DBpia

論文 98-23-2-7

다중 경로 페이딩 채널에서 무선 가입자망의 용량 산정

正會員 손 성 찬*, 노 재 성**, 조 용 범**, 조 성 준**

Capacity Estimation of Wireless Local Loop Network in Multipath Fading Channel

Sung-Chan Son*, Jae-Sung Roh**, Yong-Bum Cho**, Sung-Joon Cho** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 주파수 선택성 다중 경로 페이딩 채널에서 무선 가입자망 시스템의 가입자 수용 용량을 분석하였다. 해석에 있어서 다중 경로 페이딩 채널은 MIP (Multipath Intensity Profile) 로 모델링 하였고, 무선 가입자망 시스템의 Erlang 용량을 비트 당 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비 (E_b/N_0), MIP 모델의 신호세기 감쇄지수 (β), RAKE 수신기의 가지수(L), 데이터 전송속도(R), 음성 활성화율(D_v), 섹터화 이득(G_s), 시스템 부하율(L_o) 그리고 RF 채널 대역폭(W)을 함수로 하여 표와 그래프로 나타내었다.

해석 결과, 다중 경로 전파에 의한 신호의 시간 퍼짐이 커질수록, RAKE 수신기의 가지수가 증가할수록 성능이 개선되므로 필요 E_b/N_0가 작아지는 것을 확인할 수 있었고, 채널대역폭이 증가할수록, 데이터 전송율이 감소할수록 가입자 수용 용량이 증가됨을 확인할 수 있었다.

본 논문은 무선 가입자망 시스템의 가입자 수용 용량 산정에 있어서 중요한 파라미터인 E_b/N_0 값을 이론적인 방법으로 제시하였다. 무선 가입자망 시스템의 정확한 수용 용량 산출은 셀 설계나 기지국의 전력 제어와 같은 분야에 적용이 가능하리라 판단된다.

ABSTRACT

We have analyzed the Erlang capacity per entire channel bandwidth of Wireless Local Loop (WLL) system in frequency selective multipath fading channel. In analysis MIP (Multipath Intensity Profile) model is adapted to describe multipath fading channel and Erlang capacity of WLL system is shown in the tables and graphs as a function of bit energy to noise power spectral density (E_b/N_0), decay ratio of MIP model (β), the number of RAKE receiver's branch (L), data transmission rate (R), voice activity factor (D_v), sectorization gain (G_s), system load rate

*데이콤 무선사업개발단
**한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과
論文番號:97305-0903
接受日字:1997年 9月 3日

www.dbpia.co.kr

(L_o), and RF channel bandwidth (W).

From the results, when the time dispersion of signal caused by multipath propagation become greater and the number of RAKE receiver's fingers is increasing, the required E_b/N_0 become smaller and Erlang capacity of WLL system is increased.

In this paper, we propose the theoretical method of deriving E_b/N_0 which is one of important parameter in evaluating capacity of WLL system. The estimation of accurate Erlang capacity of WLL system can be applied to many applications such as cell planning and power control of base station.

Ⅰ. 서 론

과학기술의 급속한 발달로 개인 생활이 다양화되고 있으며 보다 빠른 정보의 전송이 요구되고 있다. 이러한 형태의 서비스 추세는 유선에 의존해 정보를 주고받던 망 구축 및 망 운용 등이 무선을 이용한 방법으로 점차 변화되고 있다. 이에 따라 세계 각국에서는 무선 통신 규격 및 무선 데이터 등의 통신 사업자를 선정하여 바야흐로 무선통신의 전성기에 이르고 있다. 국내에서도 2.3GHz 대역을 음성 및 저속 데이터 전송용으로 사용하기 위하여 '95년 12월에 30 MHz의 주파수 대역을 분배/공고하였다. 그러나 향후 제공될 신규 무선 통신 서비스를 위해서는 필요 채널 대역폭에 대한 연구와 서비스의 종류 및 전송 속도에 따른 가입자 용량에 대한 연구가 선행되어야 한다.

현재 국내 통신 시장의 개방 및 업체간의 경쟁이 심화됨에 따라 신규 통신 사업자의 신속하고 경제적인 망구축 방안으로 무선 기술을 이용한 무선 가입자망(WLL; Wireless Local Loop)이 국내외적으로 주목을 받고 있다. 무선 가입자망은 가입자 선로 구축에 있어서 유선 또는 광케이블 접속 방식이 아닌 무선 접속 기술을 활용하며, 저렴한 투자비와 유지보수 비용, 신속한 망 설치 등의 장점을 갖는 시스템이다. 외국에서는 고정된(fixed) 셀룰라 시스템이라고하여 일종의 지역 전화 시스템으로서 전화국으로부터 전화가입자의 댁내를 연결하는 매체를 유선이 아닌 무선을 사용하고 있으며, 유럽에서는 ETSI를 중심으로 무선 가입자망과 동일한 개념을 IMT-2000(International Mobile Telecommunications)까지 확장해 나갈 계획으로 있다[1].

