

---

碩士學位論文

# CDMA 셀룰러 시스템을 위한 소프트 핸드오프 영역 분석

濟州大學校 大學院

通信工學科



1996年 6月

# CDMA 셀룰러 시스템을 위한 소프트 핸드오프 영역 분석

指導教授 金 興 洙

宋 萬 鍾

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1996 年 6 月



宋 萬 鍾의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

李 鎔 鶴



委員

金 興 洙



委員

林 載 允



濟州大學校 大學院

1996 年 6 月

---

**Analysis of Soft Handoff Area in CDMA  
Cellular System**

**Man-jong Song**  
(Supervised by professor Heung-soo Kim)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1996. 6

# 목 차

Abstract .....	1
I. 서론 .....	2
II. CDMA 시스템 .....	5
1. CDMA 시스템 개요 .....	5
2. 대역 확산 통신 .....	8
3. CDMA 시스템의 채널구조 .....	10
4. 순방향 전력제어 .....	11
5. 역방향 전력제어 .....	12
III. 소프트 핸드오프 .....	20
1. 소프트 핸드오프 기본 개념 .....	20
2. 소프트 핸드오프 과정 .....	23
3. 소프트 핸드오프 파라미터 분석 .....	25
IV. 측정결과 및 고찰 .....	29
1. 측정시스템 .....	29
2. 소프트 핸드오프 파라미터 .....	33
3. $E_c/I_0$ 값에 의한 소프트 핸드오프 영역 분석 .....	34
V. 결론 .....	43
참고문헌 .....	44

---

## Abstract

In CDMA systems, service area of base station is determined by soft handoff parameters with transmission power,  $T_{ADD}$  and  $T_{DROP}$  etc. A subject of soft-handoff area and transmission power of base station have relation to forward link area, as well as reverse link area.

This paper aims to investigate the variance of soft-handoff area, as the change of transmission power of base station, in order to induce interference toward near station, also balance forward link signal and reverse link signal. The optimum transmission power is determined to get relevant soft handoff area, and to accord with the boundary of forward-reverse link.



## 1. 서론

오늘날 인간은 항상 통신을 이용하면서 일상생활을 영위하고 있다고 해도 과언이 아니다. 가정과 사무실의 전화나 거리의 공중전화를 이용하여 국내는 물론 통신위성을 통하여 세계의 어디든지 누구와도 쉽게 통신을 할 수 있다. 그러나 고정된 장소에서 통신을 하는 것 보다 시간과 공간에 구애받지 않고 통신을 한다는 것은 신속한 정보 교환을 가능케 하여 통신 영역을 확대시켜 준다는 장점 때문에 최근 이동통신에 대한 이용도가 급증하고 있다.

이동통신 시스템의 한정된 주파수 자원에 대한 수요가 급증함에 따라 기존 이동통신 시스템의 용량 한계를 극복하기 위한 다양한 다중접속 기술이 개발되었다. 현재 주파수 분할 다중접속(FDMA) 방식을 이용하고 있는 아날로그 시스템은 협대역 시스템으로 채널 수가 한정되어 있기 때문에 용량이 제한되어 있다. 그래서 이동통신 시스템은 가입자 수용 용량을 높이기 위해서 주파수 사용 효율이 높고 서비스 품질에서 우수한 코드 분할 다중접속(CDMA) 셀룰러 시스템으로 발전해 가고 있다(Lee, 1991). CDMA 셀룰러 시스템은 기본적으로 광대역 시스템이다(Raymond, 1991). 여기서 광대역 시스템이란 사용 가능한 전 주파수 대역을 사용하여 신호를 전송하는 시스템이다. 아날로그 FM 협대역 변조 시스템에서는 다중 전파 경로가 심각한 페이딩을 초래한다. 하지만, CDMA 광대역 변조 방식에서는 다른 경로를 통한 신호들이 각각 독립적으로 수신되므로 다중경로 페이딩 문제의 심각성이 감소된다. 다이버시티는 페이딩을 완화시키는 좋은 방법이며 시간, 주파수 및 공간의 3가지형이 있다. 시간 다이버시티는 인터리빙(interleaving) 및 오류 정정 부호의 사용을 통하여 달성된다. 광대역 CDMA 방식은 신호 에너

지를 넓은 주파수 대역으로 확산시킴으로써 주파수 다이버시티를 얻는데, 주파수 관련 페이딩은 신호 대역중 보통 200~300KHz 대역(Simmond, 1993)에 영향을 준다. 공간 또는 경로 다이버시티는 이동국과 둘 이상의 기지국을 동시에 연결하는 소프트 핸드오프, 각기 다른 전송 지연 시간을 갖는 송신 신호를 각각 수신하여 결합하는 레이크 수신기와 같은 확산 스펙트럼 처리 기능을 통한 다중경로 환경의 이용 그리고 기지국 다중 안테나 구성 등으로 달성 가능하다(Seite, 1994). CDMA 시스템은 큰 통화용량, 양질의 통화품질 및 기타 장점들을 얻기 위하여 순방향 및 역방향 전력 제어를 사용한다(Lee, 1991). 이동국 송신 전력 제어의 목적은 서비스 지역 내의 모든 이동국 전송 신호가 기지국 수신기에 규준 강도(Nominal strength)로 수신되도록 이동국 송신 전력을 제어하는데 있다(Grandhi, 1993). 소프트 핸드오프 방식을 쓰면 한 기지국의 서비스 영역이 다른 기지국의 서비스 영역의 일부분까지 서비스를 해야 한다. 결국 셀 경계가 정확히 구분되지 않고 소프트 핸드오프 영역만큼 서비스 영역이 서로 겹치게 된다. 즉, 넓어진 서비스 영역만큼 기지국의 송신 전력은 증가하여야 한다. 늘어난 송신 전력은 CDMA 시스템의 소프트 핸드오프 영역에 큰 영향을 미치므로 송신 전력에 대한 소프트 핸드오프 영역의 고려는 매우 중요하다(Gejji, 1992). 소프트 핸드오프 영역은 기지국의 실질적인 서비스 지역과 밀접한 관련이 있으며 이 영역은 핸드오프 파라미터 등에 의해 결정된다(TIA, 1993).

본 논문에서는 CDMA 기지국의 송신 출력과 경로 손실만을 고려하여  $E_c/I_0$  값을 이론식에 의해 구하고, 이것에 의해 소프트 핸드오프 영역을 결정한다. 실제 운용중인 기지국에 대하여 기지국의 송신 출력과 소프트 핸드오프 파라미터에 따른 소프트 핸드오프 영역의 변화를 측정해 구해서 서로 비교한다. 기지국 송신 출력과 소프트 핸드오프 영역과의 관계를 분석하여 CDMA 셀룰러 이동통신

시스템을 설계할 때 이 결과가 유용하게 쓰이도록 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 I장에서 소프트 핸드오프 영역 분석의 필요성과 연구 방향을 제시하고 II장에서는 CDMA 시스템의 기본적인 작동원리, 대역확산 통신, CDMA 시스템의 채널구조 및 전력 제어에 대해서 설명한다. III장에서는 소프트 핸드오프의 기본 개념과 그것이 이루어지는 과정 그리고 소프트 핸드오프 파라미터 대한 설명을 하고 IV장에서는 실험에 사용된 측정 시스템과 다중경로 환경에 대한 설명을 하고 소프트 핸드오프 영역에 대한 실험 결과를 분석한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.





## II. CDMA 시스템

### 1. CDMA 시스템 개요

CDMA는 변조 및 다원 접속 방식의 하나로서 이미 널리 사용 중인 확산 스펙트럼 통신방식에 근거를 두고 있으며 최근에 와서 디지털 이동통신 및 첨단 무선 통신에 응용 되고 있다. CDMA 방식은 가깝게는 이동통신 수요에 대한 용량 문제를 해결하고 장기적으로는 경제적이고 효율적이고 휴대하기 간편한 이동통신 방식을 제공할 것이다.

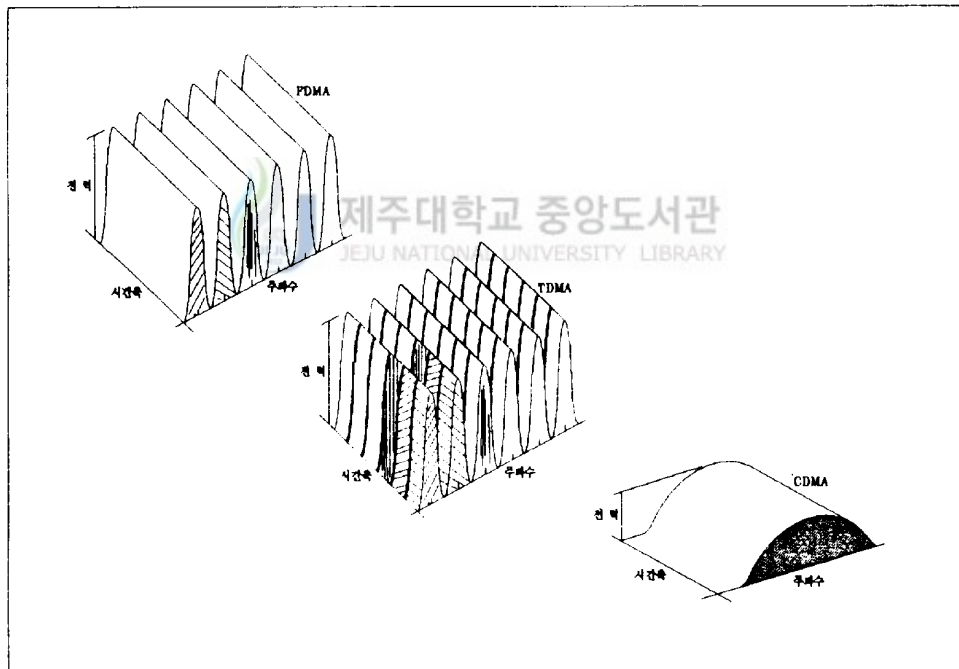


Fig. 1. Frequency and Time domain configuration of FDMA, TDMA and CDMA

Fig. 1에서 보듯이 FDMA 채널은 주파수 영역 내에서 비교적 좁은 대역을 차지하여 전송신호 전력이 집중되어 있으며 다른 신호에는 다른 채널을 할당하고 있다. 특정 협대역 주파수대의 신호 에너지를 통과 시키며 그외 주파수 신호는 제거하는 대역 필터를 사용하여 인접 채널로 부터의 간섭을 방지한다. 기존 아날로그 셀룰러 시스템에서는 할당된 스펙트럼을 한 채널당 30KHz의 주파수 대역으로 나누어 협대역 FM 변조 방식을 사용하므로 변조 효율은 30KHz당 한 통화가 된다. 그런데 간섭 때문에 동일 주파수를 모든 셀에서 사용할 수 없다. 주파수 재사용 계수는 동일 주파수의 재사용 정도를 나타내는 숫자로서 허용 기준 이상의 통화 품질을 유지하기 위해서는 반송파대 간섭비(C/I)가 18dB 이상이어야 한다. TDMA 방식에서는 한 채널은 시간간격의 주기적 열인 타임슬롯으로 구성되며 이것은 다시 프레임을 구성하고 각 신호 에너지는 해당 타임슬롯에 수용된다. 여기서 인접 기지국간 간섭 방지를 위하여 타임 게이트를 사용한다. TIA(Telecommunication Industry Association)가 제안한 EIA/TIA/IS-54B 디지털 셀룰러 표준안은 30KHz 대역의 FDMA 채널을 6개의 TDMA 타임슬롯으로 나누고 있다. CDMA 방식에서는 각 신호는 시간과 주파수를 공유하면서 서로 다른 의사난수 2진 시퀀스를 갖는데 이것이 반송파의 파형 스펙트럼을 확산 시킨다. 많은 수의 CDMA 신호들은 동일한 주파수 스펙트럼을 공유하는데 CDMA 방식을 주파수 영역 또는 시간 영역에서 보면 여러 CDMA 신호가 겹쳐져 나타난다. 이러한 신호 가운데서 정해진 2진 시퀀스를 사용하여 원하는 신호 에너지를 선택 수신하여 스펙트럼을 원상 복구 시키는 상관 검출기를 사용하여 원하는 신호들을 분리 수신할 수 있는데 코드가 맞지 않는 다른 신호들은 스펙트럼이 원상 복구 되지 못하고 잡음으로 처리되므로 시스템의 자기간섭으로 나타난다. 수신 대상 신호의 신호대 잡음비의 증가 과정을 Fig. 2에 나타내었다.

