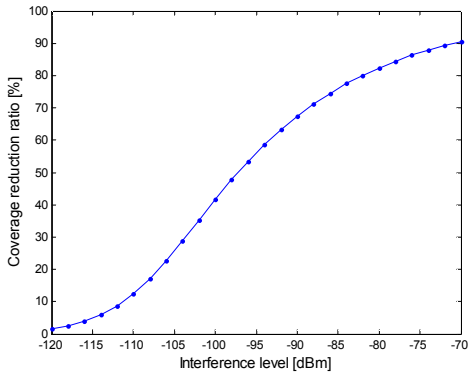

Fig 4. Coverage reduction ratio as a function of cable leakage interference level

그림 4. 누설 간섭전력 레벨에 의한 커버리지 감소율

(4) 누설 간섭전력 영향 분석 결과

앞의 두 시뮬레이션 결과를 통해 CDMA 이동통신 시스템은 -114 내지 -115dBm 이하의 누설 간섭전력에 대해서는 거의 영향을 받지 않으나 그 이상의 누설 간섭 전력에 대해서는 시스템 성능에 영향을 받는 것으로 나타난다. 보통 CDMA 이동통신용 섹터 안테나의 이득은 15dB로 가정된다. 이럴 경우 이 안테나의 안테나 팩터는 약 13.7이다.

유선방송 기술기준에 고시되어 있는 824~849MHz의 대역에 대한 누설 전자파 기준치는 3μV/m로서 9.7dBμV/m이다. 이 수치는 식(2)와 식(3)을 이용하여 특성 임피던스 50Ω 인 섹터 안테나에 유도되는 전력으로 환산할 경우 -111dBm에 해당되며, 실제 기지국에서 안테나 수신 신호를 필터로 연결하는 케이블의 손실이 약 3dB 정도이므로 이를 감안한다면 필터에 입력되는 누설 간섭전력은 -114dBm으로서 앞선 시뮬레이션 결과의 간섭 임계치와 일치하는 값이다.

그런데 이 기술기준치는 상당히 작은 전력레벨이어서 실제 주변의 배경잡음 전력이 어느 정도 분포하고 있는 상황에서 유선방송 전송설비의 누설 전자파에 의해 추가적인 간섭전력이 제공되어 일정 레벨을 넘어선다면 간섭효과가 두드러지게 나타날 수 있다는 것을 의미한다. 이럴 경우, 간섭에 의한 책임을 추가 간섭을 제공한 유선방송 시스템에만 지울 수 있는 것은 아니다. 실제로 옥외에서는 지역별로 배경잡음 전력의 분포 정도가 다르다는 것을 확인할 수 있기 때문이다. (3절 참조)

2. 순 누설 전자파 측정 모델

유선방송 기술기준에서의 누설 전자파 기준은 유선방송 전송설비에 기인한 것만 고려하여야 한다. 따라서 본 절에서는 옥외에서 유선방송 전송설비에 기인한 순 누설 전자파 세기를 측정하는 모델을 제시하고, 기술기준 적합여부를 판정하는데 실제 적용 가능한 프로세스를 도출하고자 한다.

순 누설 전자파 세기를 구할 수 있는 방법은 유선방송 측정대상 채널을 ON과 OFF시켜 각각의 누설 전자파 세기를 측정한 후, 이 값들의 차이를 계산하는 것이다.

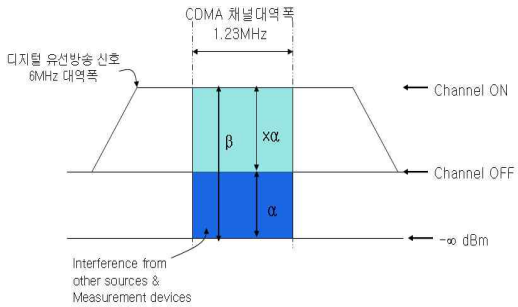

Fig 5. Cable leakage plus other interference sources to be measured in outdoor

그림 5. 옥외에서 측정될 누설 전자파와 타 간섭 및 잡음

즉, 그림5에서 보는 바와 같이 해당 채널 대역에 유입되는 다양한 간섭원에 의한 신호와 측정 장치의 잡음전력들은 차이값 을 계산할 때 상호 상쇄되어 유선방송 전송설비에 의한 순 누설 전자파에 의한 측정 전력레벨을 얻을 수 있다.

