

# I/Q 다중파일럿부호 및 이중직렬부호탐색 방식을 적용한 고속 셀탐색 알고리즘

정회원 이한섭\*, 김태근\*, 김동인\*\*

## Fast Cell Search Algorithm Using I/Q Multiplexed Pilot Codes and Double-Dwell Serial Search

Han-Sup Lee\*, Tae-Geun Kim\*, Dong-In Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

고속 데이터 서비스를 제공하는 3세대 이동 통신 시스템에서 시스템의 유연성을 확보하기 위해 기지국간 비동기식으로 운용될 수 있다. 이 경우 단말이 기지국을 탐색하는데 동기식 운용에 비하여 긴 기지국 탐색시간이 소요되므로 이를 단축할 수 있는 방안이 필요하다. 본 논문에서는 긴 기지국 탐색시간을 단축하기 위하여, I 채널 파일럿 코드로 기지국의 그룹을 구분하고, Q 채널 파일럿 코드로 기지국의 셀을 구분하는 I/Q 다중 파일럿 코드 방식을 제안하였다. 시뮬레이션은 ITU-R 6-경로 Rayleigh 페이딩 채널을 고려하였고, 탐색방법으로 이중 직렬 탐색 방식을 사용하였다. 계층셀 구조에서 매크로셀과 마이크로셀의 파일럿 코드로 I/Q 다중코드를 할당하여 핸드오프시에 셀 탐색 시간을 줄일 수 있음을 보였다.

### ABSTRACT

For high rate data services in the global 3rd generation mobile systems, it is desirable to asynchronously operate the cell site because of flexible system deployment. In this case, we need a method to minimize cell search time which is much longer than in synchronous operation. In order to speed up the cell search, we propose an I/Q multiplexed pilot code scheme in which a group code is assigned to the I (in-phase) channel pilot code for the group cell detection, and a cell code is assigned to the Q (quadrature) channel pilot code for the unique cell detection. In simulation we consider ITU-R 6-path Rayleigh fading, and use double-dwell serial search to decide the cell belonging to the desired mobile. In addition, it is shown that the cell search time is minimized under hierarchical cell structure in which the I/Q multiplexed code is assigned to both macrocell and microcell.

### I. 서 론

제 3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000은 글로벌 로밍 및 다양한 이동멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 접속규격으로 기지국간 비동기식 광대역 CDMA

방식이 채택되어 제조업체를 중심으로 상용 시스템 규격이 작성되고 있다. 비동기식은 외부 공통시간정보인 GPS신호를 사용하지 않는 방식으로 셀 설계 및 기지국 설치시 용이함을 제공한다. 그러나 IS-95 표준 기반의 동기식 상용 시스템에 비하여 기지국 탐색 시간이 길어지고, 핸드오버시에 복잡한 단점들

\* 한국통신연구개발본부 가입자망연구소(hansup@kt.co.kr)

\*\* 서울시립대학교 전기전자공학부

논문번호: 99085-0305, 접수일자: 1999년 3월 5일

지니고 있다. 그러므로 본 논문에서는 비동기식으로 운용될 경우 기지국 탐색 시간을 줄이기 위한 방법을 제안하였으며, 제안한 방식은 국내 TTA 무선전송기술 후보방식 채택되어 ITU-R에 제출한 바 있다<sup>[1][2]</sup>.

