

# WCDMA 순방향 링크에서 초기 셀 탐색 기법의 시뮬레이션

정희원 유성덕\*, 송문규\*, 정영지\*

## Simulation of the Initial Cell Search Scheme in WCDMA Downlink

Sung Duk You\*, Moon Kyou Song\*, Youngjee Chung\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 WCDMA 순방향 링크에서 초기 셀 탐색의 동작을 검증하고 성능을 평가하기 위해 슬롯 동기, 프레임 동기 및 부호 그룹의 식별, 스크램블링 부호 식별 등 3단계로 구성되는 초기 셀 탐색 과정에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 표준으로 채택된 SSC 시퀀스의 첫 번째 SSC 부호가 1 또는 2라는 사실을 이용하여 2단계 과정에서 셀 탐색 과정의 복잡도를 줄일 수 있도록 설계하였다. 또한, 셀 탐색의 시도에서 실패할 경우 셀 탐색 시간을 단축하기 위해 1단계로 되돌아가는 대신 각 단계의 병렬 처리를 가정하여 2단계에서 재시작할 수 있도록 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 채널간 전력비와 통신 부하량에 따른 셀탐색 시간의 영향을 고찰하였으며, 시간에 따른 셀 탐색 성공률의 추이와 셀 탐색 시간과 핸드 오버 발생 분포를 얻었다. 결과적으로 본 논문에서 고려된 셀 탐색 절차는 기지국간 비동기 WCDMA 시스템에서 적절히 동작함을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, in order to verify the operation and evaluate the performance of the cell search in WCDMA downlink, 3-step initial cell search is simulated, which consists of slot synchronization, synchronizatin of frame and discrimination of the SSC sequence, and identification of the scrambling code. Taking advantage of the fact that all the SSC sequences adopted as a standard begin with either the symbol 1 or symbol 2, the complexity of the second step for cell search is reduced. Also, assuming parallel processing of each step, the control goes back to the second step instead of returning to the first step in order to reduce the cell search time in case of failure at cell search. The effects of inter-channel power ratio and traffic load to cell search time are considered through the simulations. Also, the success rate of cell search according to time and the distributions of locations for cell search time and handover have been obtained. As a consequence, it can be identified that the cell search procedure considered operates properly for intercell asynchronous WCDMA system.

### I. 서 론

IMT-2000/UMTS<sup>[1]</sup>는 현재 이동 통신에 인터넷, 비디오/영상 전송, 고속 전송 등의 멀티미디어 통신을 위해 필수적인 서비스 품질을 제공하는 것을 주목적으로 하고 있다. 이러한 IMT-2000의 지상부분의 무선 다중 접속 기술로서 현재 개발 중인 광대

역 CDMA 방식에는 일본 및 유럽을 중심으로 3GPP에서 개발 중인 기지국 비동기식 WCDMA 방식과 북미 지역을 기반으로 3GPP2에서 개발 중인 기지국 동기식 광대역 cdmaOne (cdma2000) 방식이 있다.

IS-95를 기반으로 진화된 기지국 동기식 광대역 cdmaOne 시스템은 모든 기지국의 프레임 동기 등

\* 원광대학교 전기전자공학부(mksong@wonkwang.ac.kr)

논문번호: 00101-0317, 접수일자: 1999년 3월 17일

\* 이 논문은 1999년도 원광대학교의 교비지원에 의해서 연구됨.

기지국 시간을 공통의 절대 시간 기준에 맞추어 정렬함으로써 이동국의 동기획득 및 핸드오프이 상대적으로 수월하다. 그러나 모든 기지국이 기준 시간을 GPS와 같은 별도의 장치로부터 제공받아야 하므로 다양한 형태의 기지국 설치가 어렵다는 단점을 갖고 있다. 기지국 비동기식 WCDMA 시스템은 모든 기지국의 프레임 시간이 독립적이므로 외부의 시스템 기준 시간이 요구되지 않으므로 실내의 소형 셀등 다양한 형태의 기지국 설치가 용이한 장점을 갖는다. 그러나 셀의 구분을 위해 셀마다 고유한 스크램블링 부호를 할당하며, 부호의 할당 계획을 용이하게 하기 위해서는 장 부호가 사용되어야 하므로, 많은 수의 장 스크램블링 부호를 탐색하기 위해서 셀 탐색 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

스크램블링 부호에 대한 탐색 범위의 크기를 작게 하여 셀 탐색에 소요되는 시간을 줄이기 위해 장 스크램블링 부호의 매스킹과 그룹핑을 특징으로 하는 고속 셀탐색 절차<sup>[2]</sup>가 사용된다. WCDMA 시스템<sup>[3]</sup>에서는 셀의 구분을 위해 512개의 장 스크램블링 부호가 사용된다. 이들을 각각 32개의 스크램블링 부호를 포함하는 16개의 부호 그룹으로 나누어, 모든 스크램블링 부호를 대상으로 탐색하는 대신 부호가 속한 그룹을 먼저 찾아내어 해당 그룹만을 대상으로 탐색을 수행함으로써 탐색에 소요되는 시간을 줄인다.

