

# 전파차단장치가 이동통신에 미치는 영향에 관한 분석

최 성호\*\*, °박 진아\*, 전 귀수\*, 박 덕규\*

한국전자통신연구소 기술기준연구팀\*\*, 목원대학교 전자·정보통신공학부\*

## The Analysis on the Effects of Wavewall in Mobile Communication

Seong-ho Choi\*\*, °Jin-a Park\*, Kuy-Su Jeon\*, Duk-kyu Park\*

ETRI\*\*, Mokwon University\*

email : parkdk@home.mokwon.ac.kr

### 요 약

최근 휴대전화의 보급에 따라 극장, 콘서트홀 병원 등의 공공장소에서 휴대전화의 호출음이 연주자나 관객에게 피해를 주는 사례가 발생하고 있다. 따라서, 호출음 등에 의한 피해를 방지하기 위해 휴대전화의 통신을 억제하는 기능을 갖는 무선국 즉, 전파차단장치(Wavewall)의 개설 필요성과, 규격에 대한 연구요구가 나타나고 있다. 본 논문에서는 전파차단장치가 이동통신에 미치는 영향을 분석하기 위해 고려되어야 할 기본적인 파라미터들을 정의하고, 최소한의 규격을 수식적으로 조사·분석하였다.

### Abstract

Recently, the use of mobile phone services has been tremendously increased. Thus, to prevent public nuisance related to mobile phone calls in specific locations such as theatres, concert halls or hospital. the use of the inhibiting equipment to deter communication over mobile phone etc.(hereinafter referred to as the "wavewall") has been required. In this paper, we investigated the current status of wavewall for other countries and analyzed the effect on the mobile communication which is generated by using the wavewall.

### 1. 서 론

현재 국내의 이동전화 가입자가 1천4백만을 돌파하며, 본격적인 대중화시대로 들어섰으나 이용자들의 무분별한 통화로 인해 각종 공공시설의 안전을 위협할 뿐만 아니라, 타인에게 이동전화에 의한 착·발신 피해가 확산되고 있음에도 불구하고 강제적인 억제 방법보다는 이동전화 사용자의 자의에만 맡기고 있는 실정으로 좀더 적극적인 논의가 요구되고 있다.

그러므로 공익을 위한 특정한 공공장소에 한하여 휴대단말의 통신을 억제하는 기능의 무선국(전파차단장치 : Wavewall)을 개설하여 피해를 최소화화하는 검토가 계속되고 있으나 이와 같은 장치는 심장박동기(pager maker)등의 의료기기, 휴대전화, PCS의 전기통신서비스에 심각한 영향을 줄 수 있고, 그 운용에 충분한 주의가 필요하므로 출력 및 설치에 관한 기준안을 마련하는 등의 검토가 수행되어져야 한다. 그러나 전파차단장치의 사용이 불법무선국을 설치하게 되는 것이므로 제

도적인 정비 없이 사용하는 것이 불가능하다.

본 논문에서는 전파차단 장치에 대한 상황을 조사 분석하고, 특히 실험국으로 시행되고 일본의 내용을 제시하고 있다. 또한 전파차단장치가 이동통신에 미치는 영향을 단말기와 기지국으로 구분하여 수식적으로 조사 분석하였고, IS-98B와 IS-97B의 단말기와 기지국규격을 기초로 하여 간섭량과 경로손실을 계산하였으며, 전파차단장치를 사용 할 경우 이동통신의 단말기와 기지국에 미치는 간섭거리를 도출하였다. 또한 실내에서 사용할 경우의 간섭거리 및 마이크로 셀과 건물의 Floor의 변화에 따른 영향도 조사 분석하였다. 수식적인 유도를 위해 파라메타의 설정 등 고려되어야 할 사항이 많이 있으나 기본적으로 반드시 검토되어야 할 내용을 중심으로 분석한 자료를 제시하였다. 또한 최종적인 결과는 실제의 환경에서 실험을 통한 검증이 수행되어야 할 것이다.

