

# 고정 M/W 서비스에 미치는 WLL 시스템의 간섭 영향 분석

조 호 길, 강 영 흥

\* 군산대학교 정보통신공학과

## The Analysis on the Effects of Interference from WLL System into Fixed M/W Service

Ho-Kil Cho, Young-Heung Kang

\* Dept. of Telecommunication Engineering, Kunsan National Univ.

### 요 약

본 논문은 새로운 서비스의 하나인 WLL 시스템의 도입에 따른 기존 고정서비스인 M/W 시스템에 미치는 간섭영향을 분석한 것이다. 이를 위해 M/W국에 미치는 WLL 시스템의 순방향 및 역방향 링크상에서의 간섭전력을 계산하여 그 평가를 행하였다. 그 결과로서 순방향링크에 의한 간섭영향은 기지국의 송신출력에 비례하여 증가하지만 셀반경에는 관계가 없다. 반면, 역방향링크에 의한 간섭영향은 가입자의 송신출력에 비례하고, 셀반경이 작아짐에 따라 간섭영향이 커진다. 비록 본 연구는 M/W 시스템에 미치는 WLL 시스템의 간섭영향 분석에 국한되고 있지만, 향후 이와 반대인 WLL 시스템에 미치는 M/W국의 간섭영향을 분석하기 위한 연구로 확장 가능하다.

### I. 서 론

새로운 개념의 무선통신 시스템으로 WLL (Wireless Local Loop) 무선 가입자망의 개발이 본격화되고 있다. WLL이란 종전의 전화선로를 이용하지 않고 기지국 중심으로 4~5km 이내에 있는 가입자선로를 무선으로 접속하는 전화시스템 또는 교환기와 단말기간을 무선으로 연결하여 음성, 팩스, 정보통신 등의 서비스를 제공하는 통신망을 일컫으며 다양한 부가통신 기능을 갖는다. 국내의 WLL 시스템은 중심주파수 2.3~2.4GHz, 10MHz 대역, CDMA 방식으로 추진되고 있다<sup>[1]</sup>.

CDMA 방식은 국내 육상이동통신 방식으로 세계 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(Microwave) 시스템 사용자에게 이용되어온 대역폭을 공유할 가능성이 높다. 즉, 새로운 시스템의 도입은 한정된 주파수 자원문제가 크게 대

두되어 주파수 자원을 효율적으로 운영하기 위한 시스템간의 주파수 공유가 필연적이다. 그 예로서 이전부터 지상 무선 중계시스템과 위성시스템들에 관련된 많은 서비스에서 주파수 고유가 허용되어 왔다. 주파수 공유를 효율적으로 운용하기 위해서는 이용주파수가 중복되는 두 시스템간의 간섭문제가 중요시되므로 새로운 시스템의 도입 및 설계단계에서 기존 시스템과의 간섭문제가 충분히 분석되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 새로운 WLL 시스템의 도입으로 인한 M/W 시스템에 미치는 간섭영향을 WLL의 순방향 링크(forward link) 및 역방향 링크(reverse link)상에서 분석하여 각각의 간섭전력 계산방법의 도출 및 이에 대한 평가를 행하여 기존 M/W 시스템과의 주파수 공유 가능성을 찾아내고자 한다.

### II. 간섭분석

WLL 시스템이 M/W수신기에 미치는 간섭전력

은 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 한다. 한편, WLL 시스템이 M/W시스템에 미치는 간섭영향은 다음과 같이 WLL 순방향 링크 및 역방향 링크상으로 나누어 분석되어야 한다.

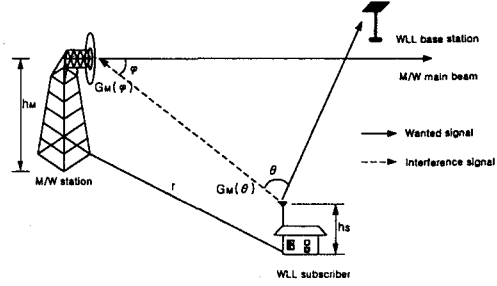


그림 1. M/W국에 미치는 WLL 가입자국의 간섭

### 2-1. 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 곱하므로써 얻어진다<sup>[2]</sup>.

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

여기서,  $G = 32\text{dB} = 1,585$ ,  $[x]$ 는  $x$ 보다 작은 최대정수,  $\lfloor x \rfloor$ 는  $x$ 보다 큰 최소정수,  $P_c$ 는 CDMA의 파워 컨트롤(power control)을 고려한 다음 식으로 주어지는 값이다<sup>[2]</sup>.