본 논문에서는 기지국 비동기식 WCDMA 시스템에서 순방향 링크 동기채널 구조 및 셀 탐색 방법에 관하여 고찰하고, 셀 탐색 과정의 수행을 위한 절차를 시뮬레이션함으로써 그 동작과 성능을 검증하고자 한다.

## II. WCDMA 순방향 링크 물리 채널

### 1. 순방향 링크 물리 채널 구조

#### 1) DPCH

순방향링크의 DPCH(dedicated physical channel)는 DPDCH(dedicated physical data channel)와 DPCCH(dedicated physical control channel)의 시분할 다중화로 볼 수 있다. 순방향 DPCH의 프레임 구조는 그림 1에 보인 바와 같다<sup>[4]</sup>. 10ms의 프레임은 각각 전력 제어 주기에 해당하는 16개의 슬롯으로 나누어지며, 각 슬롯(0.625ms)은 계층 1 제어 정보와 계층 2 전용 데이터가 시분할 다중화된다. 계층 1 제어 정보에는 순방향 채널 추정을 위해 알려진 전용 파일럿 비트, 역방향 페루프 전력제어 명령을

위한 TPC(transmit power control) 명령, 물리채널에 다중화된 각 트랜스포트 채널의 순시 파라미터(블록의 크기와 수 등)를 수신기에 전달하는 TFCI(transport format combination indicator) 심볼 등이 포함된다.

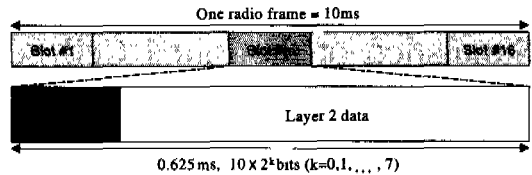


그림 1. 순방향 DPCH의 프레임구조

32~2048kb/s의 가변 비트율로서 슬롯 당 20~1280 비트로 구성되며, 2048 kb/s 이상의 데이터는 복수의 물리 채널을 이용하여 병렬로 전송한다. 이때 계층 1의 제어 정보는 하나의 물리채널에만 전송하고 다른 채널의 해당 위치는 빈 상태로 전송한다.

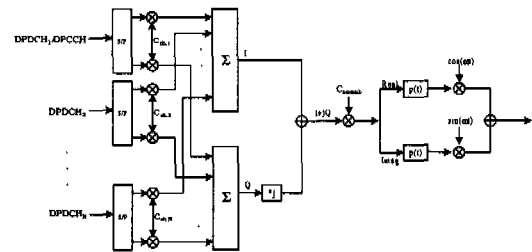


그림 2. 순방향 DPCH의 확산과 변조

순방향 DPCH는 그림 2에 보인 바와 같이 한 쌍의 비트가 직병렬 변환 후 동일한 채널화 부호(BPSK spreading)와 셀 고유 스크램블링 부호(BPSK scrambling)에 의해 확산되고 QPSK 변조된다. 2차 CCPCH, PSCCH, PDSCH, AICH 등 기타의 순방향 링크 물리 채널의 확산과 변조는 DPCH의 경우와 유사하지만, 1차 CCPCH는 다소 차이가 있다.

#### 2) 1차 CCPCH

1차 CCPCH는 트랜스포트 BCH를 전송하기 위해 사용되며, 이동국에 의해 최초로 획득되는 채널이다<sup>[4]</sup>. 1차 CCPCH의 프레임 구조는 DPCH와 유사하나, 매 슬롯(0.625ms)의 최초 256칩 동안에는 1차 CCPCH 대신 셀 탐색을 위한 1차 SCH 및 2차

SCH가 전송된다. 또한 32kb/s의 고정 비트율로 전송되며, 매 슬롯은 10개의 256칩 심볼 또는 20 비트로 구성된다. 확산 인자는 SF=256이다.