국내에서 개발중인 무선 가입자망 시스템은 유선망과 동등한 품질을 제공하기 위해 광대역 CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 방식을 이용하여 무선 접속을 수행한다[2]. 광대역 CDMA 방식은 RF 채널 대역폭과 PN Chip rate이 기존 IS-95 방식에 비하여 넓기 때문에 144 kbps까지의 고속 및 대용량 데이터 전송에 적절한 방식으로서 많은 사용자 확보 및 고품질 전송을 요구하는 시스템을 위해서는 매우 가치있는 기술이다[3].

무선 가입자망 시스템은 이동 통신과 같이 단말기의 이동성이 그리 크지 않으나 광대역신호를 사용하기 때문에 이로 인한 주파수 선택성 특성을 가지는 다중 경로 페이딩이 존재하게 된다. 최근에는 무선 ATM이나 무선 멀티미디어 등과 같이 고속 데이터 전송을 요구하는 시스템들이 많아지고 있는데, 이들 시스템들은 고속으로 데이터를 전송하기 위해서 채널의 coherence 대역폭보다 큰 광대역 신호를 사용하고 있다. 이들 광대역 신호들은 채널상에서 다중 경로 전송으로 발생하는 주파수 선택성 페이딩의 영향을 받게 된다[4-5]. 일반적으로 광대역 페이딩 채널에서는 광대역 신호들의 점유 대역폭이 coherence 대역폭보다 크기 때문에 주파수 다이버시티 효과를 얻을 수 있는데, 수신단에서는 이 같은 특징을 이용하는 RAKE 수신기를 적용하여 신호 대 잡음 전력비를 높이고 있다[6-7].

광대역 CDMA를 적용한 무선 가입자망에서 광대역 채널 특성 및 RAKE 수신기의 구조가 용량을 결정하는데 큰 영향을 주며, 음성 활성화율, 섹터화 이득, 주파수 재사용 효율, 불완전한 전력제어, 기지국마다 다른 주파수 재사용 효율 등 여러 가지 요인들이 용량을 산출하는데 고려되어야 한다[8-11].

본 논문에서는 무선 가입자망에 적용되고 있는 무선 접속 기술 및 시스템 구조에 따른 오율 분석을 수행하고, 무선 가입자망에 할당된 주파수 대역폭을 효

www.dbpia.co.kr

율적으로 사용하고자 주파수 대역당 가입자 수용 용량을 분석한다. 또한, 무선 가입자망에서 제공하는 서비스의 종류로는 현재 국내 무선 가입자망에서 제공하려는 다양한 전송 속도를 고려한다. 해석방법은 먼저 주파수 선택성 광대역 다중 경로 페이딩 환경에서 MIP 모델의 신호 세기 감쇄지수 β와 가지수가 L인 RAKE 수신기를 적용하여 일정 오율을 달성하기 위한 필요 E_b/N_0를 구하고, 광대역 채널 특성, RF 채널 대역폭, 서비스의 전송 속도, 음성 활성화율, 섹터화 이득, 시스템 부하율, 가입자 당 통화량(Erlang), 호손율(Blocking Probability)에 따른 기지국에서 수용 가능한 가입자 수용 용량을 산정한다.

본 논문은 무선 가입자망의 가입자 용량 산정에서 가장 중요한 파라미터의 하나인 E_b/N_0 값을 정하는데 있어서 이론적인 방법을 제시하는데 의의가 있다.

Ⅱ. 무선 가입자망 시스템

2.1 국내 무선접속 규격

무선 가입자망의 국내 표준 규격은 한국통신기술협회(TTA)에서 거의 확정단계에 있으며 그 규격(안)의 주요 내용을 보면 고품질의 서비스를 제공하기 위하여 광대역 CDMA 기술을 이용하며, 순방향 링크 주파수로 2.37~2.40 GHz, 역방향 링크 주파수로 2.30~2.33 GHz, 송수신 간격은 70 MHz, RF 채널 대역폭은 3.5~15 MHz로서 여러개의 대역폭중에서 선택하여 사용할 수 있도록 하였다. 물리계층의 순방향 채널에는 파일럿 채널, 동기 채널, 페이징 채널, 트래픽 채널, 패킷 트래픽 채널 등이 있으며, 역방향 채널에는 엑세스 채널, 트래픽 채널, 패킷 엑세스 채널, 패킷 트래픽 채널 등이 있다. 기존의 CDMA 셀룰라 시스템과는 달리 음성 서비스 채널 외에 데이터 전용 통신을 위한 패킷 트래픽 채널을 설정하였다는 것과 역방향 링크에도 파일럿 채널이 존재하며, RF 채널 대역폭도 IS-95 규격의 1.25 MHz보다 넓은 대역을 사용하는 광대역 CDMA를 적용하였다는 것이 특징이다. 무선 가입자망 시스템의 전반적인 규격을 표 1에 나타낸다[1].