제안된 셀 탐색 알고리즘은 NTT DoCoMo, Ericsson, TI에서 제안한 방식들이 있다<sup>[3][4]</sup>. 그리고 제안된 방식들은 서로 합의되어 단일안으로 결정되었다<sup>[5][6]</sup>. NTT DoCoMo에서 제안한 셀 탐색 알고리즘은 각 기지국을 그룹과 셀로 분할하고, 1 단계로 perch 1 채널을 정합기를 사용하여 슬롯의 동기를 탐색하고, 2 단계로 상관기를 사용하여 perch 2 채널을 탐색하여 그룹을 획득한다. 3 단계로 단말이 속한 기지국과 트래픽 채널의 프레임 동기를 획득한다. Ericsson 방식은 NTT DoCoMo 방식의 perch 2 채널에 데이터{+1, -1}를 변조하므로서 기지국의 그룹 탐색과 프레임 동기 탐색을 동시에 수행하며, 채널 추정이 필요하다. TI 방식은 Ericsson 방식의 채널 추정이 필요한 단점을 보완하기 위하여 각 슬롯의 perch 2 채널을 comma free codes에 의한 code word set을 이용하여 변조하므로 비동기 복조 방식을 수행한다. 본 논문에서는 단말의 기지국 탐색을 위한 파일럿 코드 할당 방식으로 그룹을 구분하는 코드를 I 파일럿 채널에 할당하고, 기지국을 구분하는 코드를 Q 파일럿 채널에 할당하는 I/Q 다중 파일럿 코드 방식을 사용하였다. I/Q 다중 파일럿 코드 방식은 동기 획득에 정합기(matched filter) 대신 상관기(correlator)를 사용하므로 전력소모를 줄일 수 있다. I/Q 다중 파일럿 코드 방식을 사용한 셀 탐색 알고리즘을 파일럿 코드의 체계에 따라 3 단계 또는 2 단계로 나눌 수 있다. I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold codes를 사용한 경우의 3 단계 셀 탐색 알고리즘은 다음과 같다. 1단계로 I 채널의 파일럿 채널을 탐색하여 단말이 속해 있는 기지국과 파일럿 코드의 동기를 획득한다. 2 단계로 획득된 동기과 I/Q 파일럿 채널을 이용하여 획득된 그룹내의 셀을 탐색하여 단말이 속한 기지국을 획득한다. 3 단계로 트래픽 채널에서 사용한 long code, 즉 프레임 동기를 획득한다. I 채널 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold codes, Q 채널 파일럿 코드로 40960 m-sequence를 사용한 경우의 2 단계 셀 탐색 알고리즘은 다음과 같다. 1단계로 I 채널의 파일럿 채널을 탐색하여 단말이 속해 있는 기지국과 파일럿 코드의 동기를 획득한다. 2 단계로 획득된 동기과 I/Q 파일럿 채널을 이용하여 획득된

그룹내의 셀과 프레임 동기를 동시에 탐색한다. I/Q 다중 코드 방식을 서로 다른 주파수를 사용하는 계층셀에 적용하는 경우 매크로셀의 셀코드와 마이크로셀의 그룹코드를 동일한 코드를 사용하므로서 셀 탐색 시간을 크게 줄일 수 있다. 계층셀에서의 셀 탐색 알고리즘은 3 단계 셀 탐색 알고리즘과 동일하나, 매크로셀에서 마이크로셀로의 핸드오프시에는 해당 매크로셀의 셀코드로부터 마이크로셀의 그룹코드를 알 수 있으므로 마이크로 셀의 모든 그룹을 탐색할 필요없이 단지 파일럿 동기만을 획득하면 된다. 또한 마이크로 셀에서 매크로셀로의 핸드오프시에도 동일한 방법으로 셀 탐색시간을 줄일 수 있다. 본 논문의 II장은 파일럿 채널의 코드 체계 및 시스템 모델링에 대하여 나타내었고, III장은 I/Q 다중 코드를 이용한 셀 탐색 알고리즘과 계층셀에서 파일럿 코드 할당 방법 및 셀 탐색알고리즘을 나타내었다. IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 성능을 평가하였고, V장에서는 결론을 맺는다.