한편, CCPCH 채널은 고정 비트율이므로 TFCI 심볼이 불필요하며, 역방향 전력 제어 링크가 없으므로 TPC 명령이 전송되지 않는다. 따라서 계층 1 제어 정보는 코히어런트 검파를 위해 요구되는 공통 파일럿 비트만으로 구성된다. 그림 3은 1차 CCPCH와 SCH의 확산 및 변조

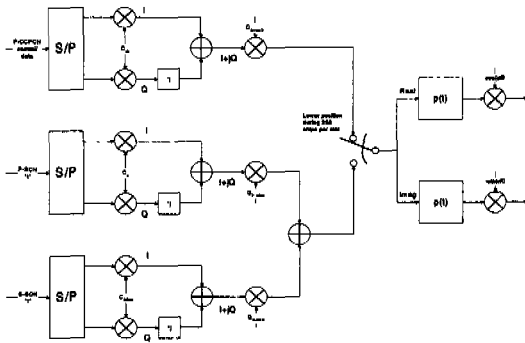


그림 3. 1차 CCPCH와 SCH의 확산 및 변조

3) 동기 채널

동기 채널(SCH)은 셀 탐색을 위해 사용되는 순방향 링크 신호로서 1차 동기 채널과 2차 동기 채널로 구성된다. 그림 4는 WCDMA 순방향 동기 채널 구조를 보인 것이다<sup>[4]</sup>. 1차 동기 채널은 256칩의 PSC(primary synch. code) 부호로 구성된다. 이는 모든 셀에 대하여 동일하며, 매 슬롯마다 1차 CCPCH가 전송되는 않는 구간에 맞추어 프레임당 16번씩 전송되어 슬롯동기를 위한 정보를 제공한다.

2차 동기 채널은 1차 동기 채널과 병렬로 길이 256의 SSC(secondary synch. codes) 부호로 구성되는 길이 16의 SSC 시퀀스를 반복적으로 전송한다.

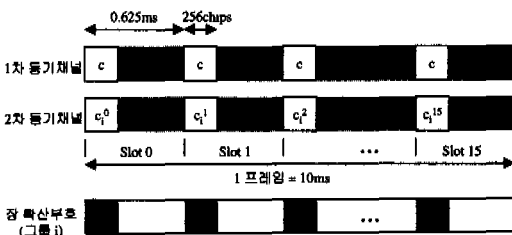


그림 4. 순방향 동기 채널 구조

SSC 시퀀스를 구성하는 각각의 SSC 부호는 길이가 256칩인 17개의 부호 집합 중에서 선택된다. SSC 시퀀스는 현 기지국이 사용하고 있는 스크램블링 부호가 속한 부호 그룹과 프레임 동기를 위한 정보를 제공하기 위해 사용된다.

2. 확산 부호열의 발생

이 절에서는 WCDMA 시스템의 순방향 링크에서 사용되는 채널화 부호, 스크램블링 부호 및 동기 채널부호열들의 발생방법에 대해 살펴보기로 한다<sup>[3]</sup>.

1) 채널화 부호

WCDMA는 다양한 데이터 서비스를 지원하기 위해 설계되었다. 확산된 신호의 대역폭은 모든 사용자들에 대해 동일하므로(즉, 칩율이 고정) 다중 레이트 통신은 물리적 채널에서 다중 확산 인자를 요구한다<sup>[5]</sup>. 가장 낮은 비트율 서비스( $R_{min}$ )는 길이  $N=2^m$ 의 부호에 의해 확산된다. 따라서  $2^k R_{min}$ 의 비트율 서비스에 대해  $2^{m-k}$ 의 부호 길이가 요구된다. 서로 다른 비트율과 확산 인자에 대해 직교성을 유지하는 OVSF 부호는 수정된 Hadamard 전송에 근거하여 발생된다.

크기가  $N \times N$ 인 행렬  $C_N = \{C_N(n)\}_{n=1, \dots, N}$ 을  $N$ 개의 이진 확산부호 집합이라 하자. 여기서  $C_N(n)$ 은 길이  $N$ 의 행 벡터이며,  $N$ 은 2의 멱이다.  $C_N$ 는 다음과 같이  $C_{N/2}$ 로부터 발생될 수 있다.

$$C_N = \begin{pmatrix} C_N(1) \\ C_N(2) \\ C_N(3) \\ C_N(4) \\ \vdots \\ C_N(N-1) \\ C_N(N) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{N/2}(1) & C_{N/2}(1) \\ C_{N/2}(1) & C_{N/2}(1) \\ C_{N/2}(2) & C_{N/2}(1) \\ C_{N/2}(2) & C_{N/2}(1) \\ \vdots & \vdots \\ C_{N/2}(N/2) & C_{N/2}(N/2) \\ C_{N/2}(N/2) & C_{N/2}(N/2) \end{pmatrix}$$

