

# 주파수 공유를 위한 M/W국과 WLL 시스템간의 간섭영향 분석

정회원 강영홍\*, 조호길\*\*

## Analysis on the Interference Effects between M/W Station and WLL System for Frequency Sharing

Young-Heung Kang\*, Ho-Kil Cho\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 연구에서는 새로운 WLL 시스템 도입으로 인한 기존 M/W 시스템간의 주파수 공유가능성을 분석하기 위해 수학적 해석모델 설정을 통한 간섭전력을 구해 WLL 가입자의 수용용량 및 WLL과 M/W 시스템간의 조정거리에 대한 평가를 수행하였다.

그 결과로서 M/W국에 미치는 WLL 간섭전력은 기지국의 경우 송신출력에만 비례하지만, 가입자의 경우는 송신출력뿐만 아니라 셀반경에 따라 커지므로 가입자의 수용용량을 높이기 위해서는 송신출력 및 셀반경의 설정이 중요하다. 또한 WLL 시스템에 미치는 M/W국의 간섭전력은 홉의 수, 홉간거리 및 M/W국의 보어사이트 방위각 등에 의존한다. 따라서 WLL과 M/W 시스템간의 주파수 공유를 위해서는 WLL의 가입자 수용용량 및 두 시스템간의 조정거리를 설정하는 것이 절대적으로 필요하다.

### ABSTRACT

In this paper, we have carried out the Capacity of WLL subscribers and the coordinate contour between M/W and WLL systems by drawing the interference power from theoretical interference analysis model in order to analyze the possibility of frequency sharing between two systems.

As the results, it is known that the interference effects of WLL base station into M/W station increases with only the transmission power of WLL base station, but that of WLL subscribers increases with the transmission power and the cell radius. So to heighten the capacity of WLL subscribers, it is very important to design suitable transmission power and cell radius. And the interference effects of M/W station into WLL system depends on the number of hops, the distance between hops, and the boresight angle of M/W station.

Therefore, for frequency sharing it must be needed to select a suitable capacity of WLL subscribes, control the boresight angle of M/W station and adjust the coordinate contour between M/W and WLL systems.

### I. 서론

WLL(Wireless Local Loop)은 종전의 전화선로를 이용하지 않고 기지국 중심으로 4~5km이내에 있는 가입자선로를 무선으로 접속하는 전화시스템 또는 교환기와 단말기간을 무선으로 연결하여 음성,

팩스, 정보통신 등의 서비스를 제공하는 등 다양한 부가통신 기능을 갖고 있어 최근 국내외적으로 도입이 이루어지고 있으며, 국내의 WLL 시스템은 중심주파수 2.3~2.4GHz, 10MHz 대역, CDMA방식으로 추진되고 있다<sup>[1][4]</sup>.

CDMA방식은 국내 육상이동통신 방식으로 세계

\* 군산대학교 전자정보공학부 (yhkang@kunsan.ac.kr), \*\* 현대정보기술 (hurk7@hanmail.net)

논문번호: 00191-0601, 접수일자: 2000년 6월 1일

최초로 개발 상용화된 시스템으로 간섭이나 방해, 다중경로 페이딩에 강할 뿐만 아니라 다중역세스에 매우 유리한 방식이지만 대역폭 확산(SS : Spread Spectrum)에 의한 협대역 신호를 광대역 채널에 확산시킴으로서 WLL 가입자는 기존의 M/W (Micro-wave) 시스템 사용자에게 이용되어온 대역폭을 공유할 가능성이 높다. 즉, 새로운 시스템의 도입은 한정된 주파수 자원문제가 크게 대두되어 주파수 자원을 효율적으로 운영하기 위한 시스템간의 주파수 공유가 필연적이다. 그 예로서 이전부터 지상 무선 중계시스템과 위성시스템들에 관련된 많은 서비스에서 주파수 공유가 허용되어 왔다. 주파수 공유를 효율적으로 운영하기 위해서는 이용주파수가 중복되는 두 시스템간의 간섭문제가 중요시되므로 새로운 시스템의 도입 및 설계단계에서 기존 시스템과의 간섭문제가 충분히 분석되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 새로운 WLL 시스템의 도입으로 인한 M/W 시스템과의 주파수 공유를 위해 WLL의 순방향 링크(forward link) 및 역방향 링크(reverse link)상에서 M/W국에 미치는 간섭영향과 M/W 서비스가 WLL국에 미치는 간섭영향을 평가하기 위해 수학적인 해석모델 설정 및 간섭전력 계산방법의 도출을 통한 간섭전력을 구해 WLL 가입자의 수용용량 및 WLL과 M/W 시스템간의 간섭조정거리(coordinate contour)에 대한 평가를 행함으로써 WLL과 M/W 시스템간의 주파수공유 가능성을 분석하고자 한다.

이를 위해 본 논문은 2장에 시스템모델로서 고정 M/W 시스템, WLL 시스템 및 전파특성에 대해 설명한다. 3장에서는 WLL 시스템이 M/W국에 미치는 간섭영향을 분석하기 위해 WLL서비스의 순방향 및 역방향 링크상에서의 간섭전력을 구해 가입자 수용용량을 평가하고, 4장에서는 M/W국이 WLL 시스템에 미치는 간섭영향을 분석하여 간섭조정거리에 대한 평가를 행한 후 5장에서 결론을 내린다.