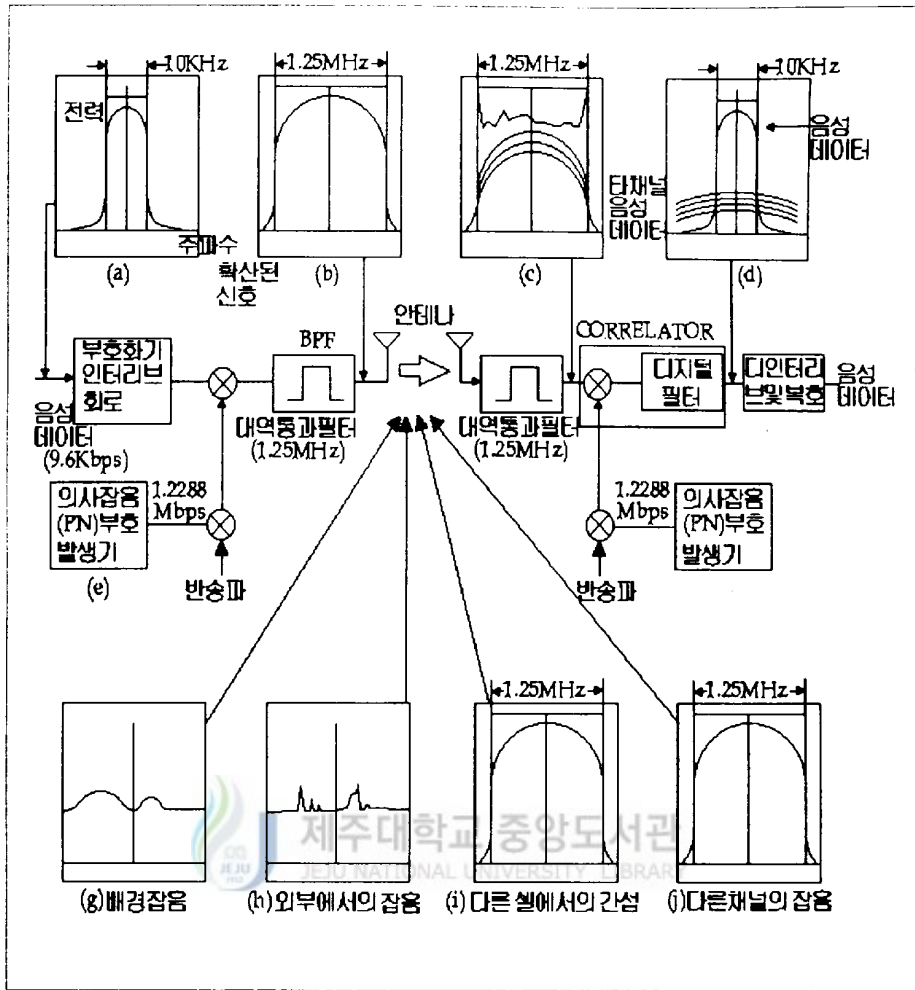


Fig. 2. CDMA technology

신호대 간섭 비는 수신 대상 신호 전력과 기타 모든 신호의 총 합산 전력과의 비이며 이는 시스템 프로세싱 이득 또는 확산 대역 폭대 기저 대역의 데이터 율로도 표시한다. CDMA 디지털 셀룰러 시스템의 용량을 결정하는 주요 파라미터에는 프로세싱 이득,  $E_b/N_0$ 값, 음성 부하시간, 주파수 재사용 효율 및 기지국 내의 셀터수 등이 있다. CDMA 셀룰러 시스템의 스펙트럼 효율은 동일 지역에서 동일

안테나 시스템을 사용할 경우 FDMA 시스템 효율과 비교할 때 20배 이상이 된다. 이것은 한 통화당 10KHz 스펙트럼을 사용하는 것과 같다.

## 2. 대역 확산 통신

대역 확산 통신이란 정보 데이터 신호의 주파수 대역 폭 보다 훨씬 넓은 대역 폭을 갖는 코드(PN Code와 Walsh Code)를 사용해서 정보 데이터 신호를 대역 확산시켜 전송하는 통신 방식이다. 이때 사용되는 코드는 정보 데이터 신호와는 독립적이며 수신기에서는 송신기에서 사용한 동기가 맞는 동일한 코드를 사용해서 대역 축소후 원래의 정보 데이터 신호를 복원하는 통신 방식이다. 이러한 대역 확산 통신을 사용하는 다수의 사용자에게 서로 다른 코드를 부여함으로써 다중화를 이룰 수 있으며 이러한 다중화 방식을 CDMA라고 한다. CDMA 방식은 정보 데이터 신호에 해당 사용자의 고유 코드를 이용해서 직접 대역 확산하는 DS-SS-CDMA(Direct Sequence Spread Spectrum CDMA) 방식과 정보 데이터 신호를 한 중심 주파수에서 PN 코드를 이용한 주파수 합성 장치를 이용하여 다른 주파수로 도약시켜 대역이 확산되게 하는 FH-SS-CDMA(Frequency Hopping Spread Spectrum CDMA) 방식이 있는데, 현재 셀룰러 이동통신에서 사용하는 방식은 DS-SS-CDMA 방식이다. DS-SS-CDMA 시스템의 송·수신 개략도는 Fig. 3에 나타내었다. 대역 확산 통신 방식은 제밍이나 간섭 및 다중경로에도 강한 특성을 나타낸다.

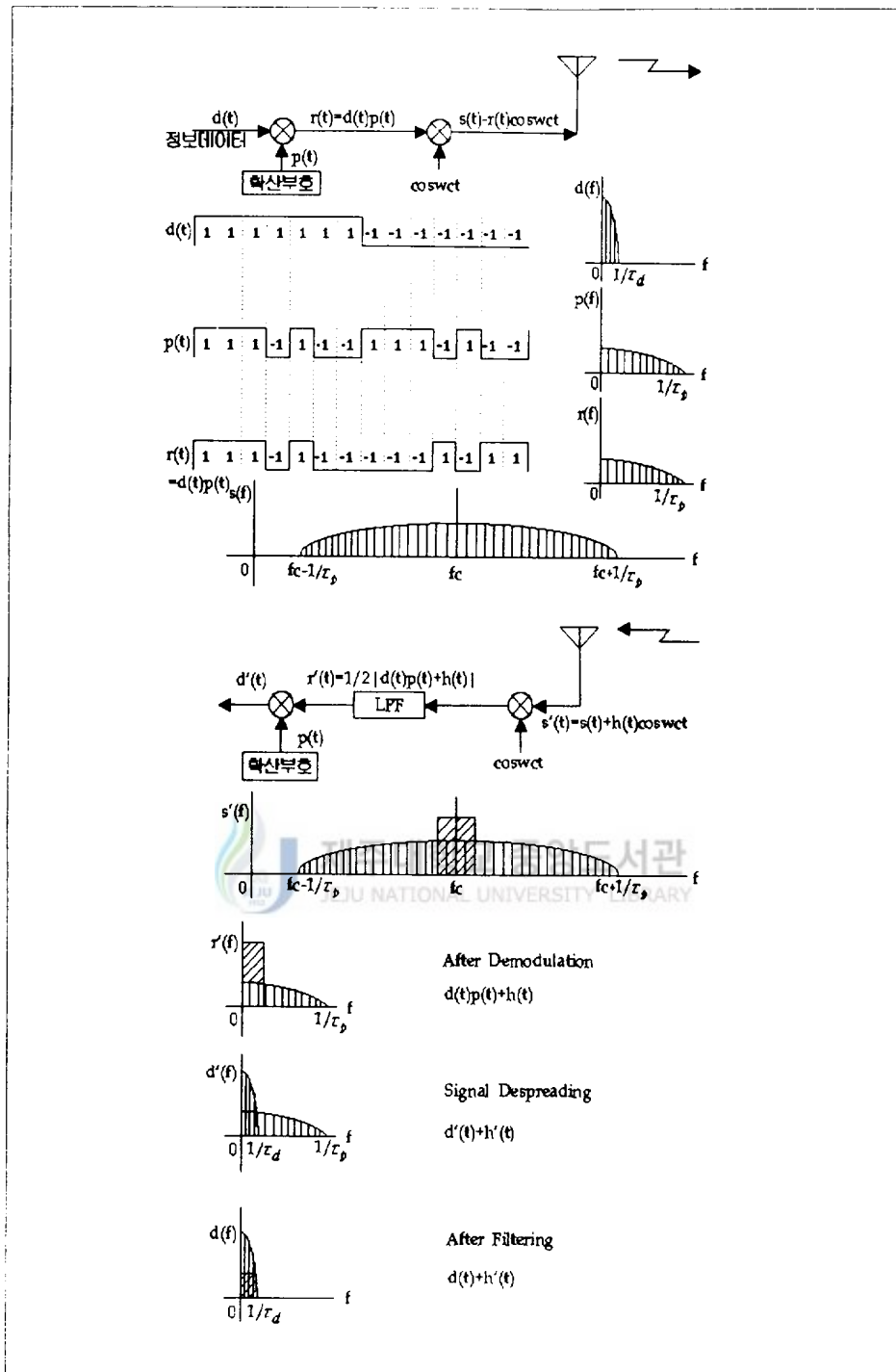


Fig. 3. The concept of DS-SS

### 3. CDMA 시스템의 채널 구조

순방향 링크의 개념도는 Fig. 4와 같다. 순방향 CDMA 채널은 기지국에서 이동국 방향으로의 채널이며 파일럿(Pilot)채널, 동기(Sync)채널, 호출(Paging)채널, 통화(Traffic)채널로 구성된다. 이들 각각의 코드 채널은 Walsh 함수에 의해 직교 확산되며 1.2288Mcps로 고정 칩 속도를 가진 PN 계열의 직교쌍에 의해 확산된다.

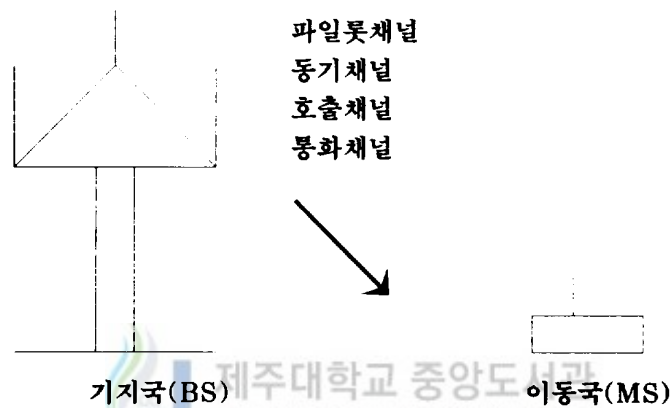


Fig. 4. Forward link(BS→MS)

Fig. 5는 기지국으로부터 전송되는 코드 채널의 할당 예를 보인 것이다. 할당된 64개의 코드 채널에는 항상 사용되는 파일럿 채널 1개와, 동기 채널 1개, 7개의 호출 채널, 그리고 55개의 통화 채널이 있다. 각 채널의 기능에 대해 간략히 설명하면 파일럿 채널은 셀이나 섹터를 구분하기 위하여 사용되며, 거의 완벽한 위상, 시간 및 신호의 전체강도 기준치를 제공한다. 기지국 간의 구별은 PN 이진 코드로 이루어진다. 동기 채널은 이동국이 보다 정확한 시스템 동기 시간을 알 수 있도록 한다. 호출 채널은 기지국이 이동국을 호출하기 위하여 사용된다.

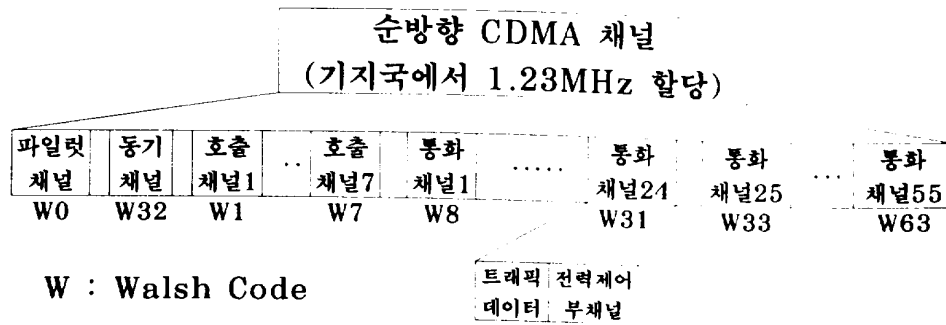


Fig. 5. Forward link CDMA channel assignment

역방향 CDMA 채널은 이동국에서 기지국 방향으로의 채널이며 접속 채널과 트래픽 채널로 구성된다. 접속 채널은 이동국이 트래픽 채널을 사용하지 않고 있을 때 이동국이 기지국을 호출하기 위하여 사용된다. 트래픽 채널은 실제로 음성 데이터를 전송하는 기능을 담당하며, 여러가지 상황에 따라 데이터 전송 속도를 9600, 4800, 2400, 1200 bps 등으로 조정할 수 있도록 되어 있다.