$C_1(1)=1$ 이라 하면 결과적으로 이러한 OVSF 부호들은 나무구조를 사용하여 재귀적으로 발생될 수 있다.  $C_1(1)=1$ 로부터 시작하여  $k$ 번째 단계에서는  $2^k$ 칩 길이를 갖는  $2^k$ 개의 확산부호들의 집합이 생성된다.  $C_N$ 의 행들이  $H_N$ 와 순서는 다르지만 같은 단계에서 발생된 부호들은 Walsh 함수들의 집합이므로 서로 직교한다. 뿐만 아니라 다행히 서로 다른 단계의 임의의 두 부호는 그 발생에 서로 종속관계가 없다면(즉, 둘 중 하나가 다른 부호의 원조가 되지 않는다면) 역시 직교한다. 다시 말해서 한 채널에서 발생의 종속관계가 있는 부호 중 하나의 부호

만을 사용하면 된다. 즉,  $C_8(1)$ 이 한 사용자에게 할당된 경우 같은 시기에 이보다 낮은 속도를 요구하는 다른 사용자들에 대해서 이 부호로부터 파생되는 모든 부호들  $\{C_{16}(1), C_{16}(2), C_{32}(1), \dots, C_{32}(4), C_{64}(1), \dots, C_{64}(8), \dots\}$  등은 사용할 수 없다. 또한 이보다 높은 속도를 요구하는 사용자에게 대해서는  $C_8(1)$ 의 부모 부호인  $\{C_2(1), C_4(1)\}$  등을 할당할 수 없다. 이는 유용한 부호의 수는 고정적이지 않으며, 전송속도와 각 물리적 채널의 확산인자에 따라 의존함을 의미한다. 이러한 제한은 직교성을 유지하기 위해 감수하는 것이다.

2) 스크램블링 부호

각각 시스템에는 총 512개의 유용한 스크램블링 부호가 존재하며 각 셀마다 하나씩의 1차 스크램블링 부호가 부여된다. 스크램블링 부호들은 효율적인 셀 탐색의 제공을 위해 16개 단위의 32개 그룹으로 분리된다.

스크램블링 부호는 두 개의 골드 시퀀스를 하나의 복소 시퀀스로 조합하여 구성되며, 매 10ms 프레임마다 반복된다. 두 골드 시퀀스 각각은 2개의 2진 m 시퀀스의 40960칩 길이 절편에 대한 2진 덧셈으로 형성된다. 이때 사용되는 m 시퀀스 x와 y는  $1 + X^7 + X^{18}$ 과  $1 + X^6 + X^7 + X^{10} + X^{18}$ 의 18차 생성다항식에 의해 발생된다<sup>[3]</sup>.

3) 1차 동기 채널 부호

1차 동기 채널 부호  $C_p$ 는 일반화된 계층적 플레이 시퀀스로서 우수한 비주기 자기상관 특성을 갖는다. 1차 동기 부호(PSC)의 발생을 위해 먼저 길이 16의 시퀀스 a를 다음과 같이 정의한다.

$$a = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_{16} \rangle = \langle 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 0 \rangle$$

길이 256의 시퀀스 y는 시퀀스 a를 플레이 보 수 시퀀스에 의해 반복적으로 변조함으로써 다음과 같이 발생한다.

$$y = \langle a, a, a, \bar{a}, \bar{a}, a, \bar{a}, \bar{a}, a, a, a, \bar{a}, \bar{a}, a, \bar{a}, a \rangle$$

이제 PSC 부호어  $C_p$ 는 y에 의해 다음과 같이 정의된다. 여기서 좌측 인덱스는 매 슬롯에서 가장 먼저 전송되는 칩에 해당한다.

$$C_p = \langle y(0), y(1), y(2), \dots, y(255) \rangle$$

4) 2차 동기 채널 부호

(1) SSC 부호

2차 동기 부호(SSC)의 발생을 위하여 먼저 길이 256의 시퀀스 z를 다음과 같이 정의한다.

$$z = \langle b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b, b \rangle$$

여기서

$$b = \langle x_1, x_2, x_3, \dots, x_8, x_1, x_2, x_3, \dots, x_8 \rangle = \langle 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1 \rangle$$

이다.

