

빔폭에 따른 CDMA 이동통신의 3섹터 셀 방식 비교

정희원 최 동 유*, 양 원 일**, 이 상 덕*, 한 승 조*

Comparison of 3 Sector of CDMA Mobile Communication Associated with Beam Width

Dong You Choi* , Won Il Yang**, Sang Duck Lee*
Seung Jo Han* *Regular Members*

요 약

무선통신 가입자는 1999년 말 유선통신 가입자를 앞지른 이후 그 격차는 더욱 커지고 있는 실정이다. 이는 통신 서비스 시장의 중심축이 과거 유선통신에서 무선통신으로 선회하였음을 보여주는 것이다. 따라서 이러한 시대적 상황에 부응하면서도 제한된 무선 자원을 고려할 때 광대역 통신을 통한 서비스 품질 향상과 시스템 용량 증대라고 하는 상반되는 목표를 동시에 달성하기 위해서는 효율적인 무선자원 운영방식이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 기존 3섹터 셀 내의 기지국 안테나 빔폭을 가변하여 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 분석함으로써 빔폭 변화에 따른 셀 섹터의 특성을 예측하였다.

Key Words : Communication, CDMA, Cell, Sector

ABSTRACT

After wireless communication subscribers got ahead of wired communication subscribers in late 1999, its gap is getting bigger. It suggests that a pivot axis of communication service market has turned to wireless communication from wired communication. Accordingly, to meet such situation of the times, considering limited wireless resources, methods for efficiently operating wireless resources are needed to achieve an opposed aim to improve service quality through broadband communication and at the same time to increase system capacity. Consequently, this study conducted a simulation by varying beam width of base station antenna in the existing 3 sector cell, analyzed the results, and predicted the characteristics of cell sector associated with the changes of beam width.

I. 서 론

무선통신의 멀티미디어 서비스는 인간의 시대적 욕구를 충족시켜 줌으로써 보급률이 급신장하여 유선통신을 앞서고 있다. 무선통신 가입자는 1999년 말 유선통신 가입자를 앞지른 이후, 2007년 8월 현재 약 4천여 만 명으로써 그 격차는 더욱 커지고

있는 실정이다. 이는 통신 서비스 시장의 중심축이 과거 유선통신에서 무선통신으로 선회하였음을 보여주는 것이다.

이러한 시대적 상황에 부응하면서도 제한된 무선 자원을 고려할 때 광대역 통신을 통한 서비스 품질 향상과 시스템 용량 증대라고 하는 상반되는 목표를 동시에 달성하기 위해서는 효율적인 무선자원

※ 이 논문은 2007년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음

* 조선대학교 전자정보공과대학 정보통신공학부 정보통신공학과(dy_choi@hanmail.net, sjbhan@chosun.ac.kr, dandyisd@hanmail.net)

** (*: 교신저자) (corresponding author), 조선대학교 전자정보공과대학 전자공학과 (wiyang@chosun.ac.kr)

논문번호 : 07095-1122, 접수일자 : 2007년 11월 22일

운영방식이 필요하다. 효율적인 무선자원의 운영을 위해서는 일정 영역 내에서 무선자원의 재사용율을 높여야 하며, 이를 위해서는 동일 무선채널간의 신호간섭을 최소화해야 한다. 그동안 채널간 신호간섭을 최소화하기 위해 섹터화된 셀의 운영과 안테나 빔폭 변화, 틸팅 그리고 스마트 안테나기법 등이 연구되어 왔다.

따라서 본 논문에서는 실질적으로 현장에 바로 적용할 수 있는 방안으로써 기존 3섹터^[1]로 운영되는 셀 내의 기지국 안테나 빔폭을 가변하여 시뮬레이션 함으로써 셀 패턴, E_c/I_0 , E_b/N_t 등의 섹터 특성을 예측해보고자 한다.