#### 4. 순방향 전력제어



통화중인 이동국이 다중경로 전파, 잡음 또는 간섭이 심한 셀 경계 지역에 위치할 때에는 모든 채널이 정해진 통화 품질을 유지하기 위해서 기지국의 전력 레벨을 증감시킬 수 있는 수단이 필요하다. 이를 순방향 전력 제어라고 하는데 순방향 전력제어는 기지국에서 이동국으로 보내는 송신 전력을 조절하는 것으로서 인접 셀로 부터의 간섭을 감소시킬 목적으로 사용한다. 이때 송신 전력은 모든 순방향 채널(Pilot, Sync, Paging, Foward Traffic Channel)을 공유하며 기지국이 해당 이동국의 트래픽 채널 할당 전력을 변화시켜 전력을 조절한다. 즉, 전체 전력량은 같으나 전력 증폭기가 포화되지 않게 전력 조정 여부를 결정하여

모든 채널의 특성이 양호하게 유지되는 범위에서 트래픽 채널별로 할당 전력은 다시 조절한다. 순방향 전력제어는 기지국의 셀 제어기가 관장하며 3~4dB 정도의 비교적 작은 범위로 한번에 약 0.5dB 정도로 조정된다. 순방향 통화 채널의 전력제어는 교환기에 위치한 셀렉터 보코더에 의하여 수행된다. 이동국은 순방향 호출 채널의 시스템 파라미터 메시지를 통하여 전력제어 보고 임계치, 보고 프레임 수, 모드 지시기, 전력보고 지연과 같은 파라미터 메시지를 수신하여 임시 레지스터에 저장한다. 이동국은 기지국으로부터 한 프레임씩의 데이터를 수신하여 전체 프레임과 불량 프레임 수를 세어 전력 보고 모드가 1이면 매 일정 주기마다 역방향 트래픽 채널을 통하여 기지국으로 전력 측정 보고 메시지를 송신하고 전력 보고 모드가 0 이면 불량 프레임의 수가 정해진 임계치를 넘을 경우에만 기지국으로 전력 측정 보고 메시지를 송신한다. 기지국은 이동국으로부터 전력 측정 보고 메시지를 받으면 FER을 기준치와 비교하여 전력제어 여부를 결정후 해당 채널에 대한 송신 전력을 증감 시킨다. 즉, FER과 임계치를 비교하여 FER이 크면 트래픽 채널의 전력을 증가 시키고, 임계치가 크면 트래픽 채널의 전력을 감소 시킨다.

## 5. 역방향 전력제어

역방향 전력제어는 이동국의 송신 전력을 조절하는 것으로써 셀 내의 모든 이동국이 동시에 같은 주파수를 사용하기 때문에 발생하는 근원 간섭 문제를 해결할 목적으로 수행한다. 만일 Fig. 6과 같이 기지국에서 100m 거리인 A 이동국과 1000m 거리에 위치한 B 이동국이 동일한 전력 레벨로 기지국으로 신호를 송신한다면 기지국에서 A, B 이동국 사이의 거리 차이가 10배 이므로 기지국 수신



전력은  $10^4 \sim 10^5$  만큼 차이가 난다. 이 경우 기지국에서의 B 이동국 신호는 복구 불가능한 상태가 된다. 이와 같이 서로 다른 거리에 위치한 이동국이 동일한 전력 레벨로 기지국으로 신호 전송시 상대적으로 기지국에서 먼 거리에 있는 이동국의 신호를 복구할 수 없는 문제점을 근원 간섭 문제라고 한다.

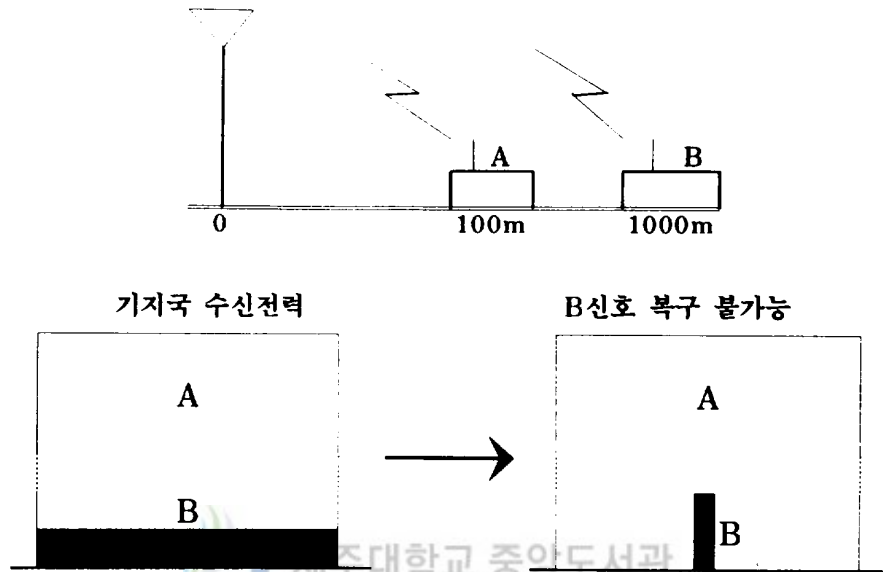


Fig. 6. The problem of adjacent interference

기지국에 가까이 있는 이동국은 멀리 떨어져 있는 이동국에 비해 경로 손실이 적으므로 더 큰 전력으로 수신 될 것이다. 따라서 모든 이동국이 같은 송신 전력을 사용한다면 가까운 이동국에 의해 발생된 신호는 멀리 떨어진 이동국으로부터의 신호를 덮어버리게 될 것이다. 근원 간섭 문제를 해결하기 위해 역방향 전력제어에는 개루프 전력제어와 폐루프 전력제어 그리고 외부루프 세가지 방식이 있다. 개루프 전력제어는 이동국이 독자적으로 기지국으로부터의 신호전력을 추정하여 추정된 값으로부터 역으로 송신 전력을 추출하는 방법이다. 즉, 이동국의 위치가

기지국과 가까우면 기지국 신호의 경로 손실이 작으므로 이동국에서 기지국 신호의 수신 세기는 크게된다. 따라서 이동국의 전력을 작게 송신하여 기지국에 최소 요구 전력으로 도달할 것이다. 이동국의 위치가 기지국에서 멀면 이동국의 송신 전력은 상대적으로 크게 해야만 기지국에 최소 요구 전력으로 도달 할 것이다. 여기서 최소 요구 전력은 정해진 통신 품질을 유지하기 위해 요구되는 최소 전력을 의미한다.

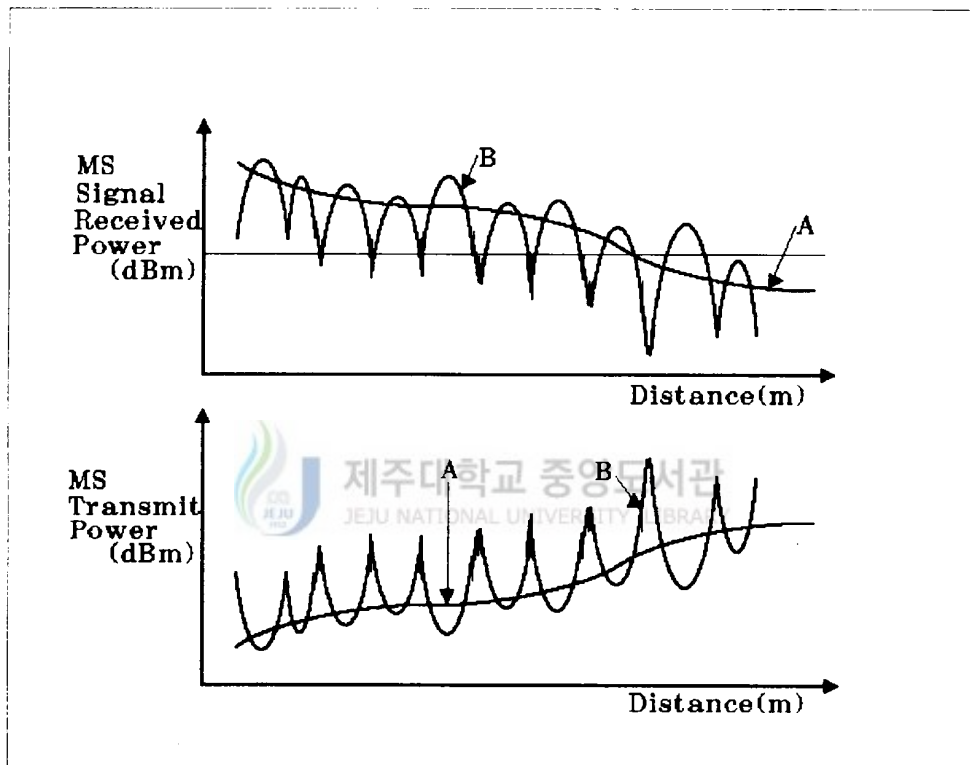


Fig. 7. Average path loss between BS and MS

Fig. 7은 이동국과 기지국 사이의 평균 경로 손실을 나타내었다. 그림에서 A 곡선은 이동국과 기지국 사이의 거리 및 지형적 모양에 의해 결정되는 평균 경로 손실을 나타내며 링크의 방향과 무관하게 전형적인 Log-normal 분포를 갖는

다. B 곡선은 다중경로 전파로 인하여 수신 신호의 세기가 빠르게 변하는 레일리 (Rayleigh) 페이딩 현상으로 인한 수신 신호 변화 곡선이다. 따라서, 개루프 전력제어의 목적은 먼저 경로 손실 및 지형 변화에 따른(A곡선) 개략적인 전력제어를 수행하는데 있다. 역방향 개루프 전력제어에 의한 이동국의 평균 송신 전력은 다음과 같다.

$$\text{평균송신전력(dBm)} = -73 - \text{평균수신전력(dBm)} + \text{NOM\_PWR(dB)} + \text{INIT\_PWR(dB)} \quad (1)$$

여기서 -73은 표준 크기의 셀에서 이동국 송신 전력은 27dBm(0.5W)이므로 이동국 수신이 -100dBm 정도가 되도록 조정하기 위한 값이다. NOM\_PWR은 기지국에서 정확한 전력을 수신하도록 하기 위한 교정 값이며 공칭값은 0dB이고 범위는 -8dB~7dB 이다. INIT\_PWR은 첫 번째 액세스 채널 프루브의 전력 레벨이 필요한 신호 전력 레벨보다 약간 작게 수신되도록 보정해 주는 값이다. 공칭값은 0dB이며, 범위는 -16dB~15dB 이다. NOM\_PWR, INIT\_PWR은 호출 채널로 전송되는 액세스 파라미터 메시지에 실려있다. 이동국은 호출 채널을 통하여 기지국으로부터 인식 신호를 받을때까지 하나의 메시지를 액세스 채널을 통하여 계속 전송한다. 이들 각각의 전송을 액세스 프루브라 하며 이 프루브 시퀀스를 보내어 그 메시지에 대한 응답 신호를 받는 과정을 액세스 시도라고 한다. 액세스 프루브 시퀀스의 첫번째 전력 레벨을 정한 것이 INIT\_PWR이다. 처음 시도에서 기지국이 이동국을 인식하지 못하면 다음 프루브 시퀀스를 더 높은 규정된 전력 레벨로 증가 시키면서 미리 정해진 횟수 NUM\_STEP만큼 반복 시도한다. 이동국이 기지국의 인식 신호를 수신하면 역방향 트래픽 채널로 신호를 보내게 되는데 이때 처음 신호 전송시 평균 출력 전력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{평균송신전력(dBm)} = & \\ & -73\text{-평균수신전력(dBm)} + \text{NOM\_PWR(dB)} + \text{INIT\_PWR(dB)} \\ & + \text{모든 액세스 프루브의 교정값의 합(dB)} \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 N번 액세스 시도시 모든 액세스 채널 프루브 교정 값의 합은  $N \times 0.5 \times \text{PWR\_STEP(dB)}$ 가 되며 PWR\_STEP 범위는 0~7dB 이다. 이동국 송신 전력의 증가가 필요한 경우에는 Fig. 8과 같이 요구되는 증가율 보다 낮게 증가되어야 한다. 왜냐하면 이동국에서 오류에 의한 전력의 증가는 다른 이동국들에게 커다란 간섭을 일으키게 되므로 전력 증가는 천천히 이루어져야 한다. 반면에 송신 전력의 감소가 필요한 경우에는 빠른 율로 감소해야 한다. 이때 이동국 송신 전력이 급속히 감소하게 되어 무선 링크 질의 저하가 발생하여도 다른 이동국들에게는 영향을 미치지 않는다.