한편 길이 256의 Hadamard 시퀀스  $h_n$ 는 Hadamard 행렬의 매 8번째 행으로부터 선택된다. 행렬에서 행의 번호는 제일 위의 행을 0으로 시작하여 매겨진다. 그러면  $h_n$ 은 행렬  $H_8$ 에서 n에 대한 8비트 2진 표현의 비트 역순에 의한 값을 행 번호로 갖는 행과 같다. 이제 SSC 부호어  $C_n$ 은 Hadamard 시퀀스  $h_n$ 과 시퀀스 z의 2진 덧셈으로 다음과 같이 발생된다.

$$C_n = C_{SCH, n} = \langle h_n(0) + z(0), h_n(1) + z(1), h_n(2) + z(2), \dots, h_n(255) + z(255) \rangle$$

여기서  $n=1, 2, \dots, 17$ 로서 SSC로서 17개의 가능한 부호어가 존재하며,  $C_{SCH, n}$ 은 n번째 SCH 부호어  $h_n(i)$ 와  $z(i)$ 는 각각 시퀀스  $h_n$ 과 시퀀스 z의 i번째 심볼이다. 또한 좌측의 인덱스는 각 슬롯에서 최초로 전송되는 칩에 해당한다.

(2) SSC 시퀀스

시스템에는 총 512개의 서로 다른 스크램블링 부호가 존재하고 이것은 32개의 부호 그룹으로 나뉘어지며 각 그룹은 SSC 시퀀스에 의해서 구분된다. 즉 전체 시스템에는 32개의 서로 다른 SSC 시퀀스가 존재하게 되고, 알파벳 크기가 17이고 길이가 16인 (16,3) RS 부호의 부분 집합으로 구성한다. 이 시퀀스들은 순회천이에 대해 고유하도록 선택된다. 즉 형성된 32개 시퀀스 중 임의의 시퀀스에 대해 16미만의 0이 아닌 순회천이는 다른 시퀀스의 어떤 순회천이와도 동일하지 않으며, 또한 자기자신에 대한 16미만의 순회천이와도 동일하지 않다. 이러한 SSC 시퀀스는 SSC 부호  $C_n$ 들을 이용하여 32개의 SSC 시퀀스를 형성한다. 이렇게 형성된 SSC 시퀀스는 한 셀에 사용된 스크램블링 부호가 속한 그룹에 따라 셀마다 다른 패턴을 갖는다.

### III. 초기 셀 탐색 과정과 전파 모델

#### 1. 초기 셀 탐색 과정의 설계

셀 탐색은 통신이 성립하기 위해 이동국에서 최초로 수행되는 작업이며, 그림 5에 보인 바와 같이 (1) 슬롯 동기, (2) 프레임 동기 및 부호 그룹 확인, (3) 스크램블링 부호 확인의 3단계로 수행된다.

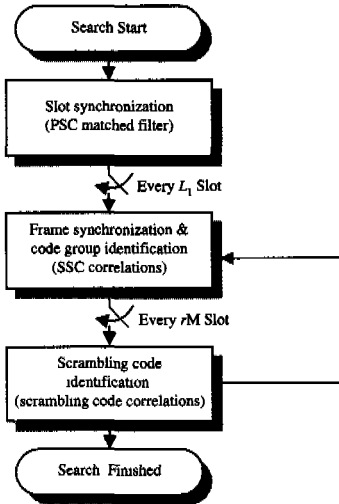


그림 5. 초기 셀 탐색 절차

셀 탐색의 첫 번째 단계에서 이동국은 동기 채널의 PSC를 사용하여 가장 큰 전력 또는 가장 작은 경로 손실로 수신된 최상의 셀에 대해 슬롯 동기를 획득한다. 이는 모든 셀에 공통인 PSC에 정합된 정합 필터나 그와 유사한 장치에 의해 실행된다<sup>[6]</sup>.

두 번째 단계에서 이동국은 동기 채널의 SSC를 사용하여 첫 번째 단계에서 찾은 셀에 대한 부호 그룹과 프레임 동기를 구한다. 이 과정은 수신된 신호를 가능한 모든 SSC 시퀀스와 상관을 취하고 최대 상관값을 식별함으로써 실행된다. SSC 시퀀스들의 순회 천이가 고유하므로 프레임 동기 및 부호 그룹이 동시에 결정된다<sup>[6]</sup>.