채널은 8 kbps부터 144 kbps까지의 데이터를 처리할 수 있으며, 그 중 80 kbps(B+D)와 144 kbps(2B+D)는 ISDN용 데이터를 전송한다. 또한 할당되는 대역폭은 3.5, 7, 10.5, 14 MHz 등 3.5 MHz 계열과 5, 10, 15 MHz등 5 MHz 계열을 모두 제시하였으며, 각 대역폭의 경우마다 그에 맞는 PN chip rate을 사용할 수 있도록 규격에 제시하였다.

그림 1은 무선 가입자망의 구성도를 나타낸다.

표 1. 광대역 CDMA WLL 시스템 규격

Multiple Access	CDMA						
Frequency Band	Reverse Link	2.30-2.33 GHz					
	Forward Link	2.37-2.40 GHz					
Data Rate (kbps)	8, 16, 32, 64, 80, 144						
Channel Coding	Convolutional Code (R = 1/2, K = 7 or 9)						
Modulation (Data/PN sequence)	Reverse Link	QPSK(BPSK)/BPSK					
	Forward Link	QPSK/BPSK					
1 Channel Bandwidth (MHz)	3.5	5	7	10	10.5	14	15
Corresponding PN Chip Rate (Mcps)	2.816	4.096	5.632	8.192	8.192	11.264	12.288
Power Control	Reverse Link	1 kbps					
	Forward Link	0.5 kbps					
Channel Structure	Reverse Link	Access, Traffic, Packet Access, Packet Traffic					
	Forward Link	Pilot, Sync, Paging, Traffic, Packet Traffic					

www.dbpia.co.kr

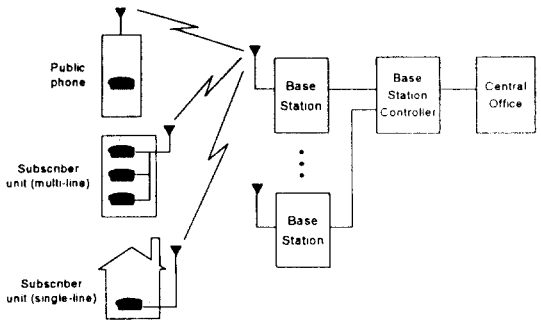


그림 1. 무선 가입자망의 구성도

2.2 용량 산정을 위한 해석 모델

본 논문에서는 그림 1의 구성도를 바탕으로, 무선 가입자망 시스템의 기지국 당 가입자 용량을 산정하기 위해 그림 2와 같은 해석 모델을 가정한다.

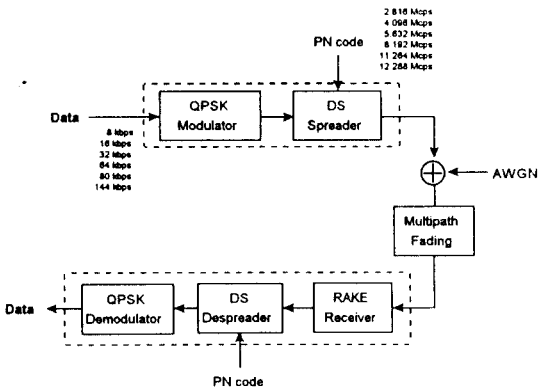


그림 2. 해석 모델

그림 2에서 보는 바와 같이 송신단의 데이터 열은 QPSK Modulator단에서 QPSK 변조된 후, DS-Spreader 단에서 PN 코드에 의해 스펙트럼이 확산되고 W-CDMA로 다중화된다. 이렇게 다중화된 광대역 신호는 다중 경로 페이딩 채널(Multipath fading channel)로 송신되며 채널상에서 AWGN과 주파수 선택성 페이딩에 의해 열화를 받게 된다. 수신단에서는 먼저 RAKE 수신기를 통해 채널상에서 광대역 신호에 발생하는 주파수 선택성 페이딩을 보상한 후, PN코드로 확산된 스펙트럼을 역확산시켜 QPSK 복조단에서 데이터열을 복원한다.