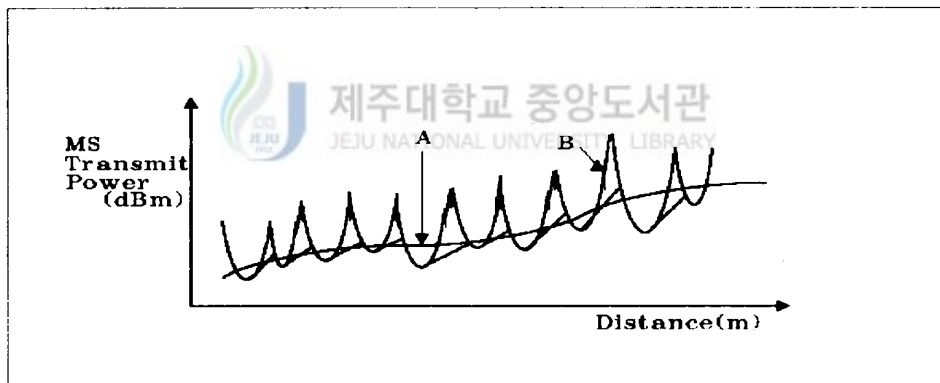


Fig. 8. Increasing transmitted power of MS

개루프 전력제어는 기본적으로 역방향 및 순방향 경로 손실이 같다고 가정 했을 때 그 정확성이 보장된다. 그러나 실제적으로 기지국과 이동국의 통신에는 순방향 채널과 역방향 채널이 서로 다른 레일리 페이딩을 겪게 되므로 이동국의 송신한

신호가 기지국에서 어떻게 수신 되었는지는 추정할 수 없다. 즉, 이동국이 수신한 신호만으로는 기지국에서의 수신 상태를 추정할 수 없게 된다. 이와같이 송수신이 서로 다른 채널을 사용하므로써 발생하는 문제를 보완 해결하기 위하여 페루프 전력제어를 사용한다.

페루프 전력제어에서 기지국은 미리 정해진 FER을 유지하기 위해 셀내의 모든 이동국에 대한 역방향  $E_b/N_0$  기준치를 설정하고, 이 설정된  $E_b/N_0$ 와 기지국이 매 1.25msec 동안 수신, 평균한  $E_b/N_0$ 를 비교하여 측정치가 설정치보다 크면 이동국에게 전력 감소를 명령하고 작으면 전력 증가를 명령한다. 측정치가 설정치보다 크다는 것은 이동국의 신호가 기지국에서 필요로하는 최소 요구 전력보다 크게 도달한 것으로 이것은 이동국이 불필요하게 큰 전력을 사용하고 있음을 의미한다. 반대로 측정치가 설정치보다 작다는 것은 이동국의 송신 전력이 작다는 것을 의미하므로 정해진 무선 링크의 품질을 유지하기 위해서는 이동국의 송신 전력을 증가시켜야 한다. 여기서  $E_b/N_0$  기준 임계치를 고정시키지 않고 채널의 평균 FER에 따라 변화시키는 경우를 외부 루프 전력제어라 하며 일반적으로 페루프 전력제어에 포함시켜 다룬다. 역방향 통화 채널의 페루프 전력제어는 기지국에 위치한 채널 소자(CE)에 의하여 수행된다. 역방향 페루프 전력제어가 불허용되어 있으면 채널 소자는 전력제어 비트를 0(전력증가)과 1(전력감소)이 교대로 일어나도록 한다. 역방향 페루프 전력제어가 허용되어 있으면 채널 소자는 셀렉터 보코더로부터 받은 전력대 잡음비 기준치와 복조기 ASIC에서 계산한 수신 신호의 전력대 잡음비를 매 전력제어군마다 비교하여 이 값이 기준치 보다 큰 경우 전력제어 비트를 0(전력증가)로, 작을경우 1(전력감소)로 세팅한다. 변조기 ASIC은 채널 소자로 부터 받은 전력제어 비트를 IS-95에 지정된 방식으로 송신 데이터에 실어서 송신한다. 이동국이 역방향 트래픽 채널로 초기 전송을 한후 순방향 트래

픽 채널로 첫번째 전력제어 비트를 수신하면 이동국은 식 (3)에 의해 송신전력을 결정한다.

$$\begin{aligned}
 \text{평균출력전력} = & - \text{평균입력전력(dBm)} - 73 + \text{NOM\_PWR} + \text{INIT\_PWR(dB)} \\
 & + \text{기지국을 액세스 하는데 수정된 값(dB)} \\
 & + \text{폐루프 전력 제어 명령에 의한 수정값(dB)} \quad (3)
 \end{aligned}$$

식 (3)에서 폐루프 전력제어 명령에 의한 수정값은 기지국이 송신한 전력제어 명령에 의하여 이동국이 송신해야 할 전력의 증감량을 나타낸다. 이와 같은 전력으로 송신된 이동국 신호는 기지국에서 수신되어 6개의 알쉬 칩에 해당되는 1.25msec 마다 특정 이동국으로부터 오는 역방향 무선링크의 품질을 추정한다. 이 때의 1.25msec의 무선링크 품질 측정 구간을 전력제어 그룹이라 하며 20 msec의 음성 신호의 한 프레임에는 16개의 전력제어 그룹이 포함된다. 기지국에서는 이 추정치에 근거하여 1 bit의 전력제어 명령을 순방향 트래픽 채널을 통하여 매 전력제어 그룹마다 이동국에 전송한다. 따라서 기지국으로 부터의 전력제어 정보는 800bps의 전송 속도로 이동국에 전송하게 된다. 1.25msec의 주기는 대부분의 페이딩을 보상하기에 충분한 값이며 기지국으로부터의 전력제어 명령에 의해 이동국에서 증감되는 값은 1dB이다.

역방향 외부루프 전력제어는 기지국에서 이동국의 전력을 기준치와 비교하여 이동국의 전력증감을 조절하는 역방향 폐루프 전력제어의 전력 기준치를 조절하는 것이다. 이 전력제어 과정은 프레임의 품질을 기준으로 하여 원하는 프레임 품질을 달성할 수 있도록 폐루프 전력제어 기준치를 설정한다. 역방향 외부루프 전력제어가 불허용되어 있으면 셀렉터 보코더는 역방향 폐루프 전력제어의 전력대 잡음비 기준치를 정해진 값으로 고정하여 채널 소자로 보낸다. 만일 허용되어 있으면 셀렉터 보코더는 채널 소자로부터 받은 전력 퀄리티 매트릭(Quality

Metric)의 프레임 품질과 달성하고자 하는 기준 프레임 품질을 비교하여 역방향 페루프 전력제어의 전력대 잡음비 기준치를 조절하도록 되어 있다. 그러나 복조기 ASIC에서 계산한 퀄리티 매트릭은 한 프레임의 비트 에러 수를 계산하도록 되어 있으며 한 프레임 내의 비트 에러 수는 채널의 양호하고 불량한 상태와 밀접한 관계가 있으나 프레임 에러와 직접적으로 연관되지는 않는다. 퀄컴에서 제시한 역방향 외부투프 전력제어 알고리즘은 순방향 전력제어 알고리즘과 매우 유사하게 이루어져 있으며 전력대 잡음비 기준치를 퀄리티 매트릭이 아닌 프레임 상태를 기준으로 삼아 변화 시킨다. 즉, 양호한 프레임이 수신되면 전력대 잡음비 기준치를 감소시키고 불량 프레임이 수신되면 증가 시킨다.



### Ⅲ. 소프트 핸드오프

#### 1. 소프트 핸드오프의 기본 개념

셀룰러 이동통신 시스템의 가장 큰 특징 중의 하나가 가입 단말기의 이동성을 보장하는 것이다. 이동성을 보장하기 위해 필요한 기술은 위치 등록 기술과 핸드오프 기술인데, 핸드오프란 가입자가 현재 서비스를 제공받고 있는 기지국 또는 섹터의 서비스 영역을 벗어나도 계속적으로 통화가 유지될 수 있도록 이동국과 기지국 간의 통화로를 연결해 주는 기술을 말한다. CDMA 시스템의 중요한 특징 가운데 하나는 소프트(soft) 핸드오프를 사용한다는 것이다.

기존의 아날로그 방식에서는 하드(hard) 핸드오프 방식을 사용한다. 이 방식은 'break and make' 라고 표현되는데 현재 통화중인 기지국과 먼저 통화를 끊고 새로운 기지국과 통화를 연결한다. 그러나 소프트 핸드오프 방식은 'make and break' 로써 현 기지국과 통화를 끊기 전에 먼저 새로운 기지국과 통화를 함으로서 일정 기간동안 두개의 신호를 동시에 들리게 된다. 두개의 신호를 동시에 들리게 되는 영역을 소프트 핸드오프 영역이라고 한다. 기존의 아날로그 시스템에서 사용하는 하드 핸드오프는 Fig. 9와 같이 이동국이 현재 기지국과 통화를 하고 있다가 인접 기지국으로 핸드오프 할 때 통화가 잠깐 끊어 졌다가 다시 새로운 기지국과 연결이 계속 되어진다. CDMA 시스템에서 일어나는 소프트 핸드오프 방식은 Fig. 10과 같이 핸드오프를 할 때 현재 통화가 진행중인 기지국과 통화중 끊어짐이 없이 진입한 인접 기지국과 통화를 하는 방식이다. 소프트 핸드오프는 하드 핸드오프의 큰 단점인 통화중 끊어짐을 방지할 수 있다.



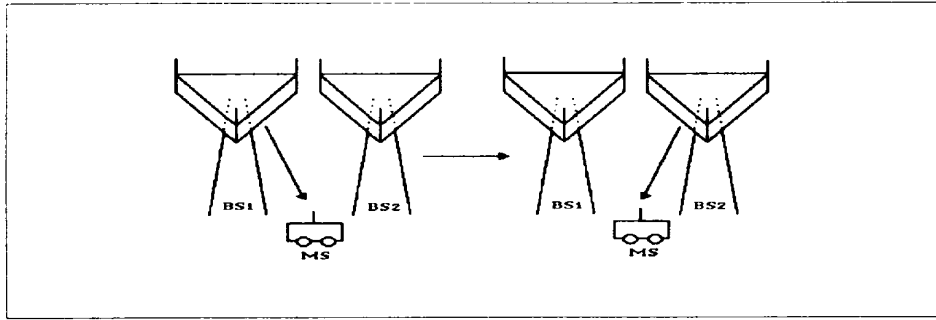


Fig. 9. Hard handoff

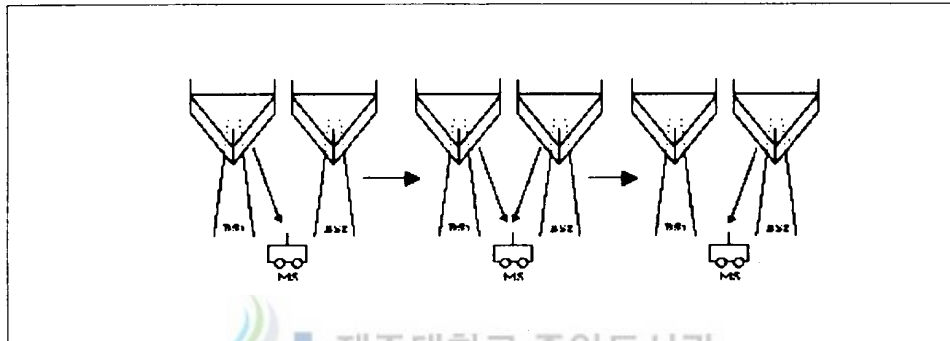


Fig. 10. Soft handoff

CDMA 시스템에서는 주로 소프트 핸드오프 방식을 사용하고 그 주체에 따라 소프트 핸드오프, 소프트(Softer) 핸드오프 그리고 소프트-소프트 핸드오프의 세 가지로 나뉘어진다. 첫 번째로 소프트 핸드오프는 서로 다른 기지국간에서 일어나는 핸드오프를 말하고 이동국과 기지국간의 신호의 흐름은 Fig. 11과 같다. 즉, 순방향 링크에서는 이동국이 두 기지국으로부터 들어온 신호를 합성하여 합성된 신호로부터 원하는 신호를 얻어낸다. 반대로 역방향 링크에서는 이동국의 신호를 두개의 기지국이 동시에 수신한다. 그리고 두 기지국은 받은 신호를 다시 이

동전화 교환국으로 보낸다. 여기에서 두 신호를 합성하여 합성된 신호로부터 이동국이 보낸 신호를 판단하고 다시 기지국에게 알려준다. 이러한 절차를 통해서 이동국과 기지국간의 통화가 이루어진다.