## II. 논문 인용의 예

### 2-1 고정 M/W 시스템

고정 M/W 시스템은 지정된 트렌드라인(trendline)은 따르는 일련의 랜덤 홉(random hop)으로 구성된다. 트렌드라인의 전형적인 거리 및 작은 CCIR Rec. 556-1<sup>[5]</sup>에 나와 있으며, 홉의 수에는 제한이 없으나 디지털 라인의 경우 9홉으로 하고 있다. 고정 M/W 시스템의 안테나는 보통 높은 타워 꼭대

기나 고층빌딩 옥상에 설치되어 있는데, 여기서는 100m~1,000m로 가정한다. 또한, 안테나 특성은 날카로운 지향성을 가지므로 간섭해석에 있어서는 안테나의 방사특성이 중요한 파라메타이다. 그 패턴은 CCIR 또는 FCC에서 권고되고 있지만<sup>[6]</sup>, 본 논문에서는 다음과 같은 사이브로브 인벨로프(sidelobe envelope)특성을 가정한다.

$$G_M(\varphi) = \begin{cases} 32 - 20 \log \varphi \text{ dBi,} & \text{for } 1^\circ \leq \varphi \leq 60^\circ \\ -10 \text{ dBi,} & \text{for } 60^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ \end{cases} \quad (1)$$

여기서,  $\varphi$ 는 메인로브(main lobe)축으로 부터의 편이각을 나타내며, dBi는 등방향 방사기(isotropic radiator)에 대한 상대 dB값을 나타낸다. 실제 마이크로웨이브 안테나 이득패턴의 근사로서 식 (1)의 값을 사용할 수 있으며, WLL시스템이 M/W국에 미치는 간섭분석에서는 마이크로웨이브 안테나의 송신전력  $P_m = 1,000\text{mW}$ , 안테나의 높이  $h_M = 130\text{m}$ 로 가정한다.

### 2-2 WLL 시스템

WLL 시스템은 기존의 동선 대신에 무선기술을 이용하여 신뢰성, 유연성, 경제성의 지역 전화서비스를 제공하기 위한 시스템으로 “고정 셀룰러 시스템”이라 부른다. 국내에서 개발되고 있는 CDMA에 근거한 WLL 시스템은 지역 중앙사무소(CO, Central Office) 교환국과 기지국간의 통신링크로서 무선 액세스 매니저(WAM : Wireless Access Manager)를 포함하고 있다. 무선 시스템 제어기(WSC : Wireless System Controller)는 무선채널 제어기능 및 집중셀 사이트 성능 모니터링(monitring)을 행한다. 이는 각각 호 프로세서(CP : Call Processor) 장치와 가입자 액세스 매니저(SAM : Subscriber Access Manager)를 통해 제공된다. 하나의 운용 및 유지 센터(OMC : Operation and Maintenance Center)는 수천 사용자 및 다수의 WSC를 위해 WLL 시스템의 망관리를 행하는데 그림 1에 나타내었다<sup>[1]</sup>.

국내 WLL 시스템의 주파수 대역폭은 가입자에서 기지국 링크의 2.30GHz~2.33GHz와 기지국에서 가입자 링크의 2.37GHz~2.40GHz로서 송수신 채널간격은 70MHz으로 하고 있다. 기지국은 최대 출력이 20W이상으로, 가입자 접속장치의 무선 최대 출력은 채널당 250mW~1W로 고려 중에 있다<sup>[4]</sup>. 5MHz 채널대역폭을 이용할 때 대역확산대역폭,  $B_{SS} = 4,096\text{MHz}$ , 대역확산전파의 신호대역폭,  $B_p =$

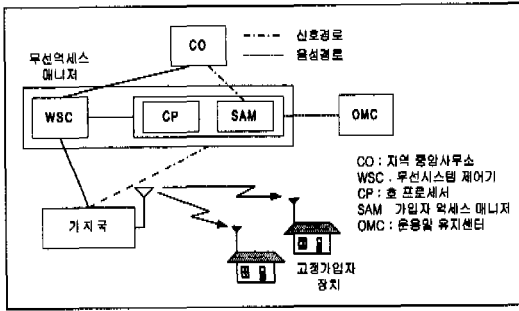


그림 1. CDMA WLL 시스템

64kHz로서 QPSK 변조방식의 경우의 데이터속도,  $R = 32\text{kbps}$ 이다.

WLL 시스템의 기지국 안테나는 지향성을 갖더라도 주위의 모든 가입자를 커버(cover)해야 하므로 이득 1의 등방향(isotropic)이면서 전방향(omnidirectional) 안테나로 가정할 수 있으며, 가입자 장치의 안테나는 식 (2)와 같이 가정한다<sup>[2]</sup>.

$$G_w(\theta) = \begin{cases} 1 \text{ dBi,} & \text{for } \frac{\omega}{2} \leq \theta \leq \frac{\omega}{2} \\ 0 \text{ dBi,} & \text{for otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

### 2-3 전파특성

M/W 시스템과 WLL 시스템간의 간섭문제를 평가하기 위해서는 이전부터 마이크로셀룰러(micro-cellular) 시스템에서 이론분석 및 측정이 행해져 온 도시/시외지역(urban/suburban)에 있어서의 전파특성이 중요하다.