## II. 전파차단장치의 현황 및 간섭 구성도

우리나라의 경우 공연장, 병원 등 이동전화 수신음이나 전파의 피해가 예상되는 지역을 대상으로 정보통신부는 이동전화 사업자 및 전파차단장치 제조자들을 중심으로 1999년 4월부터 한달 동안 병원이나 공연장 등에 전파차단장치를 시험설치하여 기초조사를 수행하였다.

현재, 미국에서는 전파차단장치를 불법 무선국으로 규정하여 전파차단장치의 설치를 근본적으로 규제하고 있으며, 일본에서는 이러한 요구를 일부 수용하여 사용조건과 사용장소를 제한한 경우에 대하여 1998년 12월 1일부터 무선국 면허신청을 접수받아 실험국으로 무선국이 운용되도록 하고 있다. 실험국으로 면허신청을 받고 있는 이유는 통신을 규제하는 것이 어쩔 수 없다고 생각되는 일부의 경우에 대하여 그 사용조건과 사용장소를 제한하여 실험국으로 개설하는 것을 인정하는 것으로 하고, 앞으로의 실용화 판단에 필요한 정보를 수집하는 것을 목적으로 한다. 실험국(무선국) 설비의 설치목적과 조건에는 다음과 같은 사항이 언급되어 있다.<sup>[1][2]</sup>

- (1) 무선국의 목적  
휴대전화단말 등의 운용에 미치는 영향 및 전파전파특성 등의 데이터를 취득하기 위해 개설하는 것을 목적으로 한다.
- (2) 무선설비 설치 장소  
(a) 무선설비의 제조사업자 또는 휴대전화 사업자, PHS사업자의 연구 시설  
(b) 극장, 콘서트홀, 연회장 등
- (3) 무선국의 종류  
실험국
- (4) 일본의 현재 현황(1999년 10월 20일부터 현재)  
(a) 실험국으로 10여개국에 허가되어 있고 현재 진행중인 것이 10여개국  
(b) 불법 무선국이 매우 많은 상황  
(계몽을 통하여 실험국으로 유도하고 있으며, 실험국이 허가될때까지 일시 중지)  
(c) 기술기준의 책정등 실용화를 위한 노력을 하고 있으나, 기존의 20여국으로는 기술기준 설정을 위한 data가 부족한 상태
- (5) 전파가 미치지 않는 음영지역으로 생각하여 사업자의 불만은 적은 상태
- (6) 출력은 10mW이하  
- 출력이 부족한 경우 복수의 전파차단장치가 설치된 경우도 있음
- (7) 실용하는 목표로 하고 있으며, 실험국에서 얻은 결과를 기초로 앞으로 허가국으로 실용화시킬 예정

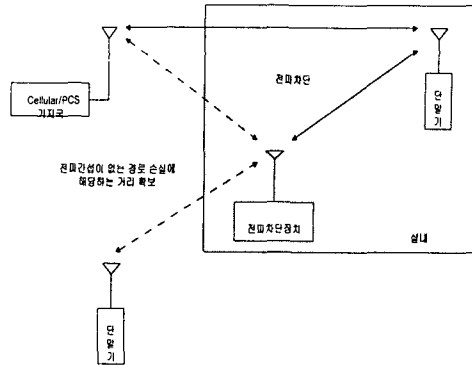


그림 1. 전파차단장치 간섭 구성도

## III. 전파차단장치와 기지국·단말기의 간섭

### 1. 실내 전파차단장치와 실외 단말기의 간섭

본 논문에서 고려한 전파차단장치의 간섭 구성도는 (그림 1)과 같다.