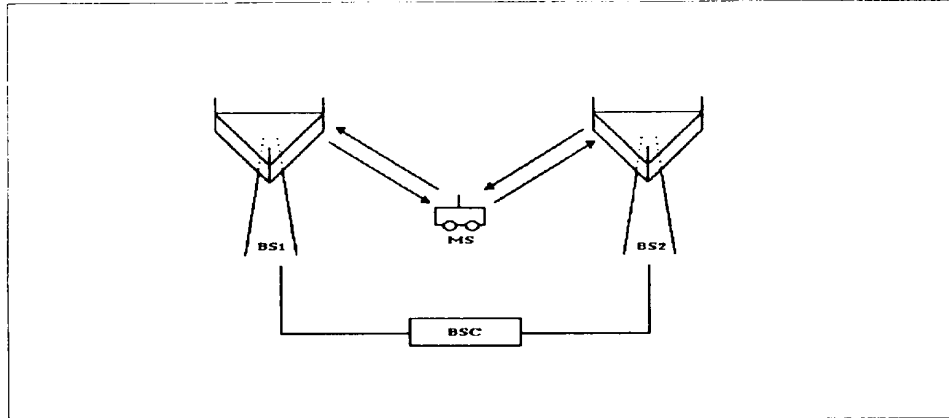


Fig. 11. Traffic link of soft handoff

두 번째로 소프트 핸드오프는 동일한 기지국에서 다른 섹터간의 핸드오프를 말한다. 이동국은 두 개 섹터의 안테나에서 보내는 신호를 합성해서 원하는 신호를 얻어내고 기지국은 이동국이 보내는 신호를 두 섹터의 안테나로 받아서 다시 신호를 합성해서 원하는 신호를 얻는다. 세 번째로 소프트-소프트 핸드오프는 소프트 핸드오프와 소프트 핸드오프가 동시에 일어나는 것이다. 즉, 이동국이 한 기지국의 두 개의 섹터와 다른 기지국과 동시에 통화하고 있는 상태이다. 결국 이동국은 세 개의 신호를 붙들고 있다가 약해지는 한 개의 신호를 버리게 되는데 버리는 신호가 한 기지국의 두 개 섹터 중에 하나이면 소프트 핸드오프로 전환이 된다. 그러나 한 기지국 한 개의 섹터에서 오는 신호를 버리게 되면 소프트 핸드오프로 다시 바뀐다. 소프트 핸드오프와 소프트 핸드오프의 다른 점은 이동국의 신호를 최종

판단하는 곳이 소프트 핸드오프는 이동전화 교환국인 반면 소프트 핸드오프는 기지국이라는 것이다. 이동국 관점에서 보면 소프트 핸드오프와 소프트 핸드오프 간에 차이점은 없다. 왜냐하면 이동국은 두 신호를 합성해서 원하는 신호를 뽑아 내기 때문이다. 그러나 이동전화 교환국 관점에서 보면 큰 차이를 발견할 수 있다. 즉, 한 개의 소프트 핸드오프가 진행될 때 이동전화 교환국에게 하나의 채널카드를 요구한다. 그러나 한 개의 소프트 핸드오프는 기지국에게 하나의 채널카드를 요구한다. 여기서 채널 카드란 한개의 소프트 핸드오프에 대해서 이동국이 두 개의 기지국에 보낸 신호를 합성하고 판단하는 곳이다.

## 2. 소프트 핸드오프 과정

소프트 핸드오프 과정에는 다음 네 가지의 중요한 파라미터가 있다.

- T\_ADD : 파일럿 검출 임계치
- T\_DROP : 파일럿 제거 임계치
- T\_COMP : 후보 집합에 대한 활성 집합의 비교 임계치
- T\_TDROP : 파일럿 소실 타이머 값

Fig. 12는 핸드오프 파라미터 임계치에 대한 소프트 핸드오프의 예를 나타낸 것이다. 이웃 집합은 현재 활성 집합 및 후보 집합에 속하지는 않지만 호 절제를 위한 후보 집합에 속할 가능성이 있는 파일럿 신호를 나타내고 파일럿 세기가 T\_ADD를 초과하면 이동국은 PSMM(Pilot Strength Measurement Message)를 전송하고 해당 파일럿을 후보 집합으로 옮긴다. 후보 집합은 현재 활성 집합에는 속하지 않지만 해당 순방향 통화 채널들이 성공적으로 이동국에 의해 복조될 수 있을 만큼 충분한 세기의 파일럿 신호이다. 기지국은 HDM

(Handoff Direction Message)을 전송하고 이동국은 해당 파일럿을 활성 집합으로 이전하고 HCM(Handoff Completion Message)을 전송한다. 활성 집합은 이동국에 할당된 순방향 통화 채널들과 연관되는 파일럿 신호이다. 파일럿 세기가  $T\_DROP$  이하로 떨어지면 이동국은 호 질체 드롭 타이머를 동작시킨다. 호 질체 드롭 타이머가 만기 종료되면 이동국은 PSMM을 전송한다. 그리고 기지국은 HDM을 전송한다. 이동국은 해당 파일럿을 활성 집합에서 이웃 집합으로 이전하고 HCM을 전송한다.

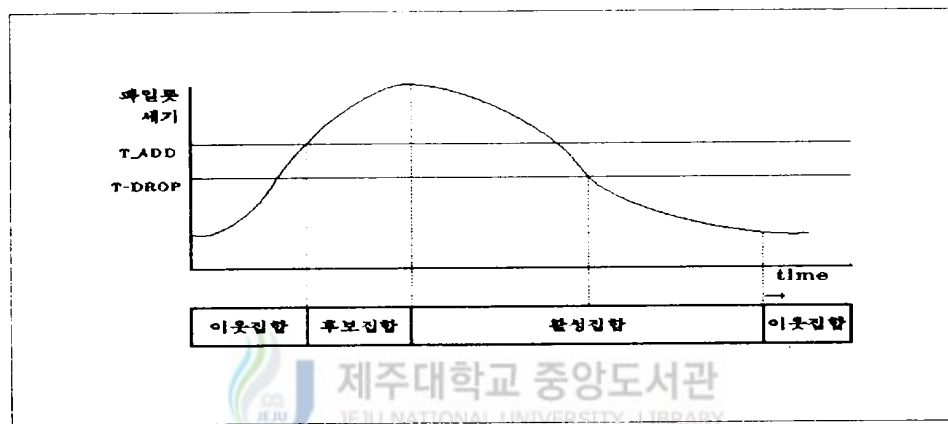


Fig. 12. Handoff threshold example

Fig. 13는 후보 집합내 파일럿 세기가 활성 집합내 각 파일럿 세기 이상으로 점차 커질 때 후보 집합의 파일럿에 의해 세기되는 메시지를 보여준다. 후보 집합의 파일럿 세기가 활성 집합의 파일럿 세기보다 최소한  $T\_COMP$  이상 클때 이동국은 후보 집합의 파일럿 세기가 활성 집합의 세기보다 크다는 것을 기지국에 보고 한다.

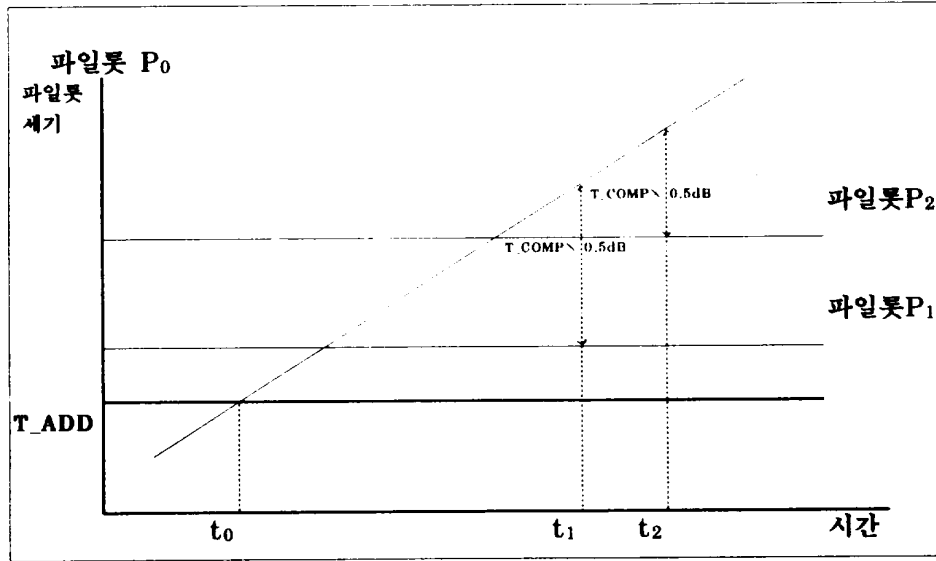


Fig. 13. Pilot strength measurements triggered by a candidate pilot

### 3. 소프트 핸드오프 파라미터 분석

실제 시스템에서는  $T\_ADD$ 와  $T\_DROP$  파라미터들이 서비스 영역을 결정하기 때문에 이 값들을 결정하는 것은 상당히 중요한 문제이다. 보통 필드 테스트 할 때  $T\_ADD$ 와  $T\_DROP$ 은 상방 한계값과 하방 한계값 사이에 어떤 값을 취해서 하고 있다. 그러므로 그 범위를 설정하는 것이 필요하다. 하방 한계값에 대한 분석은 이동국에서의 필터링시에 잡음을 착오로 검출하는 것을 막기 위해서 한다. 즉 최소한 잡음과는 구별될 수 있는 값이다. 상방 한계값은 가용 음성 품질을 유지하기 위하여 이동국에 수신되어야 하는 최소  $E_c/I_0$  값으로 부터 구한다. Fig. 14와 같이 두개의 기지국이 있고 이동국이 기지국 A로부터 기지국 B로 진행한다 고 가정을 하고 또한, 적절한 음성 품질을 유지하기 위해 이동국에서 수신하는

$E_c/I_0$ 가 최소한 14dB 이상을 유지해야 한다고 하고 순방향 전력제어는 중단하는 것으로 한다. 이동국에서 보면 기지국 A의 수신 전력은 감소하고 기지국 B의 수신 전력은 증가하고 있다. 기지국 A와 통화를 하고 있는 이동국 입장에서 보면 기지국 B의 전력은 간섭이고 이동국이 기지국 B로 가까이 가기 때문에 간섭은 늘어난다.

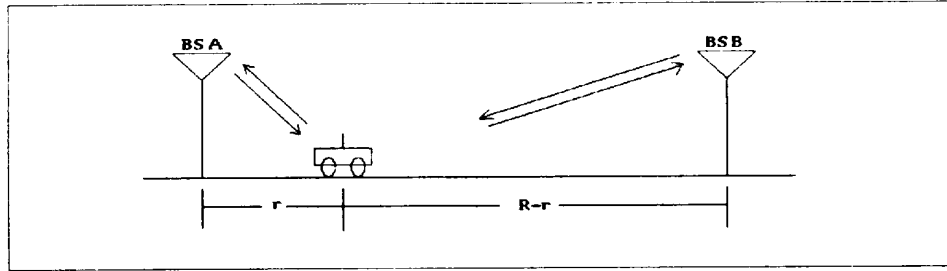


Fig. 14. Description of T\_ADD maximum point

B 기지국의  $E_c/I_0$  가 14dB 이상 되면 이동국은 소프트 핸드오프가 일어나기 시작하는데 이때부터 이동국은 기지국 B의 신호를 결합하기 시작할 것이다. 바로 이 소프트 핸드오프가 시작되는 점에서 수신되는 기지국 B의 파일럿 세기가 T\_ADD 값이 된다. 기지국 A로부터 r만큼 떨어진 곳에서 이동국이 받는  $E_c/I_0$  는 다음과 같은 절차에 의해서 구할 수 있다. 먼저 기지국 A로부터 r만큼 떨어진 곳에서 A 기지국의 수신 전력  $P_{AR}$ 은 다음과 같다.

$$P_{AR} = P_T \frac{10^{\xi_0/10}}{r^\beta} \quad (4)$$

여기서  $P_T$ 는 한 기지국의 송신 전력이고  $\xi_0$ 는 대수정규 계수이다. 그리고  $r$ 는 거리이다.  $\beta$ 는 한 기지국의 송신 전력에서 전체 이동국 수  $M$ 에 대한 비율이라고

하면 한 이동국에서 받는 수신 전력  $P_R$ 은 다음 식과 같이 된다.

$$P_R = \frac{\beta}{M} P_{AR} \quad (5)$$

여기서 한 비트당 에너지  $E_b$ 는 수신 전력  $P_R$ 을 데이터 전송율  $D$ 와 음성 부하율  $V$ 로 나누어주면 다음 식과 같이 된다.

$$E_b = \frac{1}{DV} P_R \quad (6)$$

이동국의 수신 전력중 A기지국 신호 이외의 전력  $P_{AR}^*$ 은 다음과 같다.

$$P_{AR}^* = \left(1 - \frac{\beta}{M}\right) P_{AR} \quad (7)$$

그리고 B기지국에 의한 수신 전력  $P_{BR}$ 은 다음과 같다.

$$P_{BR} = P_T \frac{10^{\xi_0/10}}{(R-r)^4} \quad (8)$$

간섭 밀도는  $P_{AR}^*$ 과  $P_{BR}$ 을 합하여 대역 폭  $W$ 로 나누어주면 된다. 여기에다 잡음 스펙트럼 밀도  $N_0$ 를 더하면 간섭 전력밀도  $I_0$ 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$I_0 = \frac{P_{AR}^* + P_{BR}}{W} + N_0 \quad (9)$$

그러면 기지국 A로부터  $r$ 만큼 떨어진 곳에서 받는  $E_b/I_0$  는 다음과 같다.

$$\frac{E_b}{I_0} = \frac{\beta \times \frac{1}{M} \times \frac{1}{DV} \times P_T \times \frac{10^{\xi_0/10}}{r^4}}{(P_{AR}^* + P_{BR})/W + N_0} \quad (10)$$

이  $E_b/I_0$  값이 14dB보다 작아지는 점에서 기지국 A로부터 떨어진 거리를  $r^*$ 라고 하면 이 위치에서 기지국 B의 파일럿 수신 세기가  $T\_ADD$ 값이 된다. 파일럿은 칩(Chip) 단위로 전송되며 이때 한 칩당 에너지  $E_c$ 는 다음과 같다.

$$E_c = (1 - \beta) \frac{1}{h} P_T \frac{10^{\xi_i/10}}{(R - r^*)^4} \quad (11)$$

여기서  $(1 - \beta)$ 는 기지국B의 전력의 파일럿에 해당되는 비율이고  $h$ 는 수신 파일럿 세기의 PN칩 전송율이며 값은 1.2288Mcps이다.