II. 셀 영역의 섹터화

2.1 3섹터 셀 방식

일반적으로 과거 셀 영역의 섹터화는 기지국을 중심으로 빔폭이 $90^\circ \sim 120^\circ$ 를 갖는 안테나를 사용하여 셀 영역을 3개 영역으로 나누는 3섹터 방식이 주로 사용되었다. 이러한 3섹터 방식은 모든 기지국의 섹터 주빔 방향이 동일하게 맞춰야만 했다. 첫 번째 섹터는 α 섹터라 하고, 기지국을 중심으로 정북에서 시계방향으로 34° 지점이 주빔 방향이 되도록 하여 120° 범위의 섹터를 구성하고, 동일한 방법으로 α 섹터를 기준하여 β 와 γ 섹터도 120° 간격으로 섹터를 설정하였다. 이러한 섹터화 방식법은 사용하는 주파수 스펙트럼이 다르고, 인접 기지국의 사용 트래픽 채널의 사용 주파수가 다를 때에는 매우 효과적일 뿐만 아니라 인접 기지국에 서로간의 영향을 최소화할 수 있다. 그러나 CDMA 시스템에서는 인접 기지국의 사용하는 주파수가 동일할 때에는 최악의 경우 그림 1(a)의 a지점과 같이 인접 기지국의 주빔과 자기 기지국의 주빔들이 겹치는 부분이 많아 통화품질 악화 및 용량의 감소를 가져오기도 한다.

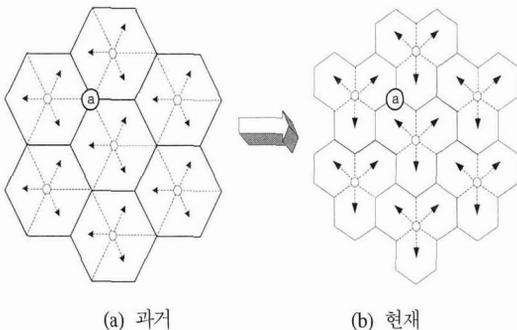


그림 1. 3섹터 셀 방식의 셀 분할

따라서 지금은 그림 1(b)와 같이 주빔 방향을 인접 기지국과 엇갈리게 배치하여 이러한 문제점을 해소기도 한다^[2].

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 무선환경 예측 설계 장비인 CellPLAN을 이용하여 빔폭을 변화하며 시뮬레이션 함으로써 3섹터 방식의 셀 특성을 예측하였다. 시뮬레이션 예측조건은 개활지(suburban)인 전라북도 김제를 대상으로 19개 기지국을 3km 간격으로 그림 1(b)와 같이 가상으로 배치하였고, 전파 예측모델로는 HATA - OKUMURA^[3,4] 모델을 사용하였다. 또한 기지국당 총 출력은 9.33W, 오버헤드 출력은 3W로 하였고, 통화량은 섹터당 10어랑으로 균일하게 적용하였다. 그리고 섹터당 안테나 빔폭은 60° , 90° , 120° 로 각각 가변하였다.

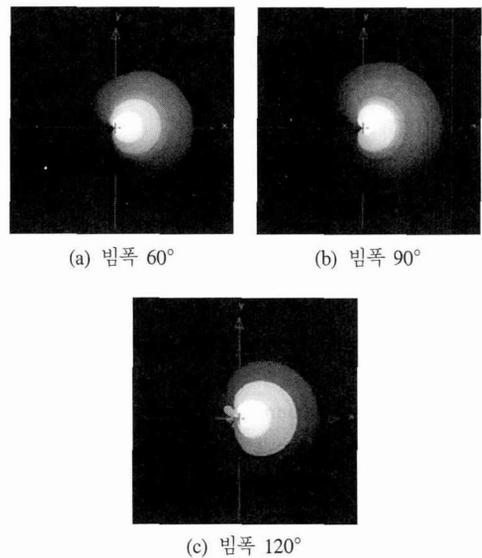


그림 2. 안테나 빔폭에 따른 방사패턴

표 1. 시뮬레이션 조건

Tower height	18m
Feed loss	4dB
Noise floor	-103dB
Fade margin	8dB
Pilot Ch. power	2W
Synchronous Ch. power	0.25W
Paging Ch. power	0.75W
Traffic Ch. power	0.01W