Ⅲ. 기지국당 가입자 수용 용량 분석

본 논문에서는 기지국당 가입자 수용 용량을 구하기 위하여 무선 가입자망 시스템의 오율 성능을 먼저 구하고, 이 결과치를 이용하여 기지국의 가입자 수용 용량을 산정한다.

3.1 주파수 선택성 다중 경로 페이딩에서 시스템 성능

그림 2의 해석모델을 바탕으로 무선 가입자망 시스템의 오율 성능을 구하고자 한다. 무선 가입자망에서 사용되는 변조방식은 QPSK 방식으로, 잡음 환경에서의 오율식은 다음과 같다[7].

$$P_{eg}(\gamma) = Q(\sqrt{2\gamma}) \tag{1}$$

여기서, γ는 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비 (E_b/N_0) 이고,

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \tag{2}$$

이다.

광대역 CDMA 시스템에서는 정보 신호의 스펙트럼을 PN 코드를 이용하여 확산해서 광대역 신호로 전송한다. 전송되는 광대역 신호의 대역폭(W)은 채널의 coherence 대역폭보다 훨씬 넓게 되므로 주파수 선택성 페이딩 (frequency selective fading)의 영향을 받게 된다. 이것을 보상하는 기법으로는 RAKE 수신기가 많이 사용되는데, RAKE 수신기는 주파수 선택성 페이딩 환경에서 주파수 다이버시티 효과를 가져다 준다. 그림 3은 RAKE 수신기의 블록 다이어그램을 나타낸다.

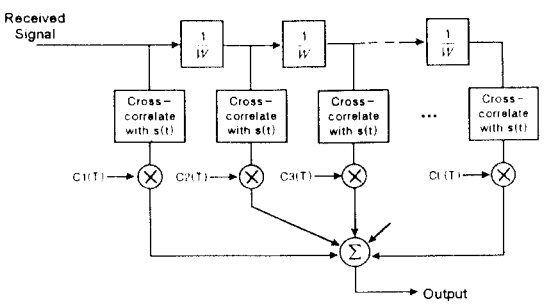


그림 3. RAKE 수신기의 블록 다이어그램

www.dbpia.co.kr

다중 경로 페이딩 채널은 탭 지연선(tapped delay line)을 이용하여 모델링하였고, RAKE 수신기를 통해 수신된 광대역 신호는 $1/W$ 시간마다 지연시켜 탭을 통해 샘플을 취한 다음, 각 탭에 가중치를 두어서 수신된 신호를 합치게 된다. RAKE 수신기는 각각의 상관기에서 출력되는 신호의 지연된 성분들을 모두 합함으로써 수신단의 복조기에서 신호 대 잡음 전력비를 높이는 역할을 한다.

L개의 가지를 가진 RAKE 수신기를 통하여 수신된 QPSK 신호의 신호 대 잡음 전력비(γ)는 다음과 같다[7].

$$\gamma = \sum_{k=1}^{L} \gamma_k \tag{3}$$

여기서, L은 RAKE 수신기의 가지수, γ_k는 k번째 가지에서의 신호 대 잡음 전력비이다. 식 (3)에서 구한 γ는 RAKE 수신기를 사용함으로써 얻어지는 신호 대 잡음 전력비인데, γ는 각 가지에서의 γ_k들의 분포에 따라 다음과 같은 확률 밀도 함수를 따르게 된다.

$$p_{RAKE}(\gamma) = \sum_{k=1}^{L} \frac{\pi_k}{\overline{\gamma}_k} e^{-\gamma/\overline{\gamma}_k}, \qquad \gamma \geq 0 \tag{4}$$

단, $\pi_k = \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^{L} \frac{\overline{\gamma}_k}{\overline{\gamma}_k - \overline{\gamma}_i}$,

$\overline{\gamma}_k$: k번째 가지에서의 평균 신호 대 잡음 전력비,
γ: 순시 신호 대 잡음 전력비.

$\overline{\gamma}_k$ 값은 MIP (Multipath Intensity Profile) 모델을 사용하면 다음과 같은 지수 함수로 나타낼 수 있다[6].

$$\overline{\gamma}_k = \Gamma \cdot e^{-(k-1)\beta} \tag{5}$$

여기서, Γ는 첫 번째 가지에서의 평균 신호 대 잡음 전력비, β는 MIP 모델의 신호세기 감쇄지수를 의미한다.

RAKE 수신기를 사용했을 경우의 오율식은 식(1)과 식(4)를 적분함으로써 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_e = \int_0^{\infty} P_{eg}(\gamma) \cdot p_{RAKE}(\gamma)\, d\gamma \tag{6}$$

3.2 가입자 수용 용량

본 절에서는 광대역 채널환경 특성, 채널 대역폭, PN chip rate, 서비스의 전송속도, 음성 활성화율, 섹터화 이득, 시스템 부하율, 가입자 당 통화량(Erlang), 호손율(Blocking Probability)을 고려한 기지국의 가입자 수용 용량을 구한다.