셀룰러시스템의 전파손실 모델은 2경로(two-way) 모델로서 고정-고정 간에는 20dB/Oct., 고정-이동 간에는 40dB/Oct. 감쇄특성을 고려하면, 전파손실 특성,  $L_p$  [dB]는 식 (3)과 같이 가정할 수 있다<sup>[6],[7]</sup>.

$$L_p = l_b + 10 + \begin{cases} 20 \log(r/R_b), & r \leq R_b \\ 40 \log(r/R_b), & r > R_b \end{cases} \quad (3)$$

여기서,  $r$  은 M/W 시스템과 WLL 시스템간의 거리이고,  $R_b$  는 2경로 모델의 절점(break point)으로서 식 (4)와 같이 표현된다.

$$R_b = 4 \frac{h_M h_W}{\lambda} \quad (4)$$

여기서,  $h_M$ ,  $h_W$  은 M/W국과 WLL의 기지국 또는 가입자국의 안테나 높이를 나타내고,  $\lambda$  는 파장이다. 또한, 2경로 모델의 절점  $R_b$  에서의 전파손

실  $l_b$  는 식 (5)와 같다.

$$l_b = 20 \log\left(\frac{2\pi R_b}{\lambda}\right) \quad (5)$$

한편, 송신전력을  $P_t$  라하고, 전파손실 특성 식 (3)을 고려하면, 수신된 간섭전력  $P_r$  은 식 (6)과 같이 일반화 될 수 있다.

$$P_r = K_m r^{-n} P_t = \begin{cases} K_1 r^{-2} P_t \\ K_2 r^{-4} P_t \end{cases} \quad (6)$$

한 예로서 WLL 기지국의 안테나 높이,  $h_B = 8\text{m}$ , WLL의 가입자국의 안테나 높이,  $h_S = 2\text{m}$ 라 가정하고 WLL 시스템이 2.3~2.4GHz 주파수대를 이용하므로 주파수를 2.35GHz(파장  $\lambda \approx 0.13\text{m}$ )로 했을 때, 절점  $R_b = 492\text{m}$ 이고, 이 절점에서의 전파손실,  $l_b \approx 87.5\text{dB}$ 이다. 표 1에 M/W국과 WLL국 간에 관련된 파라메타로서  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $R_b$  및  $l_b$  를 정리해 놓았다.

표 1. WLL채널의 전파 파라메타

$h_B$	$h_S$	$R_b$	$l_b$	$K_1$	$K_2$
8m	2m	492m	87.5dB	$4.3 \times 10^{-5}$	10.23

## III. WLL 시스템이 M/W국에 미치는 간섭영향

WLL 시스템이 M/W수신기에 미치는 간섭전력은 M/W시스템 대역폭  $B_m$ , WLL 가입자밀도  $\rho$  및 가입자당 WLL 순방향 링크(forward link) 송신전력  $P_f$  (또는 역방향 링크(reverse link) 송신전력 $P_r$ )를 포함한 많은 파라메타에 의해 영향을 받는다. 그 중에서 M/W 고정서비스 전송에는 지향성 안테나를 사용하므로 안테나 방사패턴이 간섭분석에 중요한 역할을 하며 그 패턴은 식 (1)로 주어진다. 한편, WLL 시스템이 M/W시스템에 미치는 간섭영향은 다음과 같이 WLL 순방향 링크 및 역방향 링크상으로 나누어 분석되어야 한다.

### 3-1 순방향 링크에 의한 간섭

이 간섭은 WLL 순방향 링크 주파수 사용대역을 M/W시스템이 공유할 때 발생한다. WLL 시스템으로부터의 본 간섭전력은 모든 WLL 기지국에서 방사되는 전력의 합에 전파손실과 안테나 이득을 곱

함으로서 얻어진다. 이 간섭전력의 계산은 그림 2의 WLL 기지국(○으로 표시)과 M/W국(●으로 표시) 간의 간섭영향과 표 2로부터 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[6]</sup>.

$$P_1 \approx \left\{ 0.1 K_m h_M^{-n_m} + \sum_{i=1}^{\infty} \left[ G / \left( \tan^{-1} \left( \frac{h_M}{L_i} \right) \right)^2 + 2 \left[ \frac{1}{3} (3i-1) \right] G / \left( \frac{360i}{6i} \right)^2 + 2 \left[ \frac{1}{3} \sum_{j=0}^{3i-1} 0.1 + 0.1 \right] \right] \right\} \times K_m \left( \sqrt{L_i^2 + h_M^2} \right)^{-n_m} \times P_c \quad (7)$$

여기서,  $G = 32\text{dB} = 1.585$ ,  $[x]$ 는  $x$ 보다 작은 최대정수,  $\lceil x \rceil$ 는  $x$ 보다 큰 최소정수,  $P_c$ 는 CDMA의 파워 컨트롤(power control)을 고려한 식 (8)로 주어지는 값이다<sup>[6]</sup>.

$$P_c = \frac{\pi R^2 \rho P_f}{2} \times \left[ 1 + \left( \frac{r_0}{R} \right)^4 \right] \quad (8)$$

여기서,  $r_0 = 0.55R$ 이고, 그림 2는 M/W국에 미치는 WLL 순방향링크의 간섭을 나타낸다.