표 2. 순방향 채널 D/G 조건

Forward Ch.		D/G
Pilot Ch.		108
Synchronous Ch.		34
Paging Ch.		65
Traffic Ch.	Max.	80
	Mid.	50
	Min.	30

표 3. 핸드오프 조건

T_ADD	-14dB
T_DROP	-16dB
T_COMP	2.5dB
T_TDROP	1초

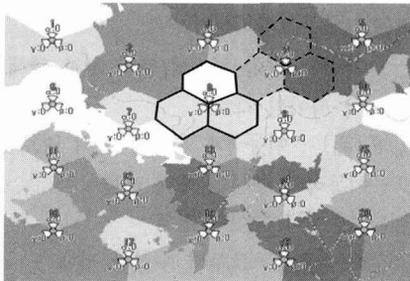
3.1 셀 패턴 비교

안테나 빔폭에 따른 3섹터 방식의 셀 패턴 예측 결과는 그림 3과 같다.

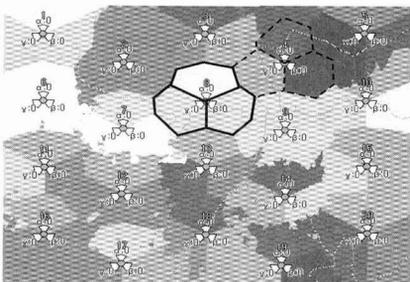
안테나 빔폭에 따라 섹터당 커버리지 영역은 다소 차이가 있으나, 세방식 모두 유사하게 3개의 육각형 모양이 모여서 하나의 셀 패턴을 형성할 것으로 예측되었다.

3.2 RSSI 비교

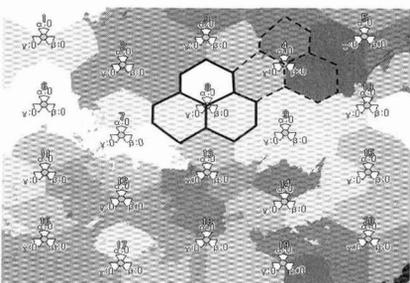
기지국의 통화용량 산출과 채널별 송신출력은 주로 RSSI(Received Signal Strength Indicator)라고 하는 수신전력에 의하여 결정된다. 즉, 무통화시 기지국 수신잡음에 대한 통화량 증가에 따른 모든 이동국으로부터 수신한 전력의 변화를 의미하며, 통화용량 및 채널별 송신출력의 분석이 가능하다. 일반