우선 주어진 주파수 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해 무선 가입자망의 채널 용량 및 가입자수를 분석한다. 제공되는 서비스는 전송속도 8 kbps, 16 kbps, 32 kbps, 64 kbps, 80 kbps, 144 kbps를 선정한다. 셀당 호의 수를 N이라 하고, 확산 대역폭, 데이터 전송속도, CAI(Common Air Interface)는 국내 무선 가입자망 규격(안)을 기준으로 한다[2]. 통신 채널은 주파수 선택성 다중 경로 페이딩으로 가정한다. 음성 활성화율은 고정속도 부호율을 고려하여 1로 하며, 시스템 부하율은 운용상의 부하를 고려하여 0.9로 한다. 본 연구에서는 인접셀 또는 인접 섹터의 간섭을 고려하여 주파수 재사용 효율은 0.7로 설정한다. 기지국 셀의 섹터형태는 3섹터를 고려한다. 통신 서비스를 위한 가입자당 트래픽은 ITU-R 권고 E.757에 의하여 0.09 Erlang으로 가정하고 호손율은 1.0%로 한다.

광대역 CDMA을 이용하는 무선 가입망에서 용량 산출을 위한 수식은 다음과 같다[1].

$$N = \frac{W}{R} \cdot \frac{1}{\left(\frac{E_b}{N_o}\right)} \cdot \frac{1}{D_v} \cdot F \cdot G_s \cdot L_o \tag{7}$$

여기서 N은 셀당 호의 수, W는 확산 대역폭, R은 데이터 전송 속도, E_b/N_o는 시스템에서 목표로 하는 BER $=10^{-3}$을 얻기 위한 신호 대 잡음 전력비, D_v는 음성 활성화율, G_s는 섹터화 이득, L_o는 시스템 부하율이다.

Ⅳ. 용량 비교 및 결론

본 논문에서는 주파수 선택성 다중 경로 페이딩 채널에서 광대역 CDMA 방식을 이용하는 무선 가입자망 시스템의 성능을 분석하고, 서비스 제공 및 기지국 최적화에 중요한 요소가 되는 가입자 수용 용량을 분석한다.

먼저, 신호세기 감쇄지수(β), RAKE 수신기의 가지수(L)를 파라미터로 하여 무선 가입자망 시스템에서

www.dbpia.co.kr

목표로 하는 BER = 10^{-3}을 얻기 위한 비트 에너지 대 잡음 전력 스펙트럼 밀도비(E_b/N_0)를 구하고, 이 값을 가지고 확산 대역폭(W), 데이터 전송 속도(R), 음성 활성화율(D_v), 섹터화 이득(G_s), 시스템 부하율(L_o)을 파라미터로 하여 가입자 수용 용량 N을 구한다.

그림 4는 β가 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0인 주파수 선택성 다중 경로 페이딩 채널에서 가지수가 4개인 RAKE 수신기를 사용하였을 경우의 오율 그래프이다. 가지수가 4인 RAKE 수신기는 $1/W$ 시간의 4배까지 지연된 신호를 수신하여 신호를 합성할 수 있다. 채널의 β가 작을 때는 신호의 지연 확산이 큰 경우로 RAKE 수신기를 적용하면 더 많은 지연 신호를 합성할 수 있으므로 결국 많은 신호의 에너지를 얻을 수 있어서 신호의 E_b/N_0는 개선된다. 반대로 β가 클 때는 지연 확산이 작은 경우로 지연된 성분이 적게 존재하게 되므로 RAKE 수신기를 적용하더라도 신호의 E_b/N_0 향상은 적다. 그래프에서도 β가 0.1일 경우가 1.0일 경우보다 BER = 10^{-3}을 달성하기 위해서 약 5 dB 정도의 전력 이득을 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다. β가 0이고, RAKE 수신기의 가지수를 1개만 사용하는 경우는 주파수 비선택성 레일리 페이딩과 동일한 환경이 되는데 이 때 얻어진 오율은 주파수 선택성 레일리 페이딩 환경에서 RAKE 수신기를 사용한 경우보다 나빠짐을 알 수 있다. 이것은 RAKE 수신기를 이용하여 광대역 신호의 시간 다이버시티 특성을 이용하는 경우가 협대역 신호를 사용할 때보다 좋은 성능을 얻을 수 있다는 것을 확인시켜 준다.