## II. 코드 체계 및 시스템 모델

### 1. 코드 체계 및 시스템 모델링

각 기지국에 할당하는 I 채널 파일럿 코드와 Q 채널 파일럿 코드를 발생시키기 위한 polynomials-는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{I1}(x) &= x^{11} + x^8 + x^5 + x^2 + x^1 \\
 P_{I2}(x) &= x^{11} + x^7 + x^3 + x^2 + 1 \\
 P_{Q1}(x) &= x^{11} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^3 + x + 1 \\
 P_{Q2}(x) &= x^{11} + x^{10} + x^3 + x^2 + 1
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

3 단계 셀 탐색알고리즘에서 각 기지국에 그룹을 할당하는 방법은 전체 기지국을 G 그룹으로 나누었다면 I 파일럿 채널에 G개의 파일럿 코드가 필요하다.  $P_{I1}(x)$ 의 초기값으로 모두 1을 할당하고, {기지국 번호 mod G}의 값을 이진수로 변환시켜서  $P_{I2}(x)$ 의 초기값으로 할당하여 2048의 주기를 갖는 orthogonal Gold codes 발생시킨다. 셀 코드는  $P_{Q1}(x)$ 의 초기값으로 모두 1을 할당하고, 각 기지국 번호를 이진수로 변환하여  $P_{Q2}(x)$ 에 할당하여 주기 2048인 orthogonal Gold codes를 발생시켜서 Q 파일럿 채널에 할당한다. 2 단계 셀 탐색 알고리즘의 경우에 그룹 코드의 할당은 3 단계 셀 탐색 알고리즘의 그룹 코드 할당과 동일하며, 셀 코드는 트래픽의 Q 채널에서 사용되는 긴 코드는 식2와 같

으며, I/Q 코드 다중화된 파일렛채널 구조는 그림 1과 같다.

$$P_Q(x) = x^{18} + x^{10} + x^7 + x^5 + 1 \quad (2)$$

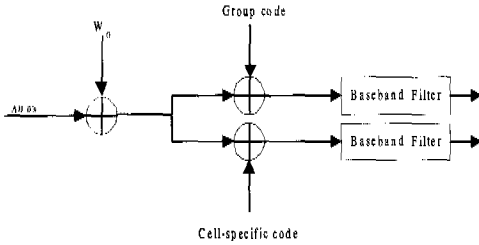


그림 1. I/Q 코드 다중화된 파일렛 채널

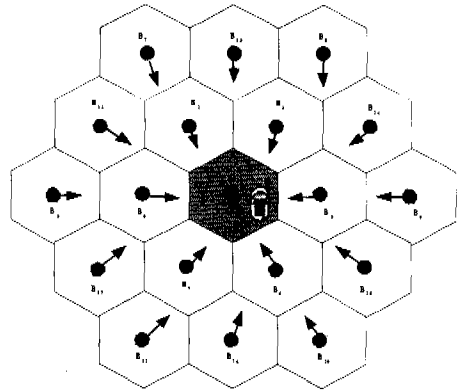


그림 2. 시뮬레이션을 위한 셀 구조도

### 2. 임의손실(random loss)과 경로손실(path loss)

수신 신호를  $r(t)$ 라고 하고 envelope level에서 평균을  $\xi$ 라하면  $\xi = E[r(t)]$ 이다. 수신 신호의 envelope이 Rayleigh나 Rice 확률 분포를 가지면  $\xi$ 는 local mean이 되며, 매크로셀의 단말기와 기지국사이에 전물이나 언덕과 같은 장애물이 존재하는 경우에 log-normal 확률 분포를 갖는다. log-normal 확률 분포의 pdf는 다음과 같다<sup>[7]</sup>.

$$p(\xi) = \frac{(2L)}{\xi\sigma_\xi^2\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(10 \log_{10}\xi^2 - \mu_\xi)^2}{2\sigma_\xi^2}\right\} \quad (3)$$

여기서  $\mu_\xi = E[\xi]$ 이고  $L=10/\ln 10$ 이다. 위의 확률변수를  $\zeta(\text{dB}) = 20 \log_{10}\xi$ 의 관계를 이용하여 변환하면  $\zeta(\text{dB})$ 는 가우스 확률 분포를 갖는다.