(a) 빔폭 60°

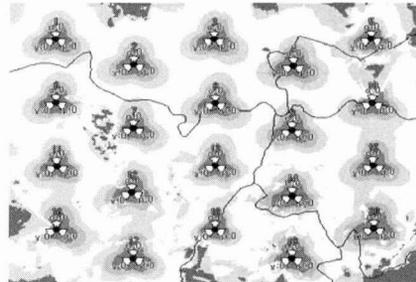


(b) 빔폭 90°

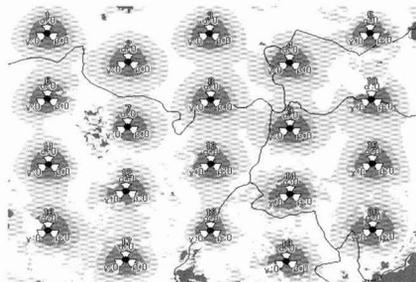


(c) 빔폭 120°

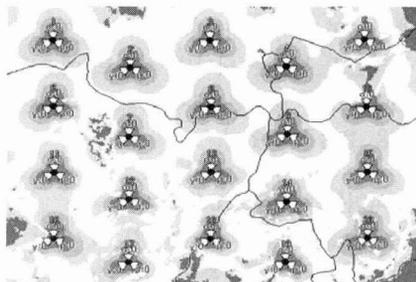
그림 3. 안테나 빔폭에 따른 셀 패턴도



(a) 빔폭 60°



(b) 빔폭 90°



(c) 빔폭 120°

그림 4. 안테나 빔폭에 따른 RSSI 분포도

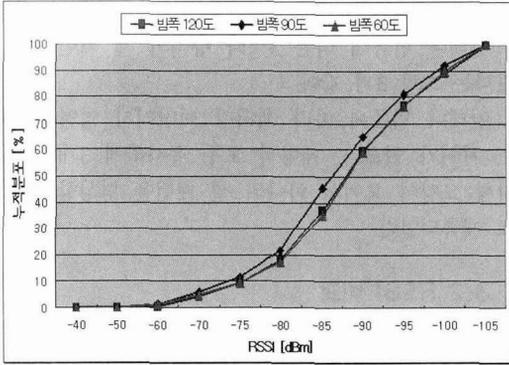


그림 5. 안테나 빔폭에 따른 RSSI 누적분포

적으로, 통화량이 증가함에 따라 실질적인 기지국 RSSI는 비선형적으로 증가하게 된다.

$$RSSI = \frac{\text{모든 이동국으로부터의 수신전력}}{\text{무통화시 기지국 수신잡음}} = \frac{\alpha(1+f) \times N \times S}{NF \times N_t \times BW} \quad (1)$$

여기서,

- α : 음성 활성화율
- f : 주파수 재활용 계수
- N : 통화중인 이동국의 수
- S : 한 이동국으로부터 기지국 수신기에 도달하는 수신전력
- NF : 이동국 수신잡음 지수
- N_t : 열잡음 밀도(상온에서 -174dBm/Hz)
- BW : CDMA 대역폭(1.23MHz)

그림 4의 밝은 부분은 신호전력이 미약한 지역을 의미하며, 서비스 가능 수신전력을 -95dBm으로 기준할 때 RSSI의 누적분포는 안테나 빔폭이 60°인 경우 76.23%, 빔폭이 90°의 경우 80.80%, 빔폭 120°인 경우는 76.47%로 예측되었다. 따라서 안테나 빔폭이 90°인 섹터화 방식이 가장 양호한 수신 전력 누적분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며 빔폭 60°와 120° 방식은 대체적으로 비슷한 누적분포 특성을 보여주고 있다.

3.3 파이롯 채널의 E_c/I_0 비교

파이롯 채널은 이동국에게 시간 및 위상 기준을 제공하며, 기지국을 구분하는 기준(PN offset) 정보를 제공한다.

파이롯 채널의 E_c/I_0 는 측정된 칩(chip) 에너지와

다른 간섭 신호의 비율로서 실제 파이롯 채널의 신호세기를 의미한다. 또한 파이롯 채널의 E_c/I_0 는 동기설정과 통화영역 결정시 중요한 역할을 한다. 그러므로 파이롯 채널의 E_c/I_0 의 세기가 충분하지 못한 경우 통화로를 형성할 수 없다.

일반적으로 파이롯 채널의 E_c/I_0 분석 기준은 양호($-10\text{dB} \leq E_c/I_0$), 불량($-14\text{dB} \leq E_c/I_0 < -10\text{dB}$), 불통($E_c/I_0 < -14\text{dB}$)으로 분류한다. 파이롯 채널의 E_c/I_0 는 각 기지국에 의해 할당된 각 채널 전력으로부터 식 (2)와 같이 계산할 수 있다⁵⁾.

$$\frac{E_c}{I_0} = \frac{\alpha_o P_o(\theta_o) L_o(\theta_o, d_o) G}{I_h + I_n + I_o + I_m + I_t + N} \quad (2)$$

여기서,

- α_o : 파이롯 전력
- $P_o(\theta_o)$: 유효방사전력
- θ_o : 자신이 속한 기지국(섹터 0)과 탐색 이동국 사이의 각도
- $L_o(\theta_o, d_o)$: 이동국과 기지국 간의 경로손실
- G : 이동국의 수신 안테나 이득
- I_h : 이동국이 수신한 전력
- I_n : 타 시스템으로부터 수신한 전력
- I_o : 다른 기지국들로부터 수신한 전력
- I_m : 자신이 속한 기지국으로부터 이동국이 수신한 모든 통화 채널 전력
- I_t : 다른 기지국으로부터 이동국이 수신한 모든 통화 채널 전력
- N : 열잡음 전력