간섭 전력밀도  $I_0$ 는 식(11)과 같은 방법으로 구하면 다음과 같다.

$$I_0 = P_T \times \left( \frac{10^{\xi_o/10}}{(r^*)^4} + (1 - \beta) \frac{10^{\xi_i/10}}{(R - r^*)^4} \right) / W + N_0 \quad (12)$$

위 식(11)과 식(12)을 종합하면  $T\_ADD$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T\_ADD = \frac{E_c}{I_0} \quad (13)$$

Fig. 14와 같이 이동국이 기지국 A로부터 기지국 B로 움직이면서 소프트 핸드오프가 진행중 이라고 하면 어느 시점부터 기지국 A의 한 개의 수신 전력이  $T\_DROP$  이하로 되는 곳에서 기지국 A와 통화를 끊게 되고 기지국 B와만 연결을 할 것이다. 바로 이 시점에서 기지국 A의 파일럿의 수신전력이  $T\_DROP$ 의 상방 한계값이 된다. 즉  $T\_DROP$ 의 상방 한계값과  $T\_ADD$ 의 하방 한계값은 같다.



#### IV. 측정결과 및 고찰

이 장에서는 기지국의 송신 출력과 경로 손실만을 고려한 전파 환경하에서 소프트 핸드오프 영역을 이론적인 접근과 측정을 통해서 서로 비교하여 평가하고자 한다. III장에서 설명한 것과 같이 기지국 서비스 영역은 T\_ADD, T\_DROP등과 같은 핸드오프 파라미터 및 기지국 송신 출력에 의해서 결정된다.

##### 1. 측정 시스템

CDMA 셀룰라 환경에서의 소프트 핸드오프 영역을 평가하기 위해 측정에 사용된 시스템을 Fig. 15에 나타내었다.

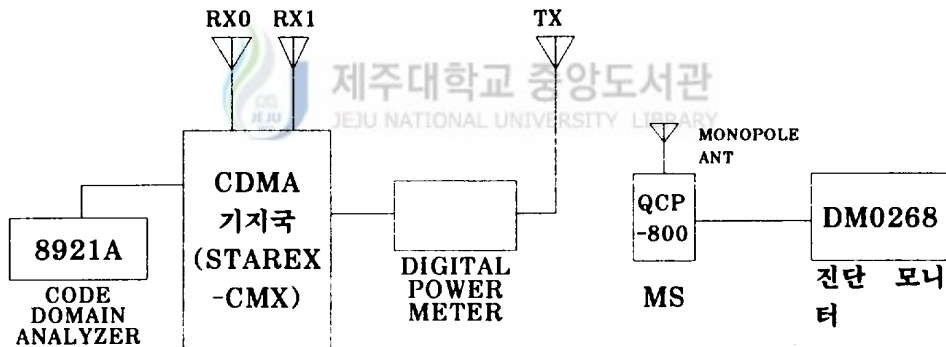


Fig. 15. Measurement systems

CDMA 기지국은 현재 한국이동통신(KMT)에서 운용 중인 기지국 2국소를 선정하여 코드영역 분석기 및 전력 측정기를 연결하였고 이동 차량에는 실제 가입자가 사용 중인 단말기에 진단 모니터(DM)를 구성하였다. 코드영역 분석기는 기지

국에서 송신되는 신호를 64개의 Walsh Code로 보여주고 파일럿 채널, 호출 채널, 동기 채널 및 통화 채널의 신호 세기를 나타내어 준다. 진단 모니터(DM)는 단말기를 통해서 기지국으로부터 단말기에 수신되는 순방향 링크 데이터 및 단말기에서 기지국으로 송출되는 역방향 링크 데이터를 보여 준다. 기지국과 이동국 그리고 안테나 재원은 Table 1과 같다.

Table 1. Base and Mobile Station parameter

	Base Station		Mobile Station	
Model	STAREX-CMX		QCP-800	
Power	0~25W		0.6W	
Frequency Band(MHz)	transmit	receive	transmit	receive
	869~896	824~851	824~851	869~896
Band Width	1.23MHz		1.23MHz	
Antenna	120° Sector		Monopole	
Gain(dBi)	9		3	
Polarization	Vertical		Vertical	

기지국 송신 안테나는 9dBi 이득과 120° 빔폭을 갖는 섹터 안테나이며 안테나 높이는 A기지국은 65.4m이고 B기지국은 21.35m 이다. 기지국 송신 주파수는 현재 사용 중인 이동전화 주파수 대역 내에서 893.37MHz를 사용하였다. A기지국과 B기지국간 거리는 2.6Km이고 이동 차량은 A기지국에서 직선 도로를 따라 10Km/h 정도의 속력으로 천천히 B기지국을 향하여 이동하였고 이동국에서는 진단 모니터를 통하여 이동국의 송신 출력 및 수신 세기를 측정하였다. 도심지의

셀룰러 환경은 인공 구조물의 형태에 따라 다양하며 표준 환경을 규정하기가 힘들다. 따라서 건물의 높이와 밀집도 및 도로 폭 등의 환경을 설정하였으며 선정 지역의 위치와 환경 인자는 Fig. 16 및 Table 2와 같다.

Table 2. Environment factor

Measurment Position	Base Station 1 (연회동)	Base Station 2 (가정동)
Height of transmit antenna	65.40m	21.35m
Averaged height of buildings	21.60m	25.20m
Built-up density	52.43%	84.21%
Width of road	36m	28m

Fig. 16에서 보는 바와 같이 2개의 기지국간에 이르는 지형은 기지국에서 인접 부근에는 도심지의 형태를 갖고 있고 기지국과 기지국 사이에는 약 80m 높이의 언덕을 갖고 있는 교외 지역의 형태를 갖고 있다. 첫 번째 기지국의 안테나 높이는 65.4m로 주위 건물 높이보다 비교적 높게 위치해 있고 건물의 밀집도는 52.43% 이다. 두번째 기지국의 안테나 높이는 21.35m로 주위 건물보다 조금 낮은 편이며 건물의 밀집도는 84.21%로 비교적 높다.

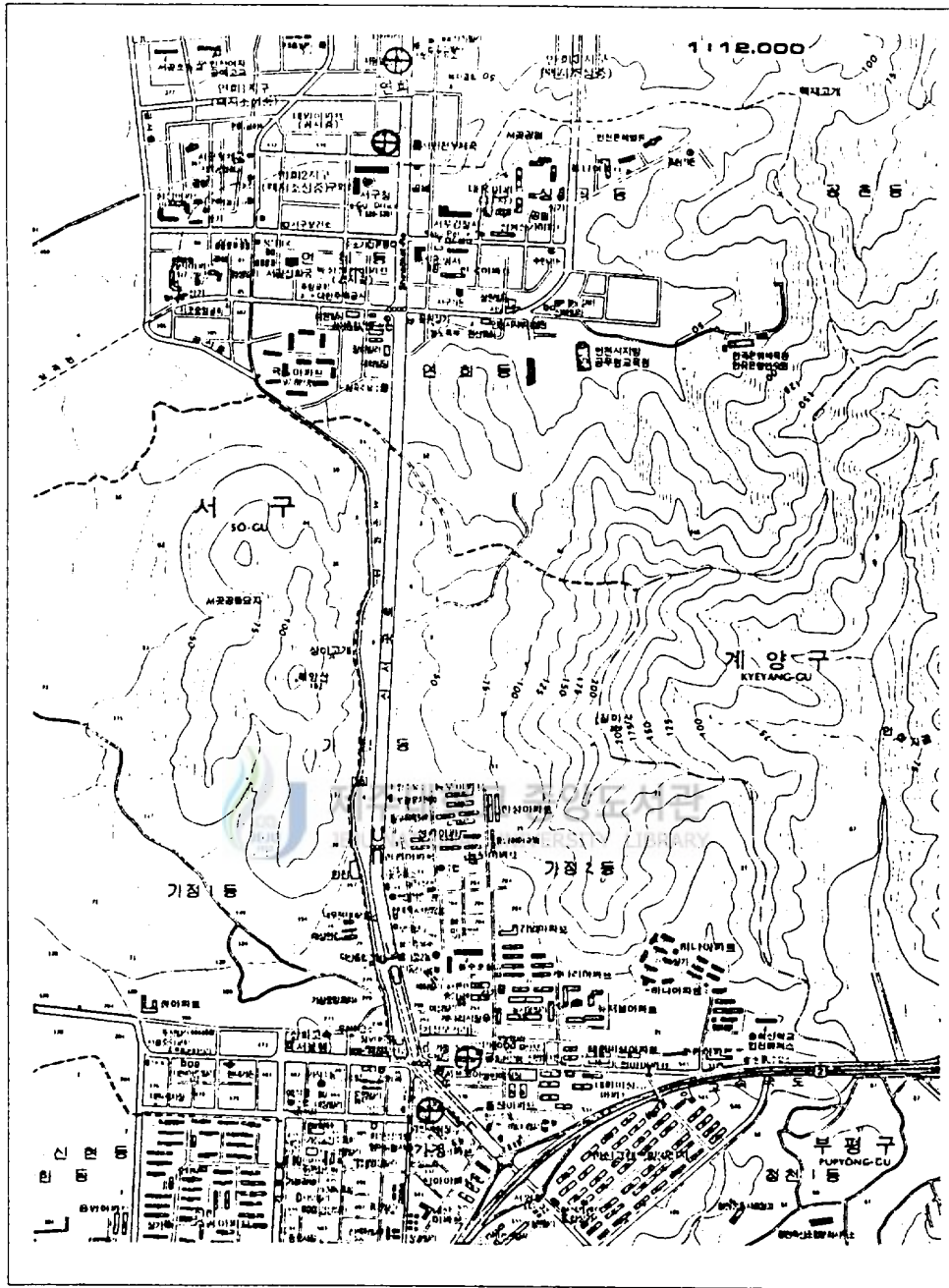


Fig. 16. Map of experimental area

## 2. 소프트 핸드오프 파라미터

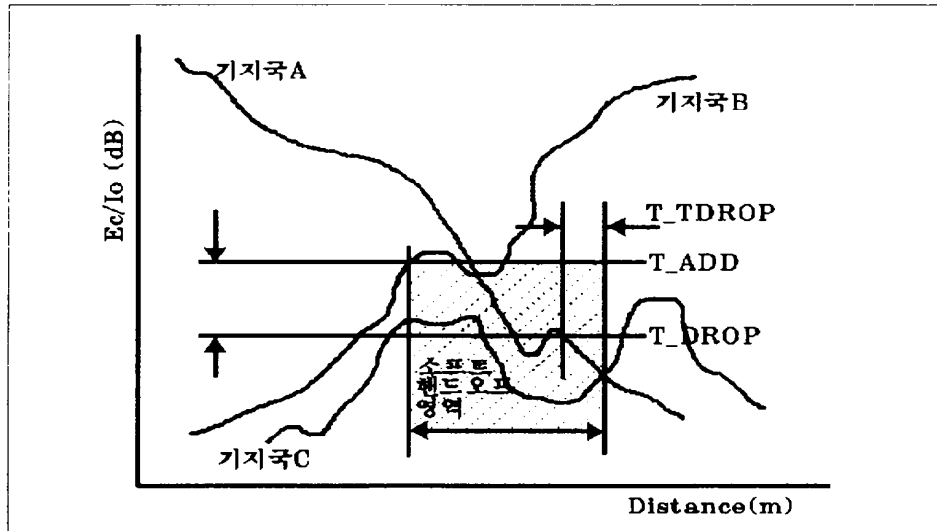


Fig. 17. Soft handoff area

CDMA에서는 통화 개시때 예상되는 핸드오프 대상 기지국 목록 및 핸드오프 임계값들이 이동국에 제공된다. 이동국은 관할 기지국의 신호 추적 이외에도 모든 핸드오프 대상 기지국 파일럿 신호들을 탐색하여 통화 개시 초기에 제공된 임계값보다 우수한 모든 파일럿 신호를 계속 보유하고 있다. 이러한 목록은 기지국에서 이러한 정보가 요구되었을 때 또는 관할 기지국의 파일럿 신호가 통화 유지에 필요한 최소값 이하로 떨어졌을 때 핸드오프가 시작된다. Fig. 17과 같이 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동할 때 B기지국의 파일럿 신호가 T\_ADD를 초과하는 순간부터 A기지국의 파일럿 신호가 T\_DROP 이하로 떨어지는 순간에서 T\_TDROPP 지연된 시간까지 소프트 핸드오프가 일어나게 되고 이 영역이 소프트 핸드오프 영역이 된다. 실험에 적용된 핸드오프 파라미터들의 값은 Table 3과 같다.