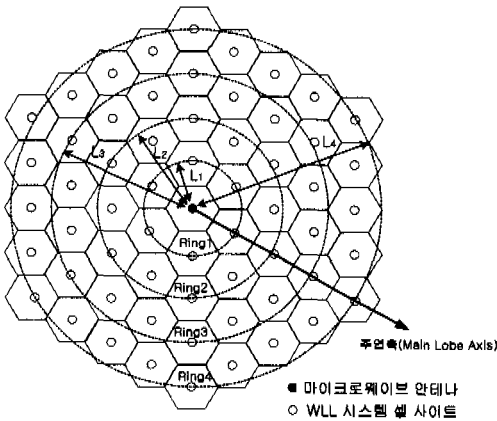


그림 2. M/W국에 미치는 WLL 순방향링크의 간섭

표 2. M/W 시스템과 WLL 셀사이트의 관계

Ring 번호	셀 사이트의 수	수평거리 $L_i$
1	6	$\sqrt{3}R$
2	12	$2\sqrt{3}R$
⋮	⋮	⋮
$i$	$6i$	$\sqrt{3}i \times R$

### 3-2 역방향 링크에 의한 간섭

M/W국과 WLL 가입자국의 안테나 특성은 식 (1) 및 (2)와 같이 빔 오프각(off angle)  $\varphi$ ,  $\theta$ 에 따라 방사전력이 다르기 때문에 그림 3과 같이  $G_M(\varphi)$  및  $G_W(\theta)$ 를 구하고 M/W국과 가입자국간의 거리  $r$ 에 따른 전파손실을 고려하면 간섭전력은 식 (9)와 같이 계산된다. (단,  $h_s \ll h_M$ 이라 한다.)

$$P_2 = P_r K_m (\sqrt{h_M^2 + r^2})^{-n_m} G_M(\varphi) G_W(\theta) \quad (9)$$

여기서,  $P_r$ 은 WLL 가입자국의 송신전력,  $K_m$ ,  $n_m$ 은 식 (6) 및 표 1에 주어진 값을 이용한다. 이를 위하여 본 논문에서는 M/W국이 위치한 동일셀 및 인접셀 내에서의 WLL에 의한 간섭전력을 구하면 다음과 같다.

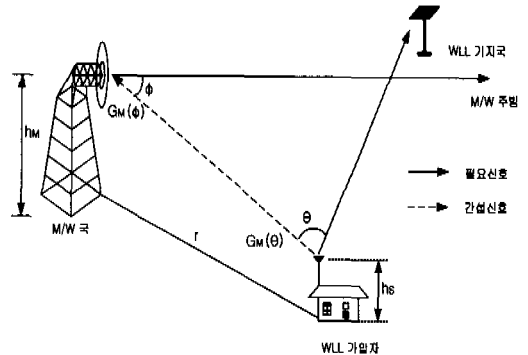


그림 3. M/W국에 미치는 WLL 가입자국의 간섭

#### 3-2-1 동일셀내의 가입자에 의한 간섭

이 경우의 WLL 가입자에 의한 간섭은 M/W국이 위치한 동일셀내의 가입자들의 간섭의 누적으로 주어진다. WLL 가입자가 셀내에 일양분포(uniform distribution)하며, 가입자들은 M/W국 보다 반경  $a$ 만큼 떨어져 분포한다고 가정하면 M/W 시스템에 미치는 동일셀내의 WLL 가입자에 의한 간섭전력을 구하면 다음과 같다.

$$P_{2S} = 2 \int_{\frac{2\pi}{300}}^{\pi} G_M(\varphi) \int_a^R \frac{P_r}{2} \alpha \rho K_m (\sqrt{r^2 + h_M^2})^{-n_m} r dr d\varphi \approx \alpha \rho K_m P_r \frac{(a^2 + h_M^2)^{-(\frac{n_m}{2}-1)}}{(n_m-2)} \left( \frac{\pi}{180} G + \frac{\pi}{15} \right) \quad (10)$$

#### 3-2-2 인접셀내의 가입자에 의한 간섭

그림 2를 확장하여 인접셀  $C_i$  내에 일양분포되어

있는 WLL 가입자국들로부터 M/W국에 미치는 간섭전력은 가입자들이 기지국으로부터  $a$ 만큼 떨어져 분포한다고 가정하면 인접셀로부터의 간섭전력 계산 방법 및 식 (9)로부터 그림 4를 고려하여 다음과 같이 구할 수 있다.

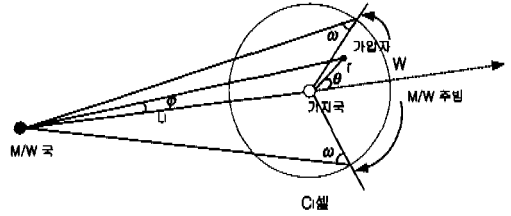


그림 4. 한 인접셀로부터 M/W국에 미치는 간섭

$$P_{2d} = \alpha \rho P_m K_m \int_a^R \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{G_M(\varphi) G_m(\theta)}{(h_m^2 + L_i^2 + r^2 + 2L_i r \cos \theta)^{\frac{n}{2}}} r dr d\theta \quad (11)$$

여기서,  $\alpha$  ( $\approx 0.4$ )는 음성 액티비티(voice activity) 인자,  $\rho$ 는 셀내의 WLL 가입자 분포밀도,  $R$ 은 셀 반경, 그리고  $W$ 는 다음과 같다.

$$W = \omega \left(1 + \frac{r}{L_i}\right) \quad (12)$$

이를 토대로 식 (11)을 다시 정리하면, 식 (1)의 안테나 패턴에 따라 다음의 두 가지 경우로 계산된다.

i)  $\frac{2\pi}{360} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{3}$

$$P_{2d} \approx 2 \alpha \rho K_m G P_m \left(\frac{2\pi}{360}\right)^2 \int_{\frac{2\pi}{360}}^{\frac{\pi}{2}} \theta^{-2} d\theta \int_a^R \frac{dr}{r(r+L_i)^{n-2}}$$

$$= \frac{\pi}{90} \alpha \rho K_m G R \left\{1 - \frac{\pi L_i}{\omega(L_i + R)}\right\} C_1 \quad (13)$$