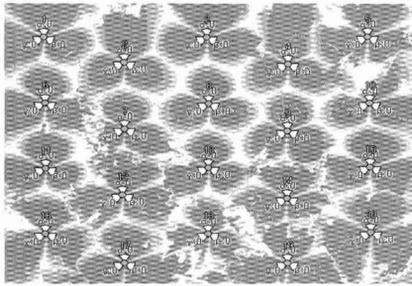
이때, 식 (2)의 I_t 는 다른 기지국으로부터 이동국이 수신한 전체 통화 채널의 전력으로서 식 (3)과 같다.

$$I_t = G \sum_{k=1}^K X_k(\theta_k) L_k(\theta_k, d_k) \quad (3)$$

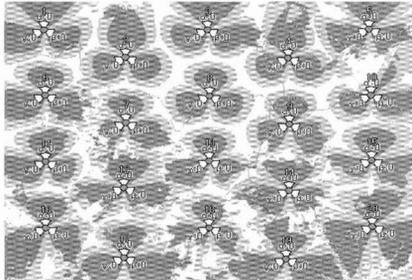
여기서,

- $X_k(\theta_k)$: 기지국 k 에서 송신한 총 통화 채널 전력(자신의 기지국 $k=0$ 은 제외)
- K : 시스템 내의 전체 셀 또는 섹터의 수

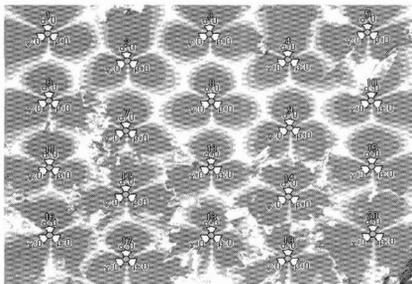
그림 6의 밝은 부분은 파이롯 채널의 신호세기가



(a) 빔폭 60°



(b) 빔폭 90°



(c) 빔폭 120°

그림 6. 안테나 빔폭에 따른 E_c/I_0 분포도

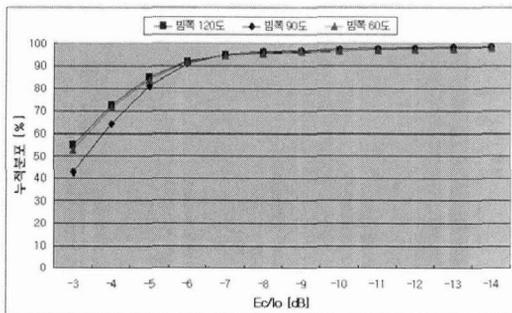
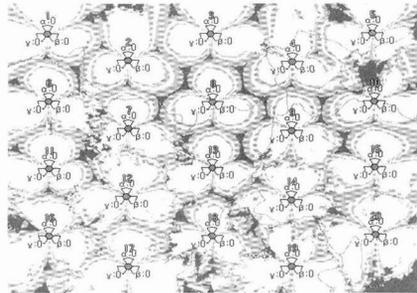
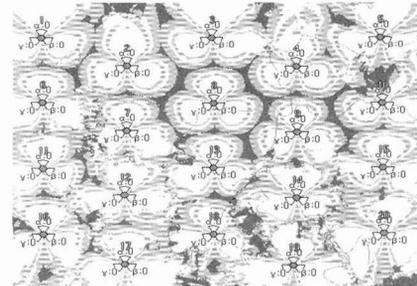


그림 7. 안테나 빔폭에 따른 E_c/I_0 누적분포

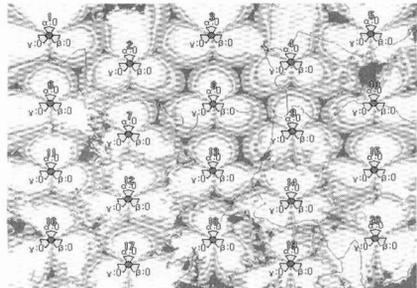
미약한 지역을 의미하며, 양호한 E_c/I_0 분석 기준인 -10dB를 기준할 때 E_c/I_0 의 누적분포는 안테나 빔폭이 60°인 경우 96.63%, 빔폭이 90°의 경우 97.20%, 빔폭 120°인 경우는 96.57%로 예측되었다. 따라서 안테나 빔폭이 90°인 섹터화 방식이 약 -6dB