이러한 개념을 적용하여 실제 옥외에서 해당 대역에서 채널 파워를 측정한 다음, 유선방송 전송설비로부터의 순 누설 전자파 세기를 계산해낼 수 있는 공식을 유도하면 다음과 같다.

여기서는 CDMA 이동통신 시스템을 토대로 기준이 만들어질 것이므로 모든 측정 전력레벨은 측정 대역폭을 1.23MHz로 가정한다.

유선방송 채널 OFF 시 측정된 전력레벨을 α[watt], 유선방송 채널 ON 시 측정된 전력레벨을 β[watt]라고 가정하며, 그림3의 측정시스템에서 A점에서 얻어지는 값이다. 그리고 그림5에서 보는 바와 같이 유선방송 전송설비로부터의 누설 신호에 의한 전력레벨은 채널 OFF 상태에서 측정된 전력레벨 α[watt]의 x배로 하고 측정된 값으로 부터 이를 구하면 된다. 즉,

$$\beta-\alpha=x\alpha \text{ 또는 } \beta=(1+x)\alpha \tag{11}$$

실제 계측기에서 측정되는 레벨값은 데시벨 단위이므로 위의 전력레벨을 dBm단위로 계산하여 채널 OFF와 ON 상태에서 측정된 각각 전력레벨의 차이값을 K[dB]로 표현하고, 여기에 식(11)을 적용한다. 즉, $K[dB]=10\log_{10}(\frac{\beta}{\alpha})=10\log_{10}(1+x)$ 이므로,

$$x=10^{\frac{K}{10}}-1 \tag{12}$$

따라서 그림3의 B점, 즉 측정안테나 출력단에서 얻어지는 유선방송 전송설비로부터의 누설 전자파 전력레벨($P_{B,leak}$)를 dBm 단위의 수식으로 표현하면,

$$\begin{aligned} P_{B,leak} &= 10\log_{10}(x)+P_{B,OFF} \\ &= 10\log_{10}(x)+\alpha-G_{amp}+C_A+C_B \end{aligned} \tag{13}$$

여기서 $P_{B,OFF}$ 는 채널 OFF 시 그림3 B점에서의 전력레벨로서 식(1)을 이용한 것이다.

식(13)으로부터 유선방송 전송설비로부터의 순 누설 신호에 의한 측정전력레벨을 구하였으므로, 이로부터 누설 전자파 세기를 식(3)에 의해 구할 수 있다.

3. 측정 모델 적용 실험 및 결과 고찰

가. 측정 모델 적용 실험 조건

(1) 측정 시스템 사양 및 동작 조건

실험을 위한 측정 시스템은 앞서 설명한 그림1에서와 보는 바와 같이 안테나, 저잡음 증폭기(LNA), 스펙트럼 분석기, 그리고 이들을 연결할 2개의 케이블로 구성된다. 실험에 사용된 안테나는 중앙전파관리소에서 전파감시를 위해 사용하는 야기(Yagi) 타입의 광대역 안테나이다.

핵심 장비인 스펙트럼 분석기는 누설전자파의 시간평균 전력을 측정할 것이므로 평균모드로 설정되며, 측정 채널 대역폭은 유선방송 전송설비 기술기준에서 제시된 1.23MHz로 설정된다. 또한, 분석기의 잡음 플

로어를 가능한 낮춰 미약한 누설전자파를 인식할 수 있도록 하기 위하여 RBW(Resolution Bandwidth)를 10kHz로 설정한다.

그리고 측정거리는 옥외 유선방송 전송설비에서 누설의 가장 큰 원인되는 간선증폭기, 탭오프 등이 설치된 장소로부터 3m이다. 3m로 설정한 것은 800MHz 대역에서 누설전자파의 far-field가 보장되면서 주변 전파환경의 영향을 최소한으로 받도록 하기 위해서이다. 이상의 내용을 요약하면 다음 표2와 같다.