그림 5는 그림 4와 동일한 환경에서 가지수가 8인 RAKE 수신기를 적용하여 얻은 오율 그래프이다. 먼저, β가 큰 경우(β = 3.0, 5.0)는 다중 경로 때문에 발생하는 신호의 지연 확산이 적게 되므로 RAKE 수신기를 사용하여도 E_b/N_0의 개선은 거의 없어진다. 따라서, 이런 경우 RAKE 수신기의 가지수 L은 시스템 오율 성능에 영향이 적었다. 하지만, 주파수 선택성 페이딩이 심한 경우(β = 0.1, 0.5)에는 RAKE 수신기의 가지수가 많아질수록 신호의 지연된 성분을 보다 많이 합성할 수 있으므로 성능이 좋아짐을 알 수 있다. 즉, β가 0.5이고, 가지수가 4개인 RAKE 수신기를 사용할 경우, BER = 10^{-3}을 달성하기 위해서는 약 7 dB의 E_b/N_0가 필요하지만, 가지수가 8개인 RAKE 수신기를 사용할 경우에는 약 5.5 dB정도의 E_b/N_0가

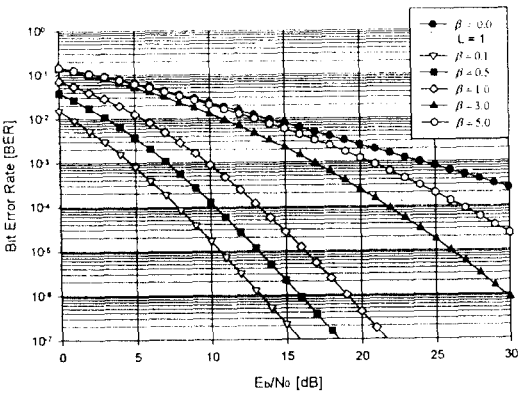


그림 4. 주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 L = 4인 RAKE 수신기를 적용하였을 경우의 오율(β: 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0)

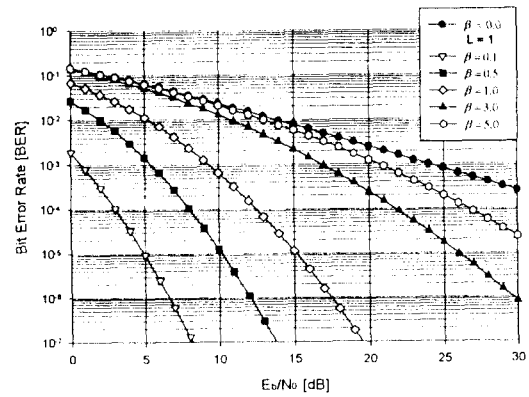


그림 5. 주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 L = 8인 RAKE 수신기를 적용하였을 경우의 오율(β: 0.1, 0.5, 1.0, 3.0, 5.0)

필요하다. 가지수에 따른 영향은 그림 4와 그림 5를 비교하여 보면 알 수 있듯이 β가 작아지고 가지수가 늘어남에 따라 많은 성능 향상을 얻을 수 있었고, RAKE 수신기의 가지수 L에 대한 성능은 β에 따라 달라지는데 β가 큰 경우(β = 5)에는 신호의 시간 퍼짐이 적기 때문에 RAKE 수신기의 가지수 L이 늘어나도 그다지 성능 개선이 없게 된다. 하지만, β가 작은 경우(β = 0.1)는 신호의 시간 퍼짐이 많이 발생하므로 가지수 L이 늘어남에 따라 성능 개선이 얻어짐을 알 수 있다.

www.dbpia.co.kr

그림 6은 β를 0.1로 고정하고 RAKE 수신기의 가지수 L을 변화시키면서 구한 그래프이다. 시스템의 성능은 RAKE의 가지수 L이 커짐에 따라 향상된다. 주파수 선택성 다중 경로 페이딩 채널에서 가지수 L이 4인 RAKE 수신기를 적용하였을 경우, BER = 10^{-3}을 달성하기 위해서는 5 dB가 필요한 반면, L이 8인 경우에는 1 dB가 필요하다.