(a) 빔폭 60°



(b) 빔폭 90°



(c) 빔폭 120°

그림 8. 안테나 빔폭에 따른 E_b/N_t 분포도

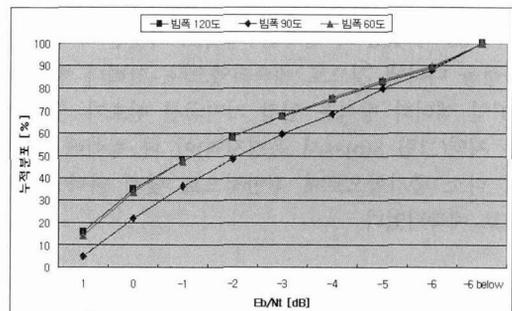


그림 9. 안테나 빔폭에 따른 E_b/N_t 누적분포

까지는 타 방식에 비하여 낮게 나타났지만, 전반적으로 가장 양호한 수신전력 누적분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며 빔폭 60°와 120° 방식은 대체적으로 비슷한 누적분포 특성을 보여주고 있다.

3.4 트래픽 채널의 Eb/Nt 비교

순방향 트래픽 채널은 통화자의 음성과 데이터를 송신할 뿐만 아니라 통화중에도 빈 프레임을 이용하여 신호 메시지도 주고 받는다. 또한 트래픽 채널의 Eb/Nt는 측정된 비트 에너지와 다른 셀들의 간섭신호 총 합과의 비율로서 BER(Bit Error Rate)과 직접 연관이 있으며 통화품질과도 상관관계가 매우 높다.

$$\frac{E_b}{N_t} = \frac{T_o(\theta_o)L_o(\theta_o,d_o)G}{I_h + I_n + I_o + I_m + I_l + N} \left(\frac{W}{R}\right) \quad (3)$$

여기서,

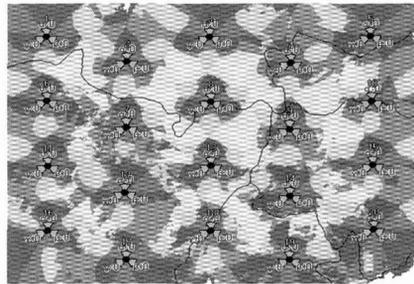
- $T_o(\theta_o)$: 통화 채널 유효방사전력
- θ_o : 자신이 속한 기지국(섹터 0)과 탐색 이동국 사이의 각도
- $L_o(\theta_o,d_o)$: 이동국과 기지국 간의 경로손실
- G : 이동국의 수신 안테나 이득
- I_h : 이동국이 수신한 전력
- I_n : 타 시스템으로부터 수신한 전력
- I_o : 다른 기지국들로부터 수신한 전력
- I_m : 자신이 속한 기지국으로부터 이동국이 수신한 모든 통화 채널 전력
- I_l : 다른 기지국으로부터 이동국이 수신한 모든 통화 채널 전력
- N : 열잡음 전력
- $\frac{W}{R}$: 처리 이득

그림 8의 검은 부분은 트래픽 채널의 Eb/Nt가 낮은 지역을 의미하며, Eb/Nt의 누적분포는 안테나 빔폭이 60°와 120°의 경우는 대체로 비슷한 누적분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으나, 안테나 빔폭이 90°인 섹터화 방식은 인접 기지국간 신호가 중첩되는 지역(그림 8(b)에서 음영지역)이 타 방식에 비하여 다소 증가함으로써 전반적으로 낮게 나타낼 것으로 예측되었다.