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

여기서,  $r_0 = 0.55R$  이다<sup>[2]</sup>.

### 2-2. 역방향 링크에 의한 간섭

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

$$P_2 = P_r K_m (\sqrt{h_M^2 + r^2})^{-n_m} G_M(\varphi) G_W(\theta) \quad (3)$$

여기서,  $P_r$ 은 WLL 가입자국의 송신전력,  $K_m, n_m$ 은 식(6) 및 표 1에 주어진 값이다.

### (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/W국보다 반경  $a$ 만큼 떨어져 분포한다고 가정하면 M/W 시스템에 미치는 동일셀내의 WLL 가입자에 의한 간섭전력은 다음과 같다.

$$P_{2S} = 2 \int_{\frac{2\pi}{360}}^{\pi} G_M(\varphi) \int_a^R \frac{P_r}{2} \alpha \rho K_m (\sqrt{r^2 + h_m^2})^{-n_m} r dr d\varphi \approx \alpha \rho K_m P_r \frac{(a^2 + h_m^2)^{-(\frac{n_m}{2}-1)}}{(n_m-2)} \left( \frac{\pi}{180} G + \frac{\pi}{15} \right) \quad (4)$$

### (2) 인접셀내의 가입자에 의한 간섭

그림 1을 확장하여 인접셀  $C_i$  내에 일양분포되어 있는 WLL 가입자국들로부터 M/W국에 미치는 간섭전력은 가입자들이 기지국으로부터  $a$ 만큼 떨어져 분포한다고 가정하면 문헌[3]의 인접셀로부터의 간섭전력 계산방법 및 식(3)으로부터 그림 2를 고려하여 다음과 같이 구할 수 있다.

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

$$P_{\omega} \approx 2 \alpha \rho K_m G P_r \left( \frac{2\pi}{360} \right)^2 \int_{\frac{2\pi}{360}}^{\frac{\pi}{3}} \theta^{-2} d\theta \int_a^R \frac{dr}{r(r+L_i)^{n_m-2}} = \frac{\pi}{90} \alpha \rho K_m G R r \left\{ 1 - \frac{\frac{\pi}{90} L_i}{\omega(L_i+R)} \right\} C_1 \quad (5)$$

여기서,

$$C_1 = \sum_{j=1}^{n_m-3} \frac{1}{(n_m-j-2)L_i^j} \left\{ \frac{1}{(R+L_i)^{(n_m-j-2)}} - \frac{1}{(a+L_i)^{(n_m-j-2)}} \right\} + \frac{1}{L_i^{n_m-1}} \log \left| \frac{R(a+L_i)}{a(R+L_i)} \right| \quad (6)$$

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

$$P_{d1} \approx 0.2 \alpha \rho K_m P_r \int_0^{\frac{W}{2}} d\theta \int_a^R \frac{r dr}{(r+L_i)^{n_a}}$$

$$= 0.1 \alpha \rho K_m P_r \omega \left(1 + \frac{R}{L_i}\right) C_2 \quad (7)$$

여기서,

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

$$\frac{L_i}{(n_m-1)} \left\{ \frac{1}{(R+L_i)^{n_a-1}} - \frac{1}{(a+L_i)^{n_a-1}} \right\} \quad (8)$$

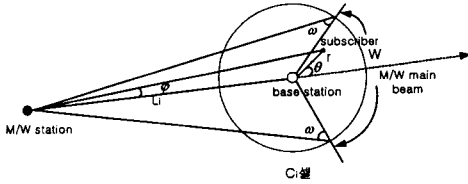


그림 4. 한 인접셀로부터 M/W에 미치는 간섭

한편, 모든 인접셀에 의한 간섭전력은 WLL 셀 구조로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{2d} \approx \sum_{i=1}^m (2i \times P_{d1} + 4i P_{d2}) \quad (9)$$

따라서, M/W시스템에 미치는 WLL 역방향 링크상의 간섭전력은 식(4)의 동일셀에 의한 간섭전력 및 식(9)의 인접셀에 의한 간섭전력의 합으로 주어진다. 즉,

$$P_2 = P_{2s} + P_{2d} \quad (10)$$

이다.