Table 3. Soft Handoff Parameter

T_ADD	T_DROP	T_COMP	T_TDROP
28(14dB)	32(16dB)	5(2.5dB)	4(6 second)

### 3. $E_c/I_0$ 값에 의한 소프트 핸드오프 영역 분석

기지국 소프트 핸드오프 영역을 분석하기 위해서 일정한 핸드오프 파라미터에 대해 기지국의 송신 출력을 변화시켜 순방향 링크 및 역방향 링크 데이터를 분석하여 측정값을 나타내었다. 이때의 송신 출력은 2W, 5W, 8W, 그리고 11.5W로 증가시켜 각각의 송신 출력에 대한 이동국의 송·수신 레벨 및  $E_c/I_0$ 를 이동 거리에 따라 측정하여 소프트 핸드오프 영역 변화물 나타내었다. 또한 이론적인 접근을 위해 기지국 각 기지국 송신 출력값에 대한  $E_c/I_0$ 값을 식 (14)을 이용하여 계산하였고 그에 따른 이론치를 측정값과 서로 비교하였다. 식 (14)에 사용된 각 계수의 값을 보면 한 기지국의 송신 전력에서 전체 이동국 수  $M$ 에 해당하는 비율  $\beta$ 는 0.8로 설정하였고 PN칩 전송율  $k$ 는 1.2288Mcps, 대역 폭  $W$ 는 1.25 MHz 잡음 스펙트럼 밀도  $N_0$ 는 -166dBm, 대수정규 계수  $\zeta_0$ 는 42.33,  $\zeta_1$ 는 32.61과 같다. 기지국 송신 출력의 증가는 곧 기지국 서비스 영역의 증가를 뜻하며 아울러 소프트 핸드오프 영역의 증가 및 간섭의 증가와 직결된다. 즉, 순방향 링크 신호가 우세하면 다른 기지국에 있는 이동국에 추가 간섭을 주게되며 이와 반대로 역방향 링크 신호가 우세하면 용량이 줄어든다.

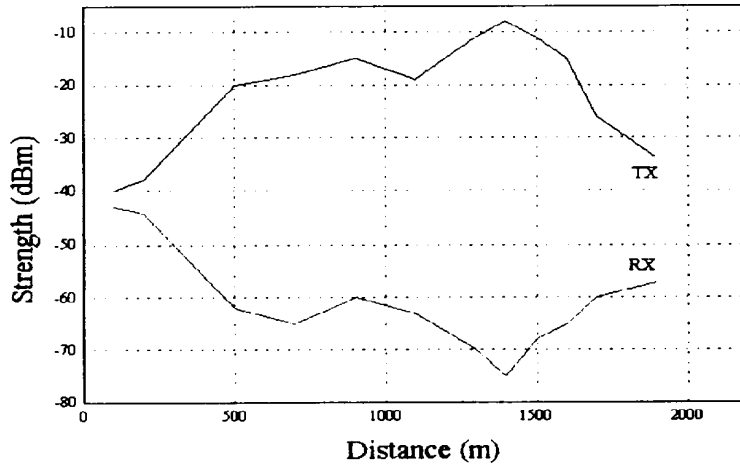


Fig. 18. Transmitted and Received Power of Mobile Station(2W Radiated)

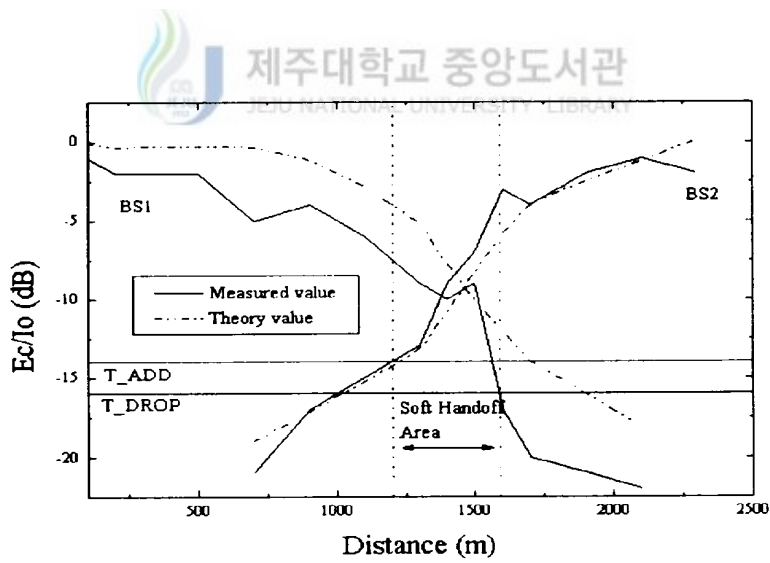


Fig. 19. Soft Handoff Area(2W Radiated)

Fig. 18은 A기지국(BS1) 송신 전력을 2W, B기지국(BS2) 송신 전력을 5W로 송출시켰을 때 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동하면서 이동국이 송출하는 송신 전력 및 수신 세기를 나타내었다. 이동국이 A기지국에서 멀어져 감에 따라 이동국의 송신 전력은 증가하다가 1400m 지점에서 이동국의 송신 전력은 감소하기 시작하였다. 이와 같은 현상은 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동함에 따라 소프트 핸드오프를 시작하게 되고 이동국은 소프트 핸드오프가 일어나는 두 개의 기지국의 다중 수신 경로를 갖게된다. 이동국이 B기지국에 가까워짐에 따라 다중 수신 세력 가운데 높은 수신 세력을 갖는 B기지국의 전력제어를 받게 된다. 따라서 1400m 지점에서는 B기지국의 수신 세력이 A기지국의 수신 세력보다 높아지면서 B기지국의 전력제어를 받게 되므로 이동국의 송신 전력은 이 지점부터 낮아지게 되는 것이다. Fig. 19는 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동할 때 이동국에 수신되는 파일럿 신호의  $E_c/I_0$ 값의 예측치 및 측정치를 나타내었다. 측정 결과 A기지국과 B기지국간의 소프트 핸드오프 영역을 살펴보면 1230m 지점에서 1530m 지점까지 300m 영역을 갖는다. 예측치와 측정치를 비교해 보면 2~5dB정도의 차이를 나타내었다. 여기에서 나타난 차이는 주변 건물들의 높이 도로 폭, 도로의 높이, 기지국과 기지국 사이의 손실 요소 등의 여러 환경 요인을 고려하지 못한데서 나온 차이이다.

Fig. 20은 A기지국(BS1) 송신 전력을 5W로 증가시키고 B기지국(BS2) 송신 전력을 5W로 송출 시켰을 때 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동하면서 이동국이 송출하는 송신 전력 및 수신 세기를 나타내었다. 이동국이 A기지국에서 멀어져 감에 따라 이동국의 송신 전력은 증가하다가 1500m 지점에서 이동국의 송신 전력은 감소하기 시작하였다. 이는 A기지국의 송신 출력 증가에 따른 A기지국 서비스 영역의 증가를 보여준다. A기지국의 서비스 영역 증가로 인하여 소프트



핸드오프 영역이 넓어지면서 1500m지점에서는 이동국에 수신되는 A기지국과 B기지국의 송신 세력이 같아지고 1500m 지점을 지나면서는 B기지국의 송신 세력이 높아지면서 B기지국의 전력제어를 받게 되는 것이다. Fig. 21는 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동할 때 이동국에 수신되는 파일럿 신호의  $E_c/I_0$ 값의 예측치 및 측정치를 나타내었다. 측정결과 A기지국과 B기지국간의 소프트 핸드오프 영역을 살펴보면 1250m 지점에서 1670m 지점까지 420m 영역을 갖는다. 예측치와 측정치를 비교해 보면 3dB정도의 차이를 나타내었다. A기지국 송신 출력을 2W로 송출 시켰을 때와 비교해보면 120m의 소프트 핸드오프 영역이 B기지국의 서비스 영역에 더 포함이 되게 된다. 이 차이는 A기지국의 송신 출력 증가에 따른 A기지국 서비스 영역의 증가로 인하여 A기지국의 소프트 핸드오프 영역이 넓어져서 T\_DROP값 이하로 떨어지는 지점이 달라졌기 때문이다.

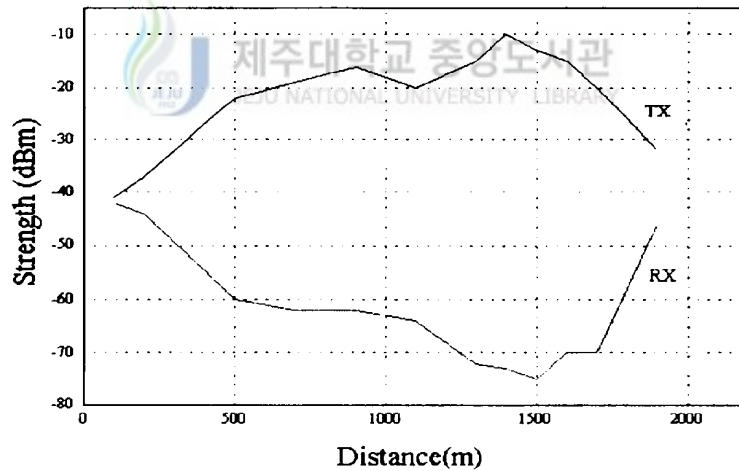


Fig. 20. Transmitted and Received Power of Mobile Station(5W Radiated)

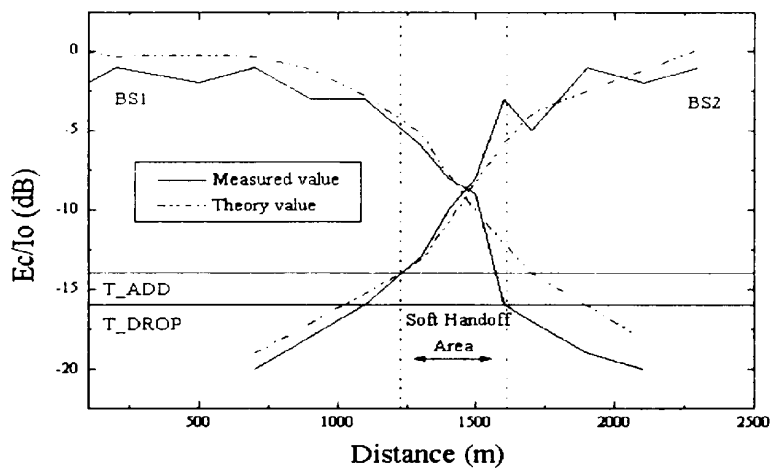


Fig. 21. Soft Handoff Area(5W Radiated)

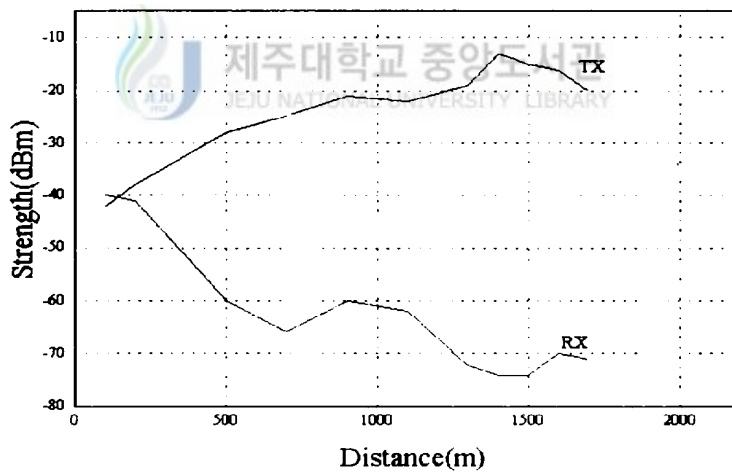


Fig. 22. Transmitted and Received Power of Mobile Station(8W Radiated)