세 번째 단계에서 이동국은 그 셀이 사용하는 스크램블링 부호를 결정한다. 스크램블링 부호는 두 번째 단계에서 구한 부호 그룹에 포함된 모든 부호를 가지고 P-CCPCH에 대해 심볼간 상관을 통해서 확인된다<sup>[6]</sup>. 스크램블링 부호가 확인되면 P-CCPCH는 검출될 수 있고 셀 탐색은 완성된다. 각 단계는 각각 병렬적으로 실행될 수 있음에 주목하여 3단계가 실패한 경우 셀 탐색 시간을 감소시키기 위해서

셀 탐색 과정은 2단계로 되돌아간다.

첫 번째 단계에서는 관찰 시간을 3 프레임(30 msec)으로 설정하고,  $3 \times 16$ 개의 동기 부호에 대한 타이밍을 검출하는데 사용한다. 두 번째 단계에서는 관찰 시간을 2 프레임(20 msec)으로 설정하고,  $2 \times 16$ 개의 SSC 부호에 대한 교차 상관값을 한 프레임을 주기로 2 프레임동안 누적한다. 필요한 메모리 셀은 16(한 프레임당 슬롯 수)  $\times$  17(SSC 시퀀스의 알파벳 크기)이다. 이렇게 누적된 값에서 각 슬롯마다 누적된 17개의 상관값 중에서 최대값에 해당하는 결정변수를 취하므로써 전체 16개의 결정변수를 얻는다. 여기에서 얻어진 결정변수를 이용하여 프레임에 대한 동기 및 그룹을 찾는 데 이용한다.

본 논문에서는 SSC 시퀀스의 첫 번째 SSC 부호가 1 또는 2라는 것을 이용하였다. 하나의 SSC 부호에 올 수 있는 1 또는 2의 최대 수는 4이므로  $4 \times 16$ 개의 메모리셀이 필요하다. 구해진 결정변수를 1 또는 2로 시작되도록 순회천이시키고, 이를 저장한다. 정렬된 메모리 셀들을 구해진 그룹 부호의 결정변수와 대조하여 프레임 동기 및 스크램블링 부호의 그룹을 찾는다. 세 번째 단계에서는 올바른 스크램블링 부호를 찾고, 그것을 검증하기 위하여 교차 상관기의 상관 시간을  $256 \times 4$  칩에 해당하는 시간으로 놓고, 문턱값은 첫 번째 단계에서 구해진 평균 상관값의 2배로 설정하였다.

#### 2. 전파 채널 모델

그림 6에 보인 바와 같이 본 논문의 시뮬레이션에서는 기지국이 중앙에 위치하는 육각형 셀 배치를 가정하였다. 셀 탐색 과정에서 사용되는 테스트 이동국의 위치는 육각형 셀 Cell 0에서 균일 분포를 갖고 랜덤하게 분포한다고 가정한다.

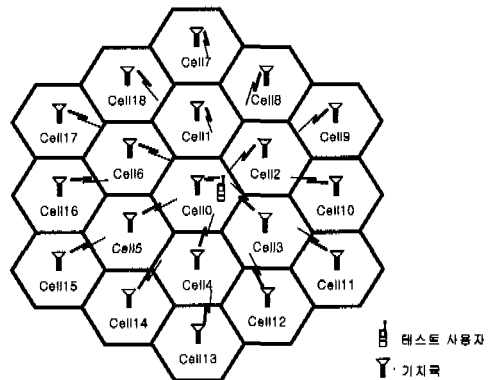


그림 6. 시뮬레이션을 위한 셀 배치도

이동국과 기지국 사이의 전파 경로는 경로 손실과 섀도잉 및 다경로 페이딩에 의존한다. 손실 계수 3.8의 경로 손실을 적용하였고, 10dB의 표준편차를 갖는 로그노말 섀도잉을 가정하였다. 또한 다경로 페이딩 전파 채널 모델을 위해 ITU-R TG8/1에 의한 Vehicular B 모델<sup>7)</sup>을 적용한다. 즉, 64Hz의 도플러주파수를 갖는 6 경로 레일리 페이딩 채널을 가정하였다.

총 500개의 테스트 이동국의 위치를 랜덤하게 발생시키고, 셀 탐색 알고리즘을 적용하여 각 위치에서의 셀 탐색 시간을 구한다.

셀 경계에서  $E_b/N_0$ 를 15dB로 가정하고, 이 값을 기준으로 다른 셀로부터의 간섭 전력 밀도를 계산한다.

#### IV. 시뮬레이션 결과

순방향 신호를 설계하고, 가정된 모든 기지국의 송신 신호를 수신하는 테스트 이동국에 제시된 셀 탐색 알고리즘을 적용하여 결과를 얻는다.