RF규격의 IS-98B 단말기규격은 단말기의 최소수신감도를 -104dBm, C/I를 18dB로 규정하고 있으며 이로부터 계산된 전파간섭 기준치(IL)는

$$IL = -104\text{dBm} - 18\text{dB} = -122\text{dBm}$$

이며 최소결합손실(MCL: Minimum Coupling Loss)은  $MCL = P_t + G_t + G_r - IL$  이다.

여기서,  $P_t$ 는 전파차단장치의 공중선 전력  
 $G_t$ 는 전파차단장치의 공중선 이득  
 $G_r$ 는 단말기의 공중선 이득이다.

간섭이 없는 경로손실을 계산하기 위하여 각 RF규격을 아래와 같이 가정한다. 단,  $P_t$ 는 우리나라에서 1999년 4월에 실시한 기초조사의 전파차단장치 공중선 전력 200mW로 설정하였으며, 일본에서 지정하고 있는 10mW를 기준으로 분석한 결과를 대괄호( [ ] ) 안에 별도로 표시하였다.

$$P_t = 23 \text{ dBm}(200\text{mW}) [ 10\text{dBm}(10\text{mW}) ],$$

$$G_t = 2.14 \text{ dBd}, \quad G_r = 2.14 \text{ dBd}$$

위와 같은 RF규격에 의해서 계산된 최소결합손실은 다음과 같다.

$$MCL = 23\text{dBm}[10\text{dBm}] + 2.14\text{dBd} + 2.14\text{dBd} - (-122\text{dBm}) = 149.28\text{dB}[136.28\text{dB}]$$

그러므로 실내 전파차단장치와 실외 단말기 장치간의 간섭이 없는 경로손실은 149dB이상 [136dB]이다.

### 2. 실내 전파차단장치와 실외 기지국의 간섭

RF규격의 IS-97B 기지국규격은 기지국의 최소수신감도를 -117dBm, C/I를 18dB로 규정하고 있으며 이로부터 계산된 전파간섭 기준치(IL)는

$$IL = -117\text{dBm} - 18\text{dB} = -135\text{dBm}$$

이며

최소결합손실은

$$MCL = P_i + G_i + G_r^* - IL \text{ 이다.}$$

여기서,  $P_i$ 는 전파차단장치의 공중선 전력

$G_i$ 는 전파차단장치의 공중선 이득

$G_r^*$ 은 기지국의 공중선 이득이다.

간섭이 없는 경로손실을 계산하기 위하여 각 RF 규격을 아래와 같이 가정한다.

$$P_i = 23dBm(200mW)[10dBm(10mW)].$$

$$G_i = 2.14dBd, G_r^* = 10dBd$$

위와 같은 RF규격에 의해서 계산된 최소결합손실은 다음과 같다.

$$MCL = 23dBm[10dBm] + 2.14dBd + 10dBd - (-135dBm) = 170.14dB [157.14dB]$$

그러므로 실내 전파차단장치와 실외 단말기 장치간의 간섭이 없는 경로손실은 170dB 이상이다.

### 3. 경로손실에 의한 분석

그림 2는 전파감쇠 특성을 보여 주고 있는데, 실선은 실험 데이터이고 점선은 오쿠무라 모형의 결과이며, 기지국의 안테나 높이는 70m이고 전파차단장치의 안테나 높이는 1.5m이다.

이로 인해 측정된 전파간섭이 없는 경로손실은 실내 전파차단장치와 실외 단말기가 149dB[136dB]이고, 실내 전파차단장치와 기지국은 170dB[157dB]이다.

그림 2에서 900MHz 주파수대역을 중심으로 각 경로손실에 해당하는 거리는 149dB[136dB]인 경우 7km[3km]이며, 170dB[157dB]인 경우에 30km[13km]이다.

현재 도심지역의 셀 반경은 500m정도이므로 전파차단장치에 의한 전파간섭이 우려된다. 그러나 이것은 실내환경에 따른 마진을 고려하지 않은 것으로서 실내 전파감쇠 마진을 149dB[136dB] 이상 확보할 경우 전파간섭의 확률이 떨어진다. 즉, 실내 전파차단장치의 설치환경에 의한 전파감쇠가 전파간섭을 좌우한다. 그러므로 전파차단장치는 실외는 사용하지는 안 된다.