### III. 간섭평가

M/W국에 있어서 WLL 기지국 또는 가입자로부터 수신되는 간섭 잡음레벨은 다음과 같이 쓸 수 있다<sup>[2]</sup>.

$$N_m = P_1 \text{ (or } P_2) / B_s \quad (11)$$

M/W시스템의 성능 열화양을 정량화하기 위해 문헌[2]에 주어진 기준을 사용한다. 즉, WLL 시

스템에 의한 간섭은 M/W 수신기에서의 S/N(signal-to-noise ratio)을 1dB이상 열화시켜서는 안된다. 이는 등가적으로  $N_m$ 은 원배경(original background) 잡음레벨보다 약 6dB 이하일 것이 요구된다. 이 경우 간섭기준치(threshold level)는 약 -105dBm이다.

우선 WLL 역방향 링크상에서 M/W국이 존재하는 동일셀내의 가입자에 의한 간섭영향과 M/W국과 인접하는 셀내의 가입자에 의한 간섭영향을 비교하여 그림 3에 나타내었다. 이 그림으로부터 알수 있듯이 WLL 셀의 Ring 구조에 따라 인접셀에 의한 간섭영향은 다르게 나타나며, 예를 들어 Ring 1의 6개의 셀내의 가입자들에 의한 간섭영향은 오히려 하나의 동일셀내의 가입자들에 의한 간섭보다도 1dBm 정도 높게 나타나고 있지만, Ring 2의 12개의 인접셀내의 가입자들에 의한 간섭은 2dBm 정도 낮다. Ring이 10 정도로 M/W국과 아주 멀리 떨어져 있는 인접셀내의 가입자들에 의한 간섭은 동일셀내의 가입자들에 의한 간섭보다 8dBm 정도 낮은 간섭전력을 보인다. 이하의 인접셀에 의한 간섭을 계산할 때는 Ring 10 까지로 제한하기로 한다.

그림 4에 간섭기준치와 WLL 시스템의 순방향 링크 및 역방향링크상에서 M/W 시스템에 미치는 간섭영향을 가입자 분포밀도와 WLL 기지국 및 가입자장치의 출력에 따라 나타내었다. 여기서, 기지국의 출력은 20W 이상, 가입자장치의 출력은 250mW~1W이므로<sup>[4]</sup>, 이를 고려할 때 순방향링크상의 간섭영향이 역방향링크상의 간섭영향보다 강하게 나타나고 있다. 예를들어 가입자 분포밀도가  $1.0 \times 10^{12}$  subscribers/m<sup>2</sup> 일 때 순방향링크상에서 기지국의 출력을 20W라 가정하면, M/W 시스템에 미치는 간섭전력은 -110dBm이고, 순방향링크상의 간섭전력은 가입자장치의 출력을 1W라할 때 -123dBm으로 그 차는 13dBm 정도이다. 또한, 순방향링크상에서 기지국출력이 20W에서 50W로 높아지면, 그 간섭전력은 가입자 분포밀도  $8.0 \times 10^{13}$  subscribers/m<sup>2</sup> 이상에서 간섭기준치를 초과하고 있다. 그러나, 역방향링크상에서는 순방향링크상보다 가입자 분포밀도면에서 여유있음을 알수 있다. 즉, 더 많은 가입자를 수용할수 있다.

그림 5는 셀반경에 따른 WLL 시스템의 순방향 및 역방향링크상에서 M/W 시스템에 미치는 간섭영향을 나타내었다. 이 결과로부터 알수 있듯이 순방향링크상의 간섭전력은 셀반경에 거의 영향을 받지 않으며, 이는 식(2)의 CDMA의 전력제어(power control)에 의해 셀반경이 커져도 거의 일정한 전력이 유지됨을 보여주고 있다. 반면, 역방향링크의 간섭전력은 셀반경에 따라 아주 민감하며, 예를들어 가입자장치의 출력이 1W일 때 셀반경이 1km인 경우 -123dBm 이었던 간섭전력이 셀반경이 5km로 커짐에 따라 -135dBm으로 낮아짐을 알수 있다.

그림 4 및 그림 5로부터 M/W 시스템과 주파수 공유가 가능한 WLL 시스템의 가입자 수용용량은 순방향 링크의 경우는 기지국의 송신출력에만 의존하지만, 역방향 링크상에서는 가입자의 송신출력 뿐만 아니라 셀반경에 주로 의존하고 있음을 알 수 있으며, 이를 토대로 셀반경이 1000m와 5000m일 때 기지국 및 가입자의 송신출력에 따른 WLL 수용용량을 구하여 표 1에 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 4배로 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 때보다 약 19배로 증가한다.