$R$ 은 DPCH에 대한 1차 CCPCCH 채널의 전력의 비를 나타낸다.

통신 부하량은  $DPDCH = \frac{C}{PG} \times 100 (\%)$  와 같이 정의된다. 여기서  $C$ 는 셀에 할당된 사용자 전용 채널 DPDCH의 수로서 본 논문에서는 모든 셀이 동일한 사용자를 갖는 것으로 가정하였다. 또한,  $PG$ 는 DPDCH에 대한 처리 이득으로서  $PG=128$ 을 가정하였다.

셀 탐색의 성공은 주어진 조건에서 제한된 시간 420ms 이내에 기준 셀이나 인접 셀의 탐색(즉, 핸드오버)에 성공한 경우를 포함한다.

그림 7, 8, 9는 통신 부하량을 각각 10.1%, 20.3%, 30.5%으로 하였을 때, 셀 탐색 성공 확률과

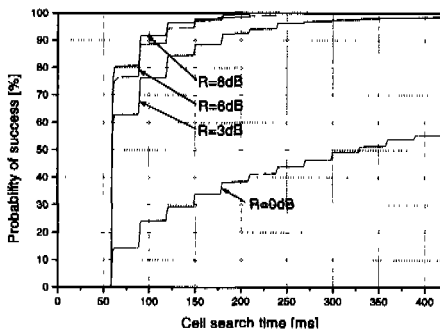


그림 7. DPDCH=10.1%의 경우 셀 탐색 시간과 성공 확률

이동국의 탐색 소요 시간의 관계를 보인 것이다. 여기서 셀 탐색 성공 확률은 테스트 이동국의 전체 수에 대한 셀 탐색 성공의 수의 비를 백분율로 환산한 값이다.

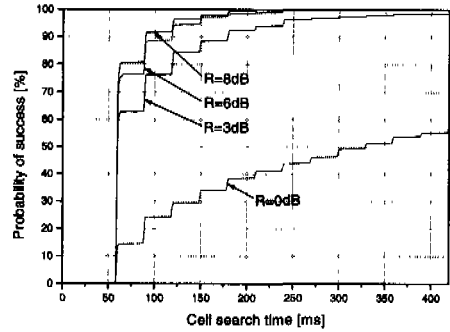


그림 8. DPDCH=20.3%의 경우 셀탐색 시간과 성공확률

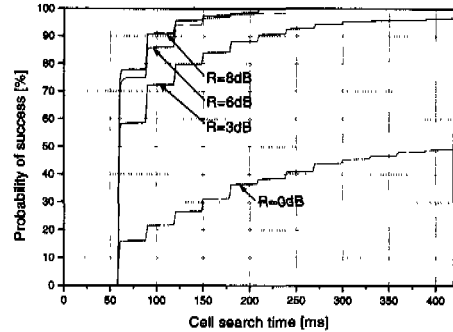


그림 9. DPDCH=30.5%의 경우 셀 탐색 시간과 성공 확률

그림 10은 200ms 이내에 셀 탐색에 성공한 비율을  $R$ 에 대하여 나타낸 그림이다. 이 그림으로부터  $R$ 이 증가할수록 셀 탐색 성공 확률이 증가함을 확인할 수 있으며, 동기 채널의 전력을 데이터 채널의 전력보다 크게 하는 것이 우수한 셀 탐색 성능을 제공함을 확인할 수 있었다.

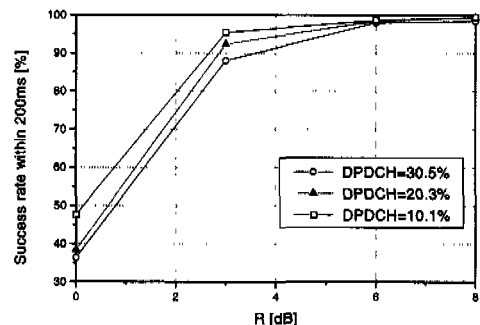


그림 10. 전력비 R과 200ms 이내의 셀탐색 성공률의 관계

그림 11은  $R=8dB$ , DPDCH-20.3%의 경우 이 동국의 위치에 따라서 셀 탐색 시간이 어떻게 분포하는지를 보여주고 있다. 또한 그림 12는 동일한 경우에 대하여 주변 셀로의 핸드오버 분포를 나타내고 있다. 이 그림들로부터 예상과 마찬가지로 셀 경계로 갈수록 셀탐색에 소요되는 시간이 증가하며, 핸드 오버가 발생할 가능성이 높음을 알 수 있다.