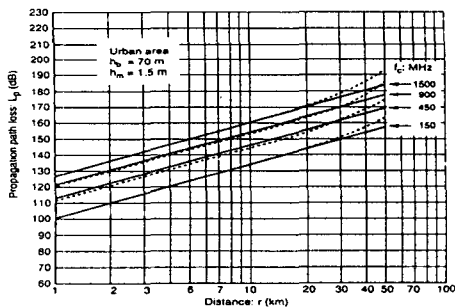


그림 2. 전파 특성

### IV. 도심에서 실내 전파 침투손실의 고려

그림 3에서 보듯이 실내 전파 침투손실은 건물의 재질과 단말의 사용높이에 영향을 받는다.

- first-floor level에서의 침투손실<sup>[3]</sup>

- Tokyo의 경우 : 27dB (metal의 재질을 많이 사용, 고층 건물의 분포)
- Chicago의 경우 : 15dB (단층과 metal의 사용이 적음)
- Los Angeles의 경우 : 20dB (metal의 사용은 많으나, Tokyo에 비해 단층 건물)

표 1. 빌딩의 침투 손실

Condition	Building Penetration loss	Shadow loss*
Building Penetration loss	+27dB(Tokyo) +15dB(Chicago)	27dB(Chicago) regardless of floor height
Window area	+6dB	
1st-13th floors	2.75dB/floor(Tokyo) 2.67dB/floor(Chicago)	
13th-30th floors	7dB/oct (Tokyo and Chicago)	

\* Shadow loss is defined as the loss due to a building standing in the radio-wave path

국내의 상황을 고려 할 때, 특히 서울의 도심지에서는 고층 건물이 많은 대신에 metal의 사용이 적으므로 Los Angeles의 경우를 적용하는 것이 타당하다고 생각되므로 III장에서 언급한 간섭이 없는 경로손실을 단말기와 기지국측면에서 다시 정리하면 단말기의 경우 149dB[136dB] -20dB = 130dB[116dB]이며 기지국의 경우는 170dB[157dB] -20dB = 150dB[137dB]이다. 위의 결과를 그림 2에 적용하여 경로손실에 해당하는 거리를 구하면 130dB[116dB]의 경우 2km[1km내내]이며 149dB[137dB]경우는 7km[3km]이다.

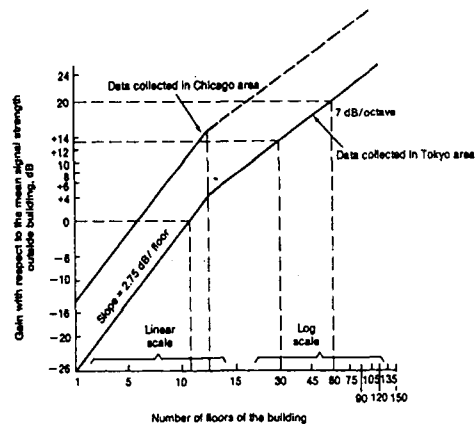


그림 3. 건물에 대한 침투손실<sup>[3]</sup>

• Floor 변화에 따른 검토

그림 3과 표 1에서 나타난 바와 같이 floor의 수가 높을수록 침투손실은 개선됨을 알 수 있고 기지국의 위치와 기지국의 높이에 따라 차이가 존재하지만 일반적으로 13층까지는 2.7dB/floor로 생각할 수 있으며 그 이상의 floor에서는 7dB/octave로 나타난다. 여기에서 5층에 대한 data를 고려하여 정리하면 5 floor×2.7dB/floor = 13.5dB되며 이 결과를 first floor의 경로손실에 단말기와 기지국 측면에서 대해서 정리하면 단말기의 경우 130dB [116dB] + 13.5dB ≈ 144dB[130dB]가 되며 기지국의 경우는 150dB[137dB] + 13.5dB ≈ 164dB [150dB]이 된다. 위의 결과를 다시 그림 2에 적용하여 경로손실에 해당하는 거리를 구하면 144dB [130dB]의 경우 6.5km[2km]이며 164dB[150dB]의 경우는 20km[7km]이다. 즉, floor에 따른 결과를 비교해볼 때 고층 건물에서는 전파차단장치의 사용이 더욱 어렵다는 것을 알 수 있다.