표 1. WLL 용량

셀반경	순방향 링크		
	20W	30W	50W
1000m	$1.9 \times 10^{-12}$	$1.3 \times 10^{-12}$	$7.6 \times 10^{-13}$
5000m	$1.6 \times 10^{-12}$	$1.1 \times 10^{-12}$	$6.4 \times 10^{-13}$

셀반경	역방향 링크		
	250W	500W	1W
1000m	$2.8 \times 10^{-10}$	$1.4 \times 10^{-10}$	$7.0 \times 10^{-11}$
5000m	$5.3 \times 10^{-9}$	$2.7 \times 10^{-9}$	$1.3 \times 10^{-9}$

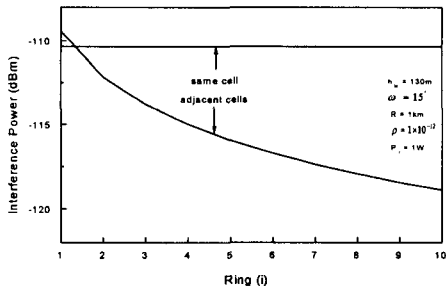


그림 3. 동일셀과 인접셀내의 가입자에 의한 간섭전력 비교

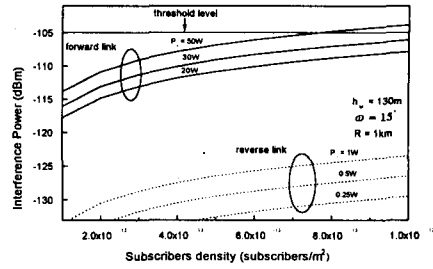


그림 4. 가입자용량에 따른 M/W 시스템에 미치는 WLL 시스템의 간섭전력

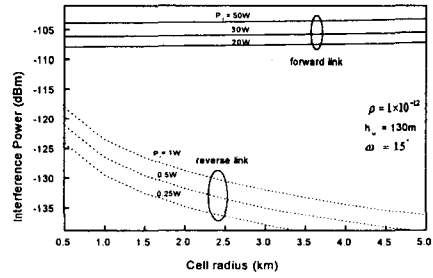


그림 5. 셀반경에 따른 M/W시스템에 미치는 WLL 시스템 간섭전력

#### IV. 결 론

본 논문에서는 M/W 시스템에 미치는 WLL 시스템의 간섭영향을 분석하기 위해 WLL 순방향링크 및 역방향링크상에서 M/W국에 미치는 간섭영향을 각각 분석하여 그 평가를 행하였다. 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. 현재 20W 이상이 고려되고 있는데<sup>[4]</sup>, M/W 시스템과의 주파수공유를 위한 가입자 수용용량을 설정하여 이에 따른 적절한 기지국 송신출력을 선택하는 것이 바람직하다. 한편, WLL 시스템의 순방향링크에 의해 M/W국에 미치는 간섭영향은 가입자의 송신출력 뿐만 아니라 셀반경에 의존하므로 가입자의 수용용량을 높이기 위해서는 송신출력을 작게 하거나 셀반경을 크게 가져가야 한다. 현재 250mW~1W로 고려되고 있는데<sup>[4]</sup>, 역방향링크와 마찬가지로 M/W 시스템과 주파수공유를 위한 가입자 수용용량을 설정하여 송신출력을 설정해야 하며, 특히 셀반경이 작을수록 M/W국에 미치는 간섭영향이

크게 나타나므로 셀환경의 설계도 병행되어야 할 것이다. 하지만, M/W 시스템과 주파수 공유를 위한 WLL 시스템을 설계할때는 위의 순방향링크 및 역방향링크에 의한 간섭영향 뿐만아니라 이와 반대로 M/W국이 WLL 순방향링크 및 역방향링크에 미치는 간섭영향을 분석하는 것이 필수불가결하므로 향후 이에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

#### [참고문헌]

- [1] 박정일, 이일용, 박경룡, 연광일, 이범선, "WLL 채널환경에서의 수신신호 시뮬레이션," '97년도 한국통신학회 추계학술 발표회 논문집, pp. 1705-1708, 1997년 11월.
- [2] 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.
- [3] D. J. Y. Lee and C. Xu, "CDMA wireless local loop capacity," '97 *IEEE Global Telecomm. Conference*, pp. 97-101, Nov. 1997.
- [4] 이상호, 김영환, 김태근, "가입자선로 무선전화 시스템(WLL)의 국내 개발동향," 한국통신학회지 제14권 제3호, pp. 98-108, 1997년 3월.