여기서,

$$C_1 = \sum_{j=1}^{n-3} \frac{1}{(n_m - j - 2)L_i^j} \left\{ \frac{1}{(R+L_i)^{(n_m-j-2)}} - \frac{1}{(a+L_i)^{(n_m-j-2)}} \right\} + \frac{1}{L_i^{n-1}} \log \left| \frac{R(a+L_i)}{a(R+L_i)} \right| \quad (14)$$

ii)  $\frac{\pi}{3} < \varphi \leq \pi$

$$P_{2d} \approx 0.2 \alpha \rho K_m P_r \int_0^{\frac{\pi}{2}} d\theta \int_a^R \frac{r dr}{(r+L_i)^{n_m}}$$

$$= 0.1 \alpha \rho K_m P_r \omega \left(1 + \frac{R}{L_i}\right) C_2 \quad (15)$$

여기서,

$$C_2 = \frac{1}{(n_m - 2)} \left\{ \frac{1}{(a+L_i)^{n_m-2}} - \frac{1}{(R+L_i)^{n_m-2}} \right\} + \frac{L_i}{(n_m - 1)} \left\{ \frac{1}{(R+L_i)^{n_m-1}} - \frac{1}{(a+L_i)^{n_m-1}} \right\} \quad (16)$$

한편, 모든 인접셀에 의한 간섭전력은 다음과 같이 구할 수 있다. 그림 2의 WLL 셀 Ring 구조로부터 Ring 1의 경우 i) 영역에 들어가는 셀의 수가 2개, ii) 영역에 들어가는 셀의 수는 4개이고, 마찬가지로 Ring 2의 경우에는 i) 영역이 4개 ii) 영역이 8개가 되므로 이를 고려하여 전체 누적에 의한 인접셀의 간섭전력을 다음과 같이 계산된다.

$$P_{2d} \approx \sum_{i=1}^n (2i \times P_{d1} + 4i P_{d2}) \quad (17)$$

따라서, M/W시스템에 미치는 WLL 역방향 링크상의 간섭전력은 식 (10)의 동일셀에 의한 간섭전력 및 식 (17)의 인접셀에 의한 간섭전력의 합으로 주어진다. 즉,

$$P_2 = P_{2s} + P_{2d} \quad (18)$$

이다.

### 3-3 간섭평가

WLL 시스템에 의한 간섭은 M/W 수신기에서의 S/N(signal-to-noise ratio)을 1dB이상 열화시켜서는 안된다. 이는 동가적으로 간섭잡음레벨은 원배경(original background) 잡음레벨보다 약 6dB 이하일 것이 요구되며, 이 경우 간섭기준치(threshold level)는 약 -105dBm이다<sup>[4]</sup>.

그림 5는 간섭기준치와 가입자용량에 따른 M/W 시스템에 미치는 WLL 시스템의 간섭전력을 비교한 결과이다. 여기서, 기지국의 출력은 20W 이상, 가입자장치의 출력은 250mW~1W이므로<sup>[4]</sup>, 이를 고려할 때 순방향링크상의 간섭영향이 역방향링크상의 간섭영향보다 강하게 나타나고 있다. 예를 들어 가입자 분포밀도가  $1.0 \times 10^3$  subscribers/m<sup>2</sup> 일 때 순방향링크상에서 기지국의 출력을 20W라 가정하면, M/W 시스템에 미치는 간섭전력은 약 -104dBm이고, 역방향링크상의 간섭전력은 가입자장치의 출력을 1W라 할 때 약 -120dBm으로 그 차는 16dB

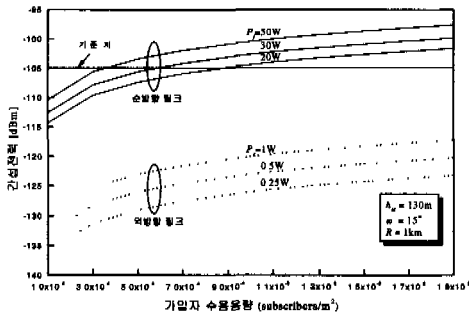


그림 5. 가입자용량에 따른 M/W 시스템에 미치는 WLL 시스템의 간섭전력

정도이다. 또한, 순방향링크상에서 기지국출력이 20W에서 50W로 높아지면, 그 간섭전력은 약 4dBm 증가한다. 그러나, 역방향링크상에서는 순방향링크상보다 가입자 분포밀도면에서 여유가 있음을 알 수 있다. 즉, 더 많은 가입자를 수용할 수 있다.

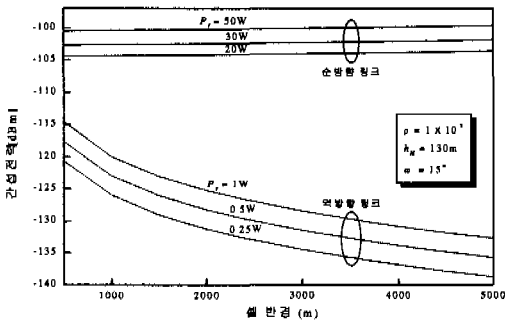


그림 6. 셀반경에 따른 M/W시스템에 미치는 WLL 시스템 간섭전력

그림 6은 셀반경에 따른 WLL 시스템의 순방향 및 역방향링크상에서 M/W 시스템에 미치는 간섭영향을 나타내었다. 이 결과로부터 알 수 있듯이 순방향링크상의 간섭전력은 셀반경에 거의 영향을 받지 않으며, 이는 식 (8)의 CDMA의 전력제어(power control)에 의해 셀반경이 커져도 거의 일정한 전력이 유지됨을 보여주고 있다. 반면, 역방향링크의 간섭전력은 셀반경에 따라 아주 민감하며, 예를 들어 가입자장치의 출력이 1W일 때 셀반경이 500m인 경우는 약 -115dBm 이었던 간섭전력이 셀반경이 5km로 커짐에 따라 약 -130dBm으로 낮아짐을 알 수 있다.