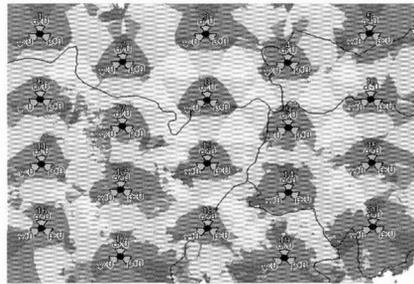
3.5 3-way 핸드오프 비교

CDMA 이동통신과 아날로그 이동통신의 중요한 차이 중의 하나는 핸드오프이다.

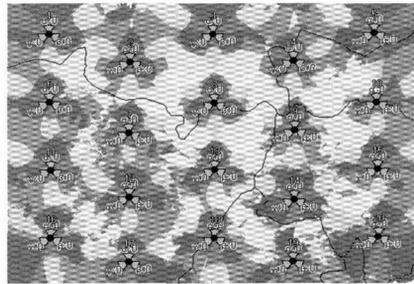
아날로그 방식에서 수행하는 핸드오프는 이동국의 교환국이 핸드오프의 주된 역할을 담당하고, 기지국이 통화회선의 신호강도를 측정하여 이동국의 교환국으로 전달하면 교환국에서 결정함으로써 통화 품질에 직접적인 영향을 미친다.



(a) 빔폭 60°



(b) 빔폭 90°



(c) 빔폭 120°

그림 10. 안테나 빔폭에 따른 3-way 핸드오프 분포도

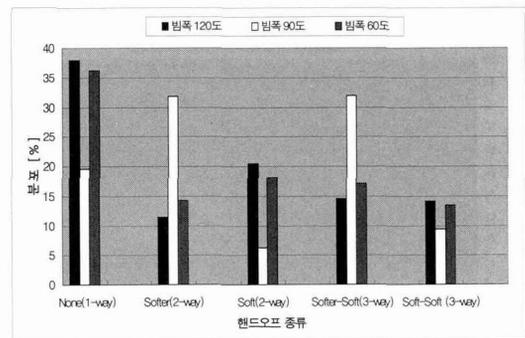


그림 11. 안테나 빔폭에 따른 3-way 핸드오프 분포

반면 CDMA 이동통신 방식은 이동국이 신호레벨과 품질을 측정하여 기지국을 통하여 보고하면 교환국에서 옮겨갈 셀을 결정하여 핸드오프를 수행함으로써 시스템 용량에 직접적인 영향을 미친다.

그림 10의 밝은 부분은 신호의 중첩 지역을 의미

하며, 안테나 빔폭이 60°와 120°인 경우 핸드오프 영역은 전체 서비스 가능 영역 중 약 61 ~ 63% 정도의 지역에서 통화 시 2~3개의 기지국과 핸드오프를 수행하고 대체로 비슷한 누적분포 특성을 나타낼 것으로 예측되었으며 요구되어지는 전체 통화 채널의 수도 비슷할 것으로 예측된다.

그러나, 안테나 빔폭이 90°인 섹터화 방식의 경우 E_b/N_t 의 시뮬레이션 결과(그림 8, 그림 9)에 나타난 바와 같이 인접 기지국간 신호가 중첩되는 지역이 증가함에 따라 핸드오프 영역이 증가하여 전체 서비스 가능 영역 중 약 80% 정도의 지역에서 통화시 2~3개의 기지국과 핸드오프를 수행하게 된다.

일반적으로 소프트(soft) 핸드오프는 이동국이 한 개의 주파수 H/W로 구성되어 있기 때문에 양쪽 기지국이 같은 주파수로 구성되어 있을 때만 가능하며, 새로 할당받은 채널과 현재까지 이용하던 채널을 동시에 점유하여 바꾸는 방식으로 2개의 채널을 짧은 시간동안 점유하게 된다. 따라서 하드 핸드오프의 단점인 통화단절, 핑퐁현상은 해결되지만 2개 채널의 동시 점유로 채널 이용 효율이 다소 낮아진다. 또한 동일 주파수, 동일 주파수, 동일 프레임 옵션, 동일 교환기에 속해 있는 경우에만 가능하다.