130dB[116dB]와 비교하여 사용 가능 지점을 찾아 보면 2km[1km]이내에서는 어느 경우도 사용하기 힘들고, 2km에서 zig-zag(traverse) 경우만 사용 가능하다는 것을 알 수 있다.

또한 기지국에 대하여 고려하면 III장 결과의 경로손실을 150dB라고 할 때 더욱 사용이 어려움을 알 수가 있다.

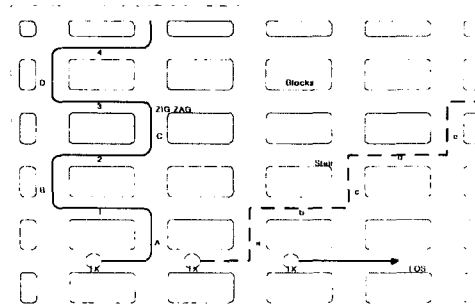


그림 4. Test Route<sup>[4]</sup>

V. 마이크로셀에서 Power의 감쇠를 고려하였을 때의 통화가능 거리

전파차단장치가 설치되는 입지적 조건을 고려할 때, 전파차단장치에 의한 전파 전반 특성은 대도시에 적용되고 있는 microcell에 의한 전파전반의 감쇠를 고려하는 것이 타당하다고 생각된다. 따라서 microcell에서 얻어진 전파전반특성을 고려하면 다음과 같이 생각 할 수 있다.

그림 4에서는 901MHz에서 microcell에 대한 옥외 실험의 Test Route을 나타내고 있다. 여기에서는 다음과 같은 4종류의 형태를 보여준다.

- ①LOS(Line Of Sight)
- ②zig-zag(traverse)
- ③zig-zag(lateral)
- ④staircase

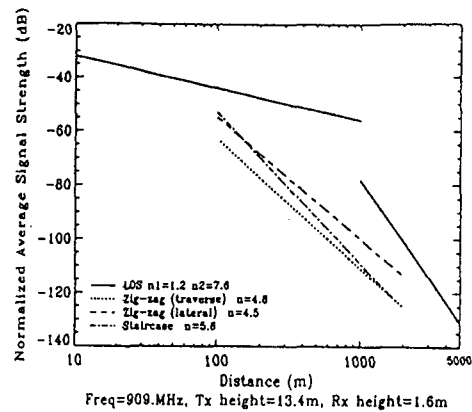


그림 5. LOS, Zig-zag and staircase measurements<sup>[4]</sup>

위에서 제시한 4종류의 형태에 대한 전파전반 결과를 그림 5와 그림 6에서 나타내고 있다.(여기에서 traverse는 A B C D의 route를 의미, 또한 lateral은 1, 2, 3, 4를 의미한다.) 그림 5와 그림 6은 미국의 San Fransico 도심지에서 마이크로셀에 대한 전파전반 손실을 나타내고 있다.