그림 5 및 그림 6으로부터 M/W 시스템과 주파

수 공유가 가능한 WLL 시스템의 가입자 수용용량은 순방향 링크의 경우는 기지국의 송신출력에만 의존하지만, 역방향 링크상에서는 가입자의 송신출력뿐만 아니라 셀반경에 주로 의존하고 있음을 알 수 있으며, 이를 토대로 셀반경이 1000m와 5000m 일때 기지국 및 가입자의 송신출력에 따른 WLL 수용용량을 구하여 표 3에 정리해 놓았다. 이 표로부터 알 수 있듯이 순방향링크상에서 기지국 송신출력이 20W인 경우, 50W인 경우에 비해 약 2.5배의 수용용량을 가져 송신출력에 비례하여 수용용량이 작아지고 있다. 한편, 역방향링크상에서도 가입자 송신출력이 1W에서 250mW로 작아지면, 수용용량은 4.2배로 증가하여 역시 송신출력에 비례하여 수용용량이 작아진다. 뿐만 아니라 셀반경이 1000m에서 5000m로 넓어지면 이에 비례하여 수용용량은 커지고 있다. 예를 들어, 가입자의 송신출력이 250mW일 때, 셀반경 5000m의 가입자 수용용량은 1000m일 때 보다 약 19배로 증가한다.

표 3. WLL 용량

(subscribers / m<sup>2</sup>)

셀반경	순방향 링크			역방향 링크		
	20W	30W	50W	250mW	500mW	1W
1000m	8.6 × 10 <sup>4</sup>	5.7 × 10 <sup>4</sup>	3.4 × 10 <sup>4</sup>	1.3 × 10 <sup>1</sup>	6.3 × 10 <sup>2</sup>	3.1 × 10 <sup>2</sup>
5000m	7.4 × 10 <sup>4</sup>	4.9 × 10 <sup>4</sup>	2.9 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>0</sup>	1.2 × 10 <sup>0</sup>	6.1 × 10 <sup>1</sup>

#### IV. M/W국이 WLL 시스템에 미치는 간섭영향

##### 4-1 간섭영향

M/W국은 고정 트렌드라인상의 여러 개의 랜덤 흡으로 구성되며, 흡의 수에는 제한이 없지만, CCIR 기준 디지털 경로로서 9흡이 권고되고 있다. 또한 흡간 거리는 고정링크의 전체 길이가 2500km, 50흡 일때 50km로 하여 여러 가지 성능기준을 설정하고 있지만, 구체적인 제한 조건은 없으며, 나라마다 또 지형에 따라 흡간 거리는 다르게 설정된다.

따라서 본 연구에서는 임의의 n개의 흡과 흡간 거리 r<sub>h</sub>를 설정하여 M/W국이 WLL 시스템에 주는 간섭영향을 평가한 그림을 그림 7에 나타냈다. 계산을 간단히 하기 위해 각 M/W국 안테나의 보어사이트(bore sight : 주위의 방향)가 고정링크의 트렌드라인과 이루는 각을 0°로, 흡간 거리는 r<sub>h</sub>로 일정하다고 가정한다.

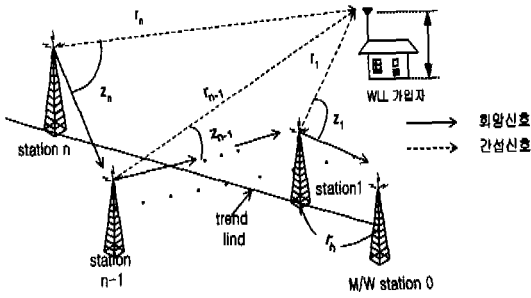


그림 7. M/W국이 WLL 가입자국에 간섭을 주는 경우

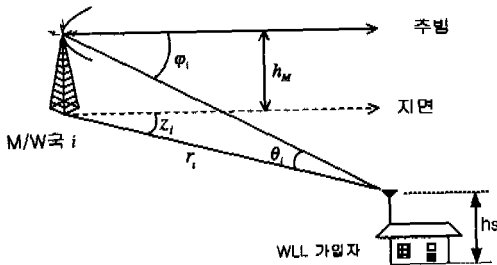


그림 8. 간섭계산 메커니즘

한편, 임의의 M/W국  $i$ 로부터 WLL 가입자국에 의해 수신되는 간섭계산모델이 그림 8에 나타냈는데, 이로부터 WLL 가입자국이 M/W국을 바라보는 양각(elevation angle)  $\theta_i$ 는 M/W 안테나의 높이  $h_m$ 가 WLL 가입자국의 안테나 높이  $h_s$ 보다 충분히 크다면, 즉  $h_m \gg h_s$  이면,

$$\theta_i = \tan^{-1}\left(\frac{h_m}{r_i}\right) \quad (19)$$

이고, 주빔(main beam)과 핸드셋이 이루는 각  $\phi_i$ 는 다음과 같다.