반면에 소프트(soft) 핸드오프는 한 기지국 내에서 이루어지기 때문에 최종 변복조기는 한 개로 통일하여 처리하게 된다. 즉, 각기 다른 섹터의 H/W를 통해 신호는 송수신되지만 변복조 과정은 동일한 변복조기 칩내에서 처리되므로 매우 안정적으로 핸드오프가 이루어지게 된다. 따라서 전체 핸드오프 중 약 63% 정도의 소프트 핸드오프를 수행 할 것으로 예측되어지는 빔폭이 안테나 90°인 섹터화 방식이 약 26% ~ 31% 정도의 소프트 핸드오프를 수행 할 것으로 예측되어지는 타 방식에 비하여 보다 안정적인 핸드오프를 수행함으로써 이동성 보장과 채널 이용 효율에 도움이 될 것으로 예상되어진다.

IV. 결 론

본 논문에서는 효율적인 무선자원의 운용과 동일 무선채널간의 신호간섭을 최소화하기 위한 방안으로서 기존 3섹터로 운영되는 셀 내의 기지국 안테나 빔폭을 60°, 90°, 120°로 가변하며 시뮬레이션 하여 셀 패턴, E_c/I_0 , E_b/N_t 등의 섹터 특성을 비교·분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

- 셀 패턴은 세방식 모두 유사하게 3개의 육각형

모양의 섹터가 모여서 하나의 셀 패턴을 형성할 것으로 예측되었다.

- 안테나 빔폭이 90°인 섹터 방식의 경우 신호 중첩에 의해 E_b/N_t 의 양호 지역 누적분포는 타 방식에 비해 다소 낮게 예측되었으나, RSSI, E_c/I_0 의 양호 지역 누적분포는 전반적으로 가장 양호하게 예측되었다.
- 안테나 빔폭 90° 방식의 경우 전체 핸드오프 중 소프트 핸드오프 비중이 가장 많이 차지함으로써 안정적인 핸드오프 수행과 원활한 이동성을 보장, 채널 이용 효율이 향상 될 것으로 예상되었다.

이상과 같이 동일한 3섹터 방식임에도 불구하고 안테나 빔폭에 따라 특성이 다양하게 나타남을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Chen, G. K., "Effects of Sectorization on the Spectrum Efficiency of Cellular Radio Systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 41, no. 3, pp. 217-225, Aug. 1992.
- [2] Dong You Choi, Sun Kuk Noh, "A Study on the Cell Sectorization using the WBTC & NBTC in CDMA Mobile Communication Systems," *Lecture Note in Computer Science*, no. 3421, pp. 920-927, 2005.
- [3] Y.Okumura, E.Ohmori, T.Kawano and K.Fukuda, "Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile radio service", *Rev. Elec. Commun. Lab.*, vol. 16, pp. 825-873, Sept. 1968.
- [4] M.Hata, "Empirical formular for propagation loss in land mobile radio service", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-29, pp. 317-325, Aug. 1980.
- [5] 정기혁, 나극환, "CDMA 기지국에서 E_c/I_0 보상 기법을 이용한 수신감도 측정에 관한 연구," *전자공학회논문지*, vol. 44, no. 8, pp. 9-16, Aug. 2007.

최 동 유 (Dong You Choi)

정회원



1999년 2월 조선대학교 전자공
학과 (공학사)

2001년 2월 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)

2004년 8월 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

2004년 9월~2005년 6월 에너지

자원신기술연구소 전임연구원

2006년 3월~2007년 2월 청주대학교 이공대학 전자정
보공학부 전임강사

2007년 3월~현재 조선대학교 전자정보공과대학 정보
통신공학부 전임강사

<관심분야> 전파전파, 이동통신, 통신 및 회로시스템

양 원 일 (Won Il Yang)

정회원

1983년 3월~현재 조선대학교 교수

<관심분야> CDMA 이동통신, 통신시스템

이 상 덕 (Sang Duck Lee)

정회원

2005년 3월~현재 조선대학교 시간강사

<관심분야> 네트워크 보안, 무선 네트워크 통신

한 승 조 (Seung Jo Han)

정회원

1980년 3월~현재 조선대학교 교수

<관심분야> 네트워크 보안