그림 7은 4개의 가지수를 가지는 RAKE 수신기를 사용하였을 경우, β에 따른 각 환경에서 BER = 10^{-3}을 달성하기 위해 필요한 E_b/N_0을 나타낸 그래프이다. 그래프로부터 β가 커질수록 즉, 다중 경로에 의한 신호의 시간 퍼짐이 적어지므로 동일한 오율을 달성하기 위해 더 많은 E_b/N_0가 요구됨을 알 수 있다. 반면

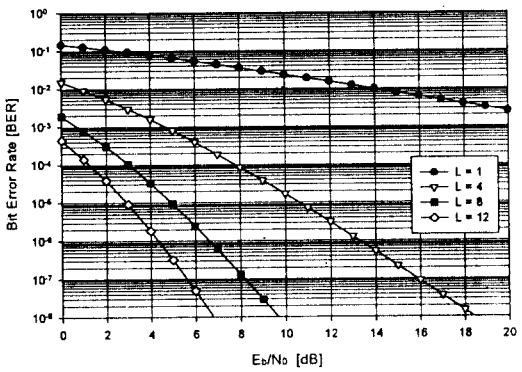


그림 6. $\beta = 0.1$ 주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 RAKE 수신기의 가지수에 따른 오율

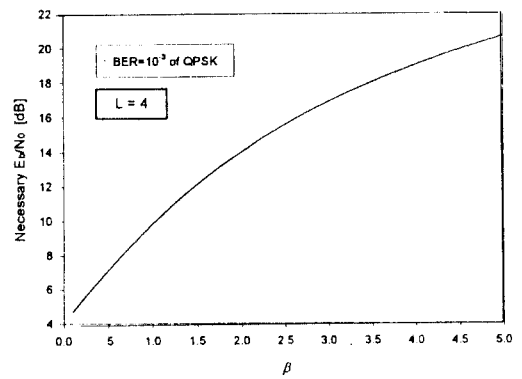


그림 7. 주파수 선택성 다중경로 페이딩 채널에서 L = 4인 RAKE 수신기를 적용하였을 경우, 오율 10^{-3}을 얻기 위한 필요 E_b/N_0

에 β가 작아질수록 신호의 시간 퍼짐이 커져 RAKE 수신기를 통하여 얻을 수 있는 신호 성분이 많아지므로 동일한 오율을 달성하기 위해 적은 E_b/N_0가 필요함을 알 수 있다.

표 2~표 3은 신호세기 감쇄지수 $\beta = 0.1$, RAKE 수신기 가지수 $L = 4$인 경우를 적용한 가입자 수용 용량 비교표로서 일정 오율을 달성하기 위한 필요 E_b/N_0를 결정하고, 음성활성화율 1, 주파수 재사용율 0.7, 섹터화 이득 2.55, 호손율 1% (Erlang B공식), 시스템 부하율 0.9를 적용하여 용량을 산출한 것이다. 여기서 $\beta = 0.1$은 주파수 선택성 페이딩이 심한 경우를 나타낸다. 표 2는 32 kbps의 데이터 서비스를 대상으로 채널대역폭을 바꾸어가며 Erlang 용량을 나타낸 표이고, 표 3은 채널 대역폭을 10 MHz로 고정하고 데이터의 전송율에 따른 Erlang 용량을 나타낸 표이다. 표 2~표 3에서 채널 대역폭이 증가할수록, 그리고 데이터 전송율이 감소할수록 가입자 수용 용량이 증가함을 알 수 있다.

표 2. 채널 대역폭에 따른 가입자 수용 용량 비교 (BER = 10^{-3} 기준)

채널대역폭(MHz)	3.5	5	7	10	14	15
데이터 전송율(kbps)	32					
필요 E_b/N_0 [dB]	4.68					
RF당 무선채널수(N)	23.46	33.51	46.92	67.03	93.84	100.54
3섹터의 무선채널수	59.82	85.46	119.64	170.92	239.29	256.38
3섹터 가입자 수	511.55	776.66	1133.33	1675.56	2417.78	2601.11

표 3. 데이터 전송율에 따른 가입자 수용 용량 비교 (BER = 10^{-3} 기준)

채널대역폭(MHz)	10					
데이터 전송율(kbps)	8	16	32	64	80	144
필요 E_b/N_0 [dB]	4.68					
RF당 무선채널수(N)	268.11	134.05	67.03	33.51	26.81	14.89
3섹터 무선채널수	683.68	341.84	170.92	85.46	68.37	37.98
3섹터 가입자 수	7283.33	3798.22	1675.56	949.56	759.67	293.09

위에서 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다.