Table 2. Measurement system specs and operation condition
표 2. 측정시스템 사양 및 동작 조건

측정 시스템 사양	
스펙트럼분석기	Rodhe & Schwartz, upto 3GHz
저잡음 증폭기	26dB(400MHz~1GHz)
측정 안테나	광대역 야기 타입, 이득(7dB), AF(26.75dB1/m), upto 1GHz
연결 케이블	손실(1.5dB/1dB @800MHz)
스펙트럼 분석기 동작 조건	
측정 대역폭	1.23MHz @843MHz
RBW & VBW	RBW=10kHz, VBW=30kHz
동작 모드	평균
스위프 타임	2sec
기 타	
측정거리	옥외 능동 및 수동 전송설비로부터 3m

(2) 측정 모델 적용 실험

본 논문에서 제안하는 측정 모델을 적용한 실험을 위한 측정 장소는 유선방송협회와 이동통신사업자에게 문의하여 유선방송 전송설비가 가장 양호한 1곳과 이동통신 기지국에 간섭영향이 있는 것으로 보고된 3곳을 선정하였다. A지점은 강남이고, B, C, D의 세 지점은 강북에 위치한 곳으로 강남과 강북의 유선방송사업자는 각각 다르다. 강북의 옥외 유선방송설비는 외관상 육안으로 보기에 간선증폭기와 탭오프 등과 연결된 선로의 상태나 미연결 단자의 종단 정합이 불량한 경우가 있음을 볼 수 있었다. 또한 강남의 A 지점은 비교적 최근에 시설된 설비이었다. 그리고 측정 주파수 대역은 824~849MHz 중에서 측정 당시 이동통신서비스가 제공되지 않고 있던 대역을 선택하였다. 실험 결과는 다음 표 3과 같다.

실험에서 얻은 전력단위의 측정결과로부터 기술기준 적합 여부를 편리하게 판정하기 위하여 다음 그림 6과 같은 판정 프로세스를 수립하였다.

Table 3. Measuring results
표 3. 실험 결과

측정지점	α(채널 Off)	β(채널 On)
A지점	-102dBm	-101dBm
B지점	-76dBm	-71dBm
C지점	-85dBm	-81dBm
D지점	-81dBm	-47dBm

기술기준에서는 10m 거리에서의 누설 전자파 값을 규정하고 있으므로 이를 적용하기 위해 자유공간 손실(20dB/decade)을 가정하여 10m 거리에서의 전력값으로 환산한다. 즉, 식(13)에서 계산된 값에서 10.46dB를 빼주면 된다.

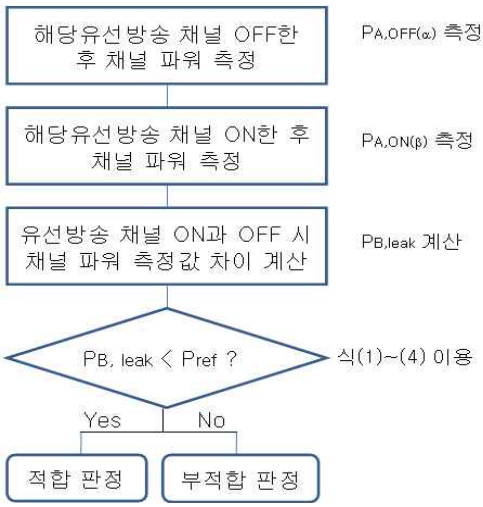

Fig 6. Decision process of conforming to technical regulatory criteria for cable leakage
그림 6. 기술기준 적합 판정 프로세스

$P_{B,leak}$는 식(13)에 의해 구해지는데, 측정된 값은 3m거리에서 측정된 것이다. P_{ref}는 적합 판정을 위한 기준값으로서 전계강도(3μV/m)로 주어진 값을 식(1)~(4)를 이용하여 B점에서의 전력값으로 환산한 값이며 다음 식 (14)와 같이 주어진다.

$$P_{ref} = -97.3 - AF\ [dBm] \qquad (14)$$

표 2의 실험에 사용된 안테나의 안테나 팩터를 대입하면

P_{ref}는 약 -124dBm이 된다.

최근 개정되기 이전의 기준값(30m 거리에서 15μV/m)을 사용할 경우 P_{ref}는 -110.25dBm이며, 자유공간 손실 적용 시에는 20dB를 빼준다. 두 가지의 기준을 적용하여 측정된 지역의 적합 여부를 판정함으로써 기준 강화의 정도를 비교 분석할 수 있다. 두 가지 기준에 대한 측정지점별 적합 판정 결과를 정리하면 다음 표 4와 같다.