$$\phi_i = \cos^{-1}(\cos \theta_i \cos z_i) \quad (20)$$

WLL 가입자국에 의해 수신된 M/W 시스템의 간섭전력  $P_{if}$ 는 식 (1), 식 (6) 및 식 (20)을 이용하여, 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{if} = \sum_{i=1}^n g(\phi_i) K_m (\sqrt{r_i^2 + h_m^2})^{-m} P_i \quad (21)$$

여기서,  $g(\phi_i) = 10^{\frac{G(\phi_i)}{10}}$ ,  $n$ 은 M/W국의 수, 식 (5)의 조건에 의한  $K_m = K_1$  또는  $K_2$ ,  $n_m = 2$  또는 4,  $P_i$ 는 각 M/W국의 송신전력으로, 본연구에

서는  $P_1 = P_2 = \dots = P_n = P_f$ 로 가정하였다.

WLL 가입자국에 의해 수신되는 비희망(unwanted) 신호전력, 즉 간섭전력  $P_{mu}$ 는 식 (22)에다 대역폭 및 피이더(feeder) 손실을 고려하면,

$$P_{mu} = P_{if} + 10 \log_{10} \{ (B_f / B_m) \max(B_s / B_m, 1) \} - L_m \quad (22)$$

이다. 여기서,  $B_m$ 는 M/W 시스템의 수신대역폭,  $L_m$ 는 M/W국 안테나의 피이더 손실이다.

#### 4-2 간섭평가

식 (23)을 이용하여, M/W 시스템의 홉 수  $n$  및 홉간 거리  $r_h$ 를 파라메타로 M/W국으로부터의 간섭 신호전력을 그림 9에 나타내었다.

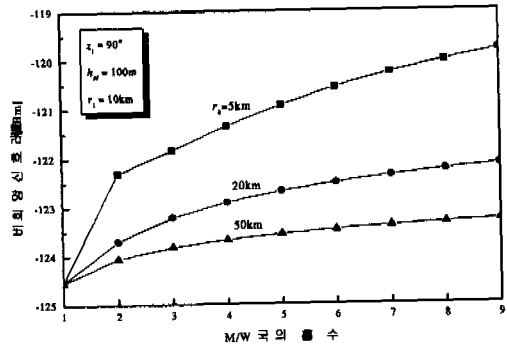


그림 9. M/W 홉 수  $n$ 과 홉간 거리  $r_h$ 에 따른 간섭전력

그림 9의 결과는 한 WLL 가입자국이 M/W 시스템의 트렌드라인과 수직(90°)을 이루면서 10km의 거리에 있을 때, M/W국들로부터 받는 간섭영향을 타나낸 것으로 홉간 거리가 어느 정도 멀리 떨어져 있을 때는 홉 수가 많아지더라도 간섭레벨은 그다지 증가하지 않지만 홉간 거리가 짧아지면 홉의 수에 따라 간섭레벨이 증가한다. 예를 들어 홉간 거리가 5km 정도로 극단적으로 짧을 때, 홉 수가 9이면 1일 때보다 간섭레벨이 4dBm 증가하지만, 홉간 거리가 20km이상 떨어지면 2차가 2dB이내로 홉의 수와는 거의 무관하다.

그림 10에서는 9홉, 홉간 거리 50km인 M/W국의 안테나의 높이를 100m로 가정한 때, WLL 가입자의 위치, 즉 M/W 트렌드라인과의 이루는 각  $z_i$  및 수직거리  $r_i$ 에 따른 M/W국이 WLL 가입자에 미치는 간섭영향을 나타내었다. 그림으로부터 알 수 있듯이 M/W 안테나의 보어사이트 전방에서는  $\pm 20^\circ$

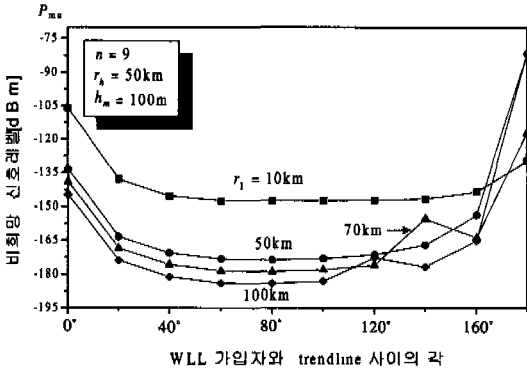


그림 10. 트랜드라인과 WLL 가입자간의 거리  $r_1$  및 양자간의 이루는 각  $z_1$ 에 따른 간섭전력

이내, 후방에서는  $\pm 160^\circ$  이내에서 간섭레벨이 급격히 증가함을 알 수 있다. 또한, WLL 가입자의 어떤 위치에서는 M/W국들의 간섭의 합성이 크게 증가되는 경향을 보이는데, 예를 들면,  $r_1=70\text{km}$ ,  $z_1=140^\circ$ , 또는  $r_1=100\text{km}$ ,  $z_1=120^\circ$ 인 지점에서 간섭이 증대되고 있다. 한편, M/W국이 WLL 기지국과의 간섭조정거리(coordination contour)를 이용하여 주파수 공유 기준설정을 행할 수 있으며, 한 예로서 WLL 기지국의 간섭허용레벨을  $-110\text{dBm}$ 으로 가정했을 때의 M/W국과 WLL 기지국과의 간섭조정거리는 그림 11과 같다.