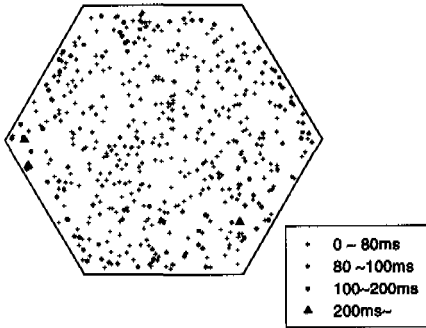


그림 11. 셀에서 셀 탐색 시간 분포

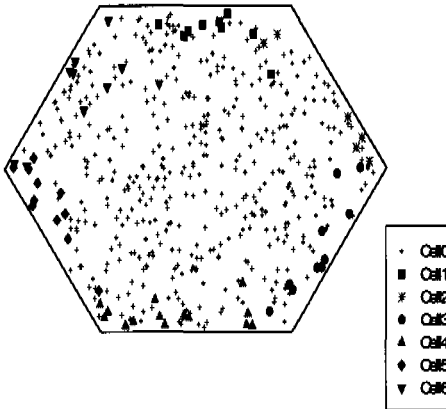


그림 12. 셀에서 핸드오버의 발생 분포

### V. 결 론

본 논문에서는 WCDMA 순방향 링크에서 초기 셀 탐색에 대한 성능 평가를 위해 슬롯 동기, 프레임 동기 및 부호 그룹의 식별, 스크램블링 부호 식별 등 3단계로 구성되는 초기 셀 탐색 과정에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 2단계 과정에서 채택된 SSC 시퀀스의 첫 번째 SSC 부호가 1 또는 2라는 사실을 이용하여 복잡도를 줄일 수 있도록 설계하였다. 셀 탐색의 첫 번째 시도에서 실패할 경우 셀

탐색 과정은 다시 1단계로 되돌아가는 대신, 셀탐색 시간을 단축하기 위해 각 단계의 병렬 처리를 가정하여 2단계에서 재시작할 수 있도록 설계하였다.

시뮬레이션을 통해 동기 채널의 전력을 데이터 채널보다 크게 할 경우 셀 탐색 성능이 향상됨을 확인할 수 있었으며, 셀 경계에 가까울수록 셀 탐색에 소요되는 시간이 증가하며, 핸드 오버의 발생 확률도 증가함을 확인할 수 있었다. 결과적으로 본 논문에서 고려한 파라미터에 의한 시뮬레이션으로 그룹 부호의 개념과 병렬적인 셀 탐색 과정을 갖는 셀 탐색 알고리즘이 WCDMA에서 초기 셀 탐색을 적절히 수행함을 확인할 수 있었다.

이러한 초기 셀 탐색 과정에서 확산 부호열에 대해 우수한 파라미터 성능을 요구한다. 1차 동기부호의 경우 1단계의 슬롯 타이밍 동기를 위해 비주기 자기 상관 특성이 우수해야 할 것이며, 2차 동기부호의 경우 2단계에서 그룹부호를 우수한 성능으로 구분할 수 있도록 비주기 상호상관 특성이 우수해야 할 것이다. 또한 스크램블링 부호의 경우 마찬가지로 서로다른 부호들 간의 상호상관 특성이 우수해야 한다. 비2진 부호의 경우 2진 부호에 비해 여러 가지 면에서 우수하다는 것이 알려져 있으며, 이러한 부호를 WCDMA 시스템에 적용할 경우 성능의 향상이 있을 것으로 기대되므로 이에 대한 연구가 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] E. Dahlman, P. Beming, J. Knutsson, F. Ovesjo, M. Persson, and C. Roobol, "WCDMA-The Radio Interface for Future Mobile Multimedia Communications" *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 47, no.4, Nov. 1998.
- [2] K. Higuchi, M. Sawahashi, and F. Adachi, "Fast cell search algorithm in inter-cell asynchronous DS-CDMA mobile radio", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E81-B, no. 7/July 1998.
- [3] 3GPP TSG RAN WG1/FDD/TS 25.213, "Spreadingand modulation", June, 1999.
- [4] 3GPP TSG RAN WG1/FDD/TS 25.211, "Physical channels and mapping of transport channel onto physical channels", June,1999.
- [5] F. Adachi, M. Sawahashi and K. Okawa, "Tree-structured generation of orthogonal spreadin gcodes with different lengths for