• First floor의 경우

그림5에서는 안테나 높이 3.2m, 단말기의 높이 1.6m인 경우의 Propagation loss를 나타내고 있다. 따라서 이 결과는 1 floor에 적용하여 생각할 수 있다. 여기에서 이동국을 기준으로 할 경우 실내 전파침투 손실을 고려한 III장의 경로손실

• Floor 변화에 따른 검토

그림 6에서는 안테나 높이13.4m, 단말기의 높이 1.6m인 경우의 Propagation loss를 나타내고 있다. 이 결과는 5 floor에 적용된다고 생각 할 수 있으며 실내 전파침투 손실을 고려한 III장의 경로손실에서 단말기의 경우가 144dB[130dB]이고 기지국의 경우는 164dB[150dB]인 것과 비교하면 5km[2km]이내의 지역에서 LOS, zig-zag and staircase의 어느 경우에도 해당되는 부분이 없을 수 있다. 따라서, 1st-floor에 비해 전파차단 장치의 영향권이 더욱 넓어짐을 알 수 있다.

참고 문헌

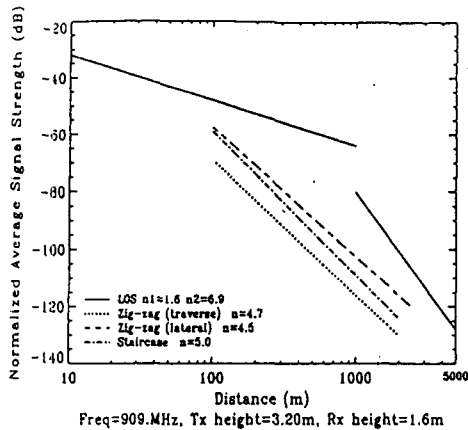


그림 6. LOS, Zig-zag and staircase measurements<sup>[4]</sup>

1. 특정공간에서의 휴대전화 착·발신 폐해방지를 위한 보고서, 발신자에 의한 폐해방지를 위한 전파이용방법에 관한 연구회, 1998년 10월, 우정성
2. 휴대전화 등의 통화를 억제하는 기능을 갖는 실험용 무선국의 개발 절차, 전파이용-home page, 일본 우정성, 1998.12(www.tele.mpt.go.jp)
3. William C.Y. Lee Mobile Cellular Telecommunications Analog and Digital Systems 2nd Edition, McGraw-HILL International Edition, 1995
4. Howard H. Xia, Henry L. Bertoni, Andrew Lindsay-Stewart and Robert Rowe, Microcellular Propagation Characteristics for Personal Communications in Urban and Suburban Environment, IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. 43, No3, August 1994.
5. William C. Y. and David J. Y. Lee Microcell Prediction in Dense Urban Area, IEEE Trans on Vehicular Technology, Vol. 47, No1, February 1998.

VI. 결론

본 연구 결과의 분석에 의하면 200mW의 power를 갖는 전파차단장치는 전파차단장치가 설치된 장소로부터 최소한 2km, 10mW의 전파차단장치의 경우에는 1km이내의 지역에서는 이동 단말기에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

그러나, 여기에서는 고려되지 않은 사항을 첨가하여 분석한다면 전파차단장치가 이동단말기에 미치는 영향을 줄일 수 있을 것으로 예상되고, 이에 대한 결과는 전파전반 실험에 의해 확인되어야 한다고 생각된다. 여기에서 고려해야 할 사항을 부연 설명하면 다음과 같다.

- (1)전파차단장치의 power 감소 : 본 논문에서 얻어낸 결과로부터, 전파차단장치의 power를 23dBm(200mW)에서 10dBm(10mW)로 감소 시킴으로서 사용 반경을 좁힐 수 있음을 확인하였다.
- (2)기지국에 미치는 영향은 전파차단장치가 천장 부분에 설치됨으로서 천장에 의한 침투손실을 고려할 경우, 실내 전파 침투 손실이 더욱 증가 될 것으로 예상되어 사용거리가 다소 감소 될 것으로 예상된다.
- (3)전파차단장치의 안테나 지향성을 이용하면 외부로 방출되는 전파의 양을 감소시킬 수 있을 것이다.

위와 같은 사항을 고려할 때, 전파차단장치를 사용할 수 있는 범위가 좁혀질 수는 있으나 실험에 의한 검증이 필요하다.