Table 4. Analysis results
표 4. 분석 및 판정 결과

구분	$P_{B,leak}$ 3m[dBm]	현재 기준 (P_{ref}=-124dBm)		이전 기준 (P_{ref}=-110.25dBm)	
		$P_{B,leak}$ 10m, dBm	판정	$P_{B,leak}$ 30m, dBm	판정
A지점	-131.4	-141.86	적합	-151.4	적합
B지점	-96.15	-106.61	부적합	-116.15	적합
C지점	-106.7	-117.16	부적합	-126.7	적합
D지점	-70.5	-80.96	부적합	-90.5	부적합

(3) 결과 고찰

앞의 분석한 결과에서 보듯이 이전의 기술기준에서는 D 지점만 부적합이지만, 현재의 기술기준으로는 B, C, D의 세 지점이 부적합이 된다. 즉, 세 지점에서 누설되는 전자파는 이동통신 기지국에 간섭을 줄 수 있다는 것이다. 또한 이 세 지점의 설비들은 A 지점에 비해 상대적으로 설치된 지 오래된 노후 설비들인데, 옥외 유선방송설비가 최초 설치 시의 적합검사이외에도 주기적인 누설전자파 검사가 필요함으로 알 수 있다.

한편, 표 3의 결과에서는 유선방송 전송설비로부터의 누설 전자파가 없더라도 다른 간섭원에 의한 배경 잡음이 지역별로 상당히 다르다는 것을 확인할 수 있다. 이 결과들을 종합하여 보면 실제 누설전자파 세기가 기술기준치를 초과할 지 않을지라도 배경잡음이 기술기준치에 근접할수록 총 간섭 및 잡음양은 기술기준치를 초과하여 이동통신시스템의 성능을 열화시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 결국 유선방송 전송설비로부터의 누설전자파 기준 적합여부를 판정하기 위해서는 본 논문에서 제안한 측정 모델을 적용하는 것이 올바르다는 것을 보여준다.

그리고 개정된 현재의 기술기준은 이전의 기준보다 크게 강화된 것으로 기존에 포설된 유선방송 전송설비들의 많은 부분이 부적합으로 판정날 수 있음을 보여준다.

III 결론

본 논문에서는 유선방송 전송설비로부터의 상대적으로 약한 누설전자파에 의해서도 이동통신시스템의 성능이 열화될 수 있음을 이론적으로 규명하였다.

또한, 옥외의 지역별로 배경잡음이 상당히 다를 수 있고, 이를 감안하면서 가장 합리적으로 유선방송 전송설비의 순 누설전자파를 유도해낼 수 있는 측정모델을 제안하고 실험을 통해 그 타당성을 입증하였다. 아울러 스펙트럼 분석기를 이용한 가장 보편적인 측정시스템을 이용하여 기술기준 적합 여부 판정을 할 수 있는 프로세스를 수립하였다.

단지, 측정 모델을 적용하기 위해 한 가지 더 고려해야 할 문제는 이동통신서비스가 제공되는 주파수대역에서 누설전자파를 측정하여야 한다면 이동통신서비스를 중단시킬 수도 없고, 서비스 트래픽이 매우 짧은 순간에도 변하여 방사전력의 변화가 크므로 스위프 타임이 비교적 큰 제안된 측정 모델에서는 정확한 측정이 이루어지기 어렵다. 따라서 이동통신서비스가 없는 기술기준 해당 대역의 이전 또는 이후의 대역에서의 누설전자파를 측정하는 간접적인 방법으로 적합 여부를 판정하는 것도 고려되어야 한다.

참고문헌

[1] "유선방송국설비등에관한기술기준", 방통위 고시 제2004-63호, 2004

[2] "유선방송국설비등에관한기술기준", 방통위 고시 제2009-29호, 2009

[3] "Interpreting antenna performance parameters for EMC applications: Part3: Antenna Factor", http://tdkrfsolutions.com/DataPDFs/antenna_paper_part3.pdf

[4] 김기채, 김동일, 명노훈, 박동철, 이영훈, "전자파환경공학", 대영사, 2001

[5] 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.

[6] Tokgoz, Yeliz, Mingxi Fan, and John E. Smee. "On the Reverse Link Performance of the cdma2000 1xEVDO Revision A System with

Antenna Array Receivers", *IEEE Globecom 2005.*
[7] Veeravalli, Venugopal V. and Andres Sendonaris, "The Coverage-Capacity Tradeoff in Cellular CDMA Systems", *IEEE Transactions on Vehicular Technology,* Vol. 48, No. 5, September 1999.

저 자 소 개

박 성 균 (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