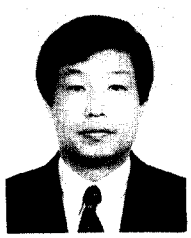
β가 커지면 신호의 시간 퍼짐이 작기때문에 RAKE

www.dbpia.co.kr

수신기에 의한 성능 개선 효과가 적어진다. 반면에 β가 작아지면 신호의 시간 퍼짐이 커지기 때문에 RAKE 수신기에 의한 성능 개선 효과는 상대적으로 커지게 된다. 따라서 필요 E_b/N_0는 작아도 되므로 CDMA 용량 산출식에 의하여 무선 가입자망의 수용 용량은 커지게 된다. 또한, $\beta=0.1$인 환경에서 BER = 10^{-3}을 달성하기 위하여 L이 1인 경우 즉, RAKE 수신기를 적용하지 않았을 경우는 24 dB가 필요한 반면, L이 4인 경우에는 5 dB, L이 8인 경우에는 1 dB가 필요하다. 결과적으로 L이 커질수록 필요 E_b/N_0는 작아지지만 L=4 이상인 경우에는 L 값 증가에 따른 E_b/N_0 감소율이 작아지기 때문에 L값 증가에 따른 H/W의 복잡도를 고려하여 RAKE 수신기의 가지수를 선정하여야 할 것이다. 또한, β는 BER과 RAKE 수신기의 가지수 선정에 중요한 영향을 줌을 알 수 있고, β는 지역별 사용 환경에 따라서 다르므로, 이러한 β값은 사용환경에 의해 결정하는 것이 바람직하다. 현재는 2.3GHz 대역에서 광대역 CDMA 측정을 위한 상용장비가 없는 상태이나 향후 이러한 측정장비가 개발되면 2.3 GHz대에서 실측된 결과를 이용하여 지형에 따른 β값에 의한 보다 정확한 가입자 수용 용량을 산정함으로써 기지국 최적화에 기여 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. V. K. Garg and E. L. Sneed, "Digital wireless local loop system", *IEEE Comm. Mag.*, pp. -115, Oct. 1996.
2. TTA, Wireless local loop을 위한 무선 접속 규격(안), 1997.
3. EIA/TIA IS-95, Mobile station compatability standard for dual-mode wideband spread spectrum cellular system, July 1993.
4. A. Fukasawa, et al., "Wideband CDMA system for personal radio communications", *IEEE Comm. Mag.*, pp. 116-123, Oct. 1996.
5. V. K. Garg and J. E. Wilkes, *Wireless and Personal Communication Systems*, Prentice-Hall, 1996.
6. I. K. Chang and G. L. Stuber, and A. M. Bush, "Performance of diversity combining techniques for DS/DPSK signaling over a pulse jammed multipath-fading channel", *IEEE Trans. on Comm.* vol. 38, no. 10, pp. 1823-1834, Oct. 1990.
7. J. G. Proakis, *Digital Communications*, McGraw-Hill, 1995.
8. K. S. Gilhousen, et al., "On the capacity of a cellular CDMA system," *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 40, no. 2, pp. 303-312, May 1991.
9. M. D. Yacoub, *Founations of Mobile Radio Engineering*, CRC, 1993.
10. M. Jansen and R. Prasad, "Capacity throughput, and delay analysis of a cellular DS-CDMA system with imperfect power control and imperfect sectorization", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 44, no. 1, pp. 67-75, Feb. 1995.
11. A. M. Viterbi and A. J. Viterbi, "Erlang capacity of a power controlled CDMA system", *IEEE J. Select. Areas Comm.*, pp. 892-899, Aug. 1993.



손 성 찬(Sung Chan Son) 정회원

1979년 2월 : 한국항공대학 항공통신공학과 졸업(공학사)

1992년 8월 : 한양대학교 산업대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)

1979년 5월~1980년 10월 : 한국전자통신(주)

1980년 10월~1985년 10월 : 동아건설산업(주)

1985년 10월~현재 : (주)데이콤 무선가입자망팀

※주관심분야 : 무선 통신, 이동 통신, 디지털 통신

노 재 성(Jae Sung Roh) 정회원

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업(공학사)

1992년 2월 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 졸업(공학석사)

1992년 1월~1997년 5월 : (주)한화정보통신 무선가입자망 연구 그룹 주임 연구원

1997년 8월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 박사과정

※주관심분야 : IMT-2000 시스템 성능 분석, 이동 전파 전파, 부호화 변조 방식

www.dbpia.co.kr

조 용 범(Yong Bum Cho) 학생회원
1996년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업(공학사)
1996년 3월~현재 : 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학과 재학중
1996년 3월~현재 : (주)스탠더드텔레콤 연구소 연구원
※주관심분야 : 무선 통신, 이동 전파 전파, DS-CDMA 시스템

조 성 준(Sung Joon Cho) 종신회원
1965년 4월~1969년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과(공학사)
1973년 4월~1975년 2월 : 한양대학교 대학원(공학석사)
1977년 4월~1981년 3월 : (일본) 오사카 대학원 통신공학과(공학박사)
1969년 4월~1972년 7월 : 해군기술장교
1972년 8월~현재 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 교수
※주관심분야 : 무선통신, 이동통신, 위성통신, 환경전자공학

www.dbpia.co.kr