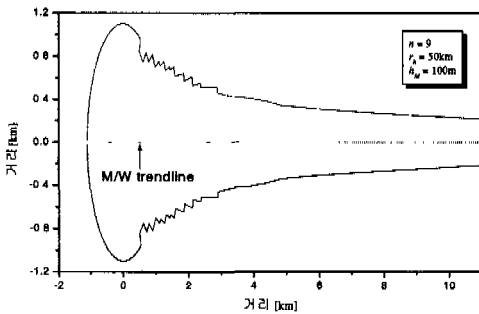


그림 11. 조정권터의 한 예

그림 11로부터 알 수 있듯이 9홉, 홉간 거리 50km인 M/W국의 안테나의 높이를 100m라 가정할 때, WLL 기지국과 M/W 시스템간의 주파수 공유에 필요한 조정거리는 수직거리 1.1km 이상이 되어야 하며, M/W 안테나의 보어사이트의 전방은 약 11km의 조정거리가 필요하지만, 후방은 1km 정도의 조정거리면 된다.

## V. 결론

WLL 순방향링크 및 역방향링크상에서 M/W국에 미치는 간섭영향을 각각 분석하여 그 평가를 행하였는데 그 결과로서 M/W국에 미치는 WLL 시스템의 간섭영향은 주로 순방향링크의 기지국에 의해 지배적이며, 이 경우는 CDMA 시스템의 전력제어에 의해 셀반경에 관계없이 기지국의 송신출력에 비례하여 간섭영향이 커지므로 기지국의 송신출력을 선택하는 것이 매우 중요하다.

WLL 시스템의 역방향링크에 의해 M/W국에 미치는 간섭영향은 가입자의 송신출력 뿐만아니라 셀반경에 의존하므로 가입자의 수용용량을 높이기 위해서는 송신출력을 작게 하거나 셀반경을 크게 가져야 한다. 현재 250mW~1W로 고려되고 있는데, 순방향링크와 마찬가지로 M/W 시스템과 주파수공유를 위한 가입자 수용용량을 설정하여 송신출력을 설정해야 한다.

M/W 시스템이 WLL 시스템에 미치는 간섭의 경우, M/W시스템의 홉의 수 및 홉간 거리와 같은 파라미터에 의존하지만, WLL과 M/W국의 트랜드라인과의 수직거리가 20km 이상이 되면 홉의 수에는 거의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다. M/W 시스템의 보어사이트 전방  $\pm 20^\circ$  이내 후방  $\pm 160^\circ$  이내에서 간섭레벨이 급증하므로 WLL 가입자국은 이 위치 내에 놓이지 않도록 해야하며 특히 전방에서의 조정거리는 그 어느 방위에서보다도 상당히 크게 설정해야만 한다.

결론적으로 WLL 시스템과 M/W 시스템간의 주파수 공유를 위해서는 WLL의 가입자 수용용량을 설정하여 이에 따른 적절한 기지국 송신출력을 선택하는 것이 바람직하며, 셀반경이 작을수록 M/W국에 미치는 간섭영향이 크게 나타나므로 셀반경의 설계도 병행되어야 할 것이다. 또한 M/W 안테나의 보어사이트의 조정 및 두 시스템간의 적절한 조정거리를 설정해서 설계해야 한다.

## 참고 문헌

- [1] V. K. Garg, and E. L. Sneed, "Digital wireless local loop system," *IEEE Commun. Mag.*, pp. 112-115, Oct. 1996.
- [2] D. J. Y. Lee and C. Xu, "CDMA wireless local loop capacity," '97 *IEEE Global Telecomm.*



Conference, pp. 97-101, Nov. 1997.

- [3] William C. Y. Lee. Applying CDMA to the Wireless Local Loop, Cellular Business, Oct. 1995년, pp. 78-80.
- [4] 이상호, 김영환, 김태근, “가입자선로 무선전화 시스템(WLL)의 국내 개발동향”, 한국통신학회지 제14권 제3호, pp. 98-108, 1997년 3월.
- [5] Rec. ITU-R F.556-1, “Hypothetical reference digital path for radio-relay systems which may form part of an integrated service digital network with a above the second hierarchical level”, 1986.
- [6] Y. R. Tsai and J. F. Chang, “Feasibility of adding a personal communications network to an existing fixed-service microwave system,” *IEEE Trans. Commun.* vol. COM\_44, pp. 76-83, Jan. 1996.
- [7] P. Gardenier, M. Shafi, R. B. Vernall, and M. Milner, “Sharing issues between FPLMTS and fixed services,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 32, no. 6, pp. 74-78, June 1994

강영훈(Young-Heung Kang)

정회원

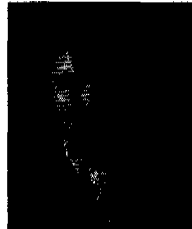


1984년 2월 : 한국항공대학교  
통신공학과 졸업  
1986년 2월 : 한국항공대학교  
대학원 전자공학과 석사  
1993년 2월~1990년 2월 : 한국  
항공대 통신정보공학과  
조교

1995년 8월~1996년 8월 : 일본 오사카대학 재원교수  
1990년 4월~현재 : 군산대 전자정보공학과 부교수  
<주관심 분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학

조호길 (Ho-Kil Cho)

정회원



1998년 2월 : 군산대학교  
정보통신공학과 졸업  
2000년 2월 : 군산대학교  
정보통신공학과 대학원  
졸업

2000년 2월~2000년 9월 : (주)삼양전자 연구소  
2000년 9월~현재 : 현대정보기술  
<주관심 분야> 전자공학, 통신공학, 광통신 공학