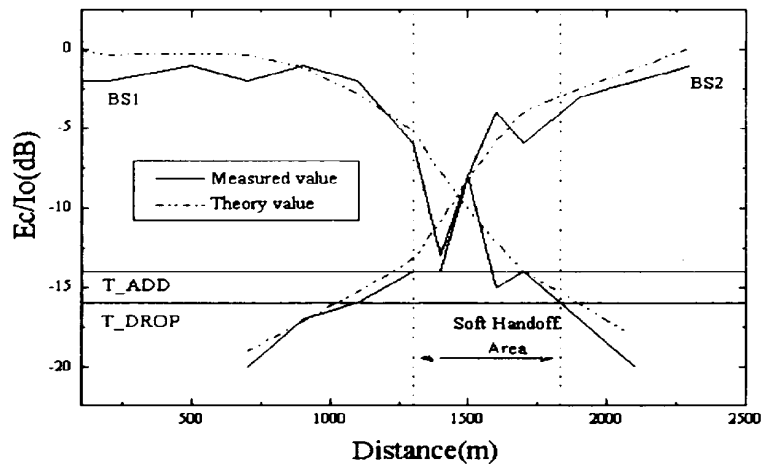


Fig. 23. Soft Handoff Area(8W Radiated)

Fig. 22는 A기지국(BS1) 송신 전력을 8W로 더욱 증가시키고 B기지국 (BS2) 송신 전력을 5W로 송출 시켰을 때 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동하면서 이동국이 송출하는 송신 전력 및 수신 세기를 나타내었다. 이동국이 A기지국에서 떨어져 감에 따라 이동국의 송신 전력은 증가하다가 1500m 지점에서 이동국의 송신 전력은 감소하기 시작하였다. 이는 A기지국의 송신 출력 증가에 따른 A기지국 서비스 영역의 증가로 인하여 소프트 핸드오프 영역이 넓어지면서 1500m 지점을 지나면서는 B기지국의 송신 세력이 높아지면서 B기지국의 전력 제어를 받게 되는 것이다. 이와 같은 결과는 A기지국 송신 전력을 5W로 송출 시켰을 때와 차이가 없는데 그 이유는 1500m 지점에서는 B기지국의 가시거리에 속하므로 이동국에 수신되는 A기지국의 송신 세력은 높아졌지만 B기지국의 송신 세력보다는 낮다는 것을 나타낸다. Fig. 23은 이동국이 A기지국에서 B기지국의

로 이동할 때 이동국에 수신되는 파일럿 신호의  $E_c/I_0$ 값의 예측치 및 측정치를 나타내었다. 측정 결과 A기지국과 B기지국간의 소프트 핸드오프 영역을 살펴보면 1300m 지점에서 1850m 지점까지 550m 영역을 갖는다. 예측치와 측정치를 비교해 보면 3dB정도의 차이를 나타내었다. A기지국 송신 출력을 2W로 송출시켰을 때와 비교해보면 250m의 소프트 핸드오프 영역이 B기지국의 서비스 영역에 더 포함이 되게 된다. 이 결과는 이전 설명과 마찬가지로 A기지국의 송신 출력 증가에 따른 A기지국 서비스 영역의 증가로 인하여 A기지국의 소프트 핸드오프 영역이 넓어져서 T\_DROP값 이하로 떨어지는 지점이 달라졌기 때문이다. A기지국의 송신 출력 증가로 B기지국 서비스 영역으로 소프트 핸드오프 영역이 늘어남에 따라 B기지국에 있는 이동국에는 추가 간섭을 주게되며 또한 기지국 용량의 감소를 초래하게 될 것이다.

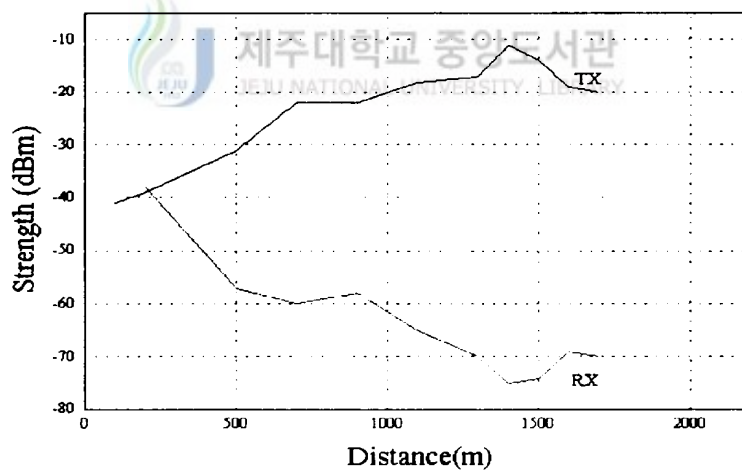


Fig. 24. Transmitted and Received Power of Mobile Station(11.5W Radiated)

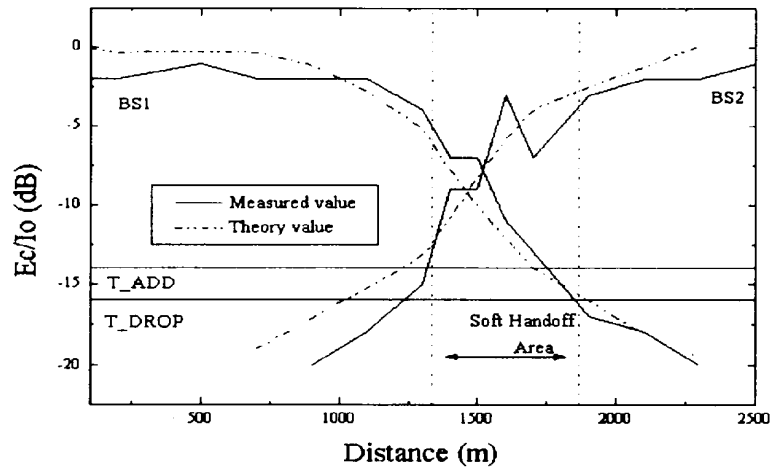


Fig. 25. Soft Handoff Area(11.5W Radiated)

Fig. 24는 A기지국(BS1) 송신 전력을 11.5W로 더욱 증가시키고 B기지국 (BS2) 송신 전력을 5W로 송출 시켰을 때 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동하면서 이동국이 송출하는 송신 전력 및 수신 세기를 나타내었다. 이동국이 A기지국에서 멀어져 감에 따라 이동국의 송신 전력은 증가하다가 1500m 지점에서 이동국의 송신 전력은 감소하기 시작하였다. Fig. 25는 이동국이 A기지국에서 B기지국으로 이동할 때 이동국에 수신되는 파일럿 신호의  $E_c/I_o$ 값의 예측치 및 측정치를 나타내었다. 측정 결과 A기지국과 B기지국간의 소프트 핸드오프 영역을 살펴보면 1370m 지점에서 1900m 지점까지 530m 영역을 갖는다. 예측치와 측정치를 비교해 보면 3dB정도의 차이를 나타내었다. A기지국 송신 출력을 2W로 송출 시켰을 때와 비교해보면 230m의 소프트 핸드오프 영역이 B기지국의 서비스 영역에 더 포함이 되게 된다. 이 결과는 A기지국의 송신 출력을 8W로 송

출 시켰을 때와 별다른 차이가 없음을 보여준다.

기존 연구 결과에 따르면 한 기지국의 소프트 핸드오프 영역은 서비스 영역의 50% 정도가 적절한 것으로 보고 되었다(한국이동통신, 1996). 기지국의 소프트 핸드오프 영역의 비율을 조정하는 방법에는 기지국의 송신 출력을 증가시켜 파일럿 채널의  $E_c/I_0$  값을 변경하는 방법, T\_DROP 등의 핸드오프 파라미터 값을 변경하는 방법 및 경로상의 불균형을 보완하는 방법 등의 다양한 기술이 있다. 이 연구에서는 기지국 송신 출력을 증가시켜 소프트 핸드오프 영역의 변화를 이론치와 측정치를 통하여 비교 검토하였다. 그 결과를 살펴볼 때 출력을 5W로 송출시켰을 때 핸드오프 영역은 420m 정도로 적절한 순방향 링크 신호 및 역방향 신호 세력이 적절한 균형을 이루는 것으로 나타났다.



## V. 결론

CDMA 시스템 설계시 소프트 핸드오프 파라미터에 따른 순방향 링크 영역 및 역방향 링크 영역을 결정하는 것은 이에 따라서 기지국 서비스 영역과 용량이 좌우되기 때문에 매우 중요하다. 즉, 어떤 지형에 기지국을 세울 때 그 기지국의 서비스 영역 및 필요 용량을 충족시키기 위해서는 적절한 소프트 핸드오프 파라미터 및 기지국 송신 출력을 결정해야 한다. 다시 말하면 순방향 링크와 역방향 링크의 경계 지역을 일치하도록 시스템을 설계하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 CDMA 시스템의 소프트 핸드오프에 대한 파라미터 및 기지국 송신 출력을 고려하여 허용 가능한 최소의  $E_c/I_0$  값을 통한 소프트 핸드오프 영역의 변화를 연구하였다. 실제 운용 중인 두 개의 기지국에 대한 송신 출력과 경로 손실만을 고려하여  $E_c/I_0$  값을 이론식에 의해 구하고 소프트 핸드오프 파라미터 값을 설정하여 기지국 송신 출력을 증가 시키면서 소프트 핸드오프 영역의 변화되는 과정을 측정을 통해 이론적인 예측값과 서로 비교 분석하였다.

본 연구 결과에 따르면 순방향 링크 신호 및 역방향 신호 세력이 균형을 이루고 인접 기지국에 간섭을 줄일 수 있는 적절한 소프트 핸드오프 영역을 얻기 위해서는 기지국 송신 출력값을 5W 내외로 설정 되어 함을 알 수 있었다.

## 참고문헌

- Gejji, R. R., 1992, "Forward-Link-Power Control in CDMA Cellular Systems", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 41, NO. 4, pp. 532-536.
- Grandhi, S. A., J. D. Goodman, and J. Zander, 1993, "Centralized Power Control in Cellular Radio System", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 42, NO. 4, pp 466-468.
- 한국이동통신 인력개발원, 1996, '96 국와교육결과보고서, pp 57-103.
- Lee, W. Y., 1991, "Overview of Cellular CDMA", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol 40, NO. 2, pp. 291-302.
- Lee, W. Y., 1991, "Power Control in CDMA", *IEEE Veh. Technol Confer.*, vol 1, pp. 77-80.
- Qualcomm, 1993, *The CDMA Network Engineering Handbook*, Qualcomm pub.
- Raymond, L. P., B. M. Laurence, and L. S. Donard, "Spread Spectrum for Mobile Communications", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 40, No. 2, pp. 313-322.
- 성태경, 차균현, 1993, *셀룰라 이동전화 시스템*, 도서출판 성능.
- Seite, P., 1994, "Soft handoff in a DS-CDMA microcellular network," *IEEE Veh. Technol. Confer.*, vol. 3, pp. 530-534.
- Simmonds, C. M., M. A. Beach, 1993, "Network Planning Aspects of DS-CDMA with Particular Emphasis on Soft Handoff", *IEEE Veh. Technol., Confer.*, vol. 2, pp. 846-849.



- 
- TIA, 1993, *TIA/EIA INTERIM STANDARD*, Golbal Engineering Documents.
  - Wang, S. W., I. Wang, 1993, "Effects of Soft Handoff, Frequency Reuse and Non-Ideal Antenna Sectorization on CDMA system Capacity", *IEEE Veh. Technol. Confer.*, vol 2, pp. 850-854.



## 본 논문과 관련된 저자의 발표 논문

### 1. 학술대회 논문집

- 1) 송만종, 김홍수, “890MHz 실내 이동통신의 경로손실 예측모델”, 한국통신학회 대한전자공학회 제주지부 합동학술발표 논문집, pp. 42-46, 1994.
- 2) 송만종, 김홍수, “890MHz 실내 이동통신의 경로손실 예측모델”, 산업기술연구보고, pp. 43-50, 1994.



## 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 미흡한 저를 시종일관 세심한 배려와 정성을 아끼지 않으신 지도교수 김 홍수 교수님께 진심으로 감사할 드리며 논문의 내용을 더욱 충실하게 해주신 이 용학 교수님, 문 건 교수님, 임 재운 교수님, 양 두영 교수님, 강 진식 교수님께도 깊은 감사할 드립니다. 그리고 대학원 시절에 충고와 보살핌으로 이끌어 주신 故 장재성 교수님께도 감사할 드립니다.

연구실의 초석으로 힘이 되어 주신 김한철, 홍문식 선배님과 원고정리등 늦은 시간까지 여러 가지로 많은 도움을 주신 홍성욱 선배님께 그리고 후배 권익, 경표 재신에게 고마운 마음을 전합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 헌신적인 사랑으로 보살펴 주신 아버님, 어머님 그리고 항상 곁에서 힘이 되어 주신 형님, 형수님 서울에서 저에게 힘과 용기를 주신 큰 매형, 큰 누나, 작은 매형, 작은 누나에게도 감사할 드립니다. 그리고 내가 제일로 사랑하는 조카들인 민경, 태혁, 지원, 수연이와 함께 이 논문의 완성된 기쁨을 나누고 싶습니다.