$$p(\zeta(\text{dB})) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\zeta} \exp\left\{-\frac{(\zeta(\text{dB}) - \mu_\zeta)^2}{2\sigma_\zeta^2}\right\} \quad (4)$$

그림 2는 인접 셀에 의한 간섭을 모델링하기 위한 셀 구조도이다. 시뮬레이션에서 모든 기지국이 같은 전력을 전송하고, 각 기지국은 셀의 중앙에 위치하고 있다고 가정한다. 그리고 단말이 위치한 셀과 주위의 18개 육각형 셀을 고려한다.

단말이 각 기지국에서 수신하는 신호는 다경로 페이딩 외에 임의 손실(random loss)과 경로 손실(path loss)의 영향을 받는다. 단말이 속한 기지국을 0번째 기지국이라고 하면  $m$ 번째 기지국에서 단말기

로 수신되는 신호의 전력은 다음과 같다<sup>[8]</sup>.

$$\widehat{P}_m = P_m (10^{(\xi_m/10)} / d_m^\gamma) \quad (5)$$

$\xi_m$ 는 평균(mean)이 0이고 표준편차(standard deviation)가 10dB인 가우스 확률변수이다.  $d_m$ 는  $m$ 번째 기지국과 단말기와의 거리이고  $\gamma$ 는 경로손실 요소(path loss factor)이다. 단말이 속한 기지국과 인접 기지국과의 전력비  $\eta_m$ 은 다음과 같다.

$$\eta_m = (d_0/d_m)^\gamma 10^{(\xi_m - \xi_0)/10} \quad (6)$$

즉, 인접 셀에서의 간섭대 신호비는 다음으로 주어진다.

$$I_m/S_0 = \int \int (d_0/d_m)^\gamma 10^{(\xi_m - \xi_0)/10} \Phi(\xi_m - \xi_0, d_0/d_m) p d \quad (7)$$

여기서 단말은 가장 양호한 상태의 기지국과 접속하므로 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

$$\Phi(\xi_m - \xi_0, d_0/d_m) \triangleq \begin{cases} 1, & \text{if } (d_0/d_m)^\gamma 10^{(\xi_m - \xi_0)/10} \leq 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

시뮬레이션에서는 기지국을 획득하기 위한 단말의 위치를 임의로 발생시키고 해당 기지국을 획득할 때까지  $\eta_m$ 이 일정하다고 가정한다.

### 3. 인접셀을 고려한 수신신호

단말이 속한 기지국이  $m=0$ 이고, 주위의 기지국을

$m=1, 2, \dots$  이라고 하면  $m$ 번째 기지국에서 단말로 전송되는 신호는 다음과 같다.

$$s_m(t) = \left( \sqrt{a} [p_I(t) + jp_Q(t)] + \sum_{k=1}^K [c_{I_k}^{(m)}(t) + jc_{Q_k}^{(m)}(t)] \right) \quad (9)$$

여기서,  $a$ 는 파일럿 채널과 트래픽 채널과의 전력비이며,  $K$ 는 트래픽 채널의 수이다. 단말이 속한 기지국 주위의 18개 인접셀에서 수신되는 간섭을 고려한 19개의 셀 구조에서 단말에 수신되는 신호는 다음과 같다.

$$r(t) = \sum_{m=0}^{18} \sqrt{\eta_m} y_m(t - \tau_m) \quad (10)$$

여기서  $\eta_m$ 은 단말에 수신되는 인접 기지국의 신호와 단말이 속한 기지국 신호의 상대적인 전력비이고, 각 기지국과 단말사이의 거리에 따른 경로 손실(path loss)과 log-normal shadowing에 의한 임의 손실의 영향을 받는다. 즉  $\eta_m$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta_m = (d_0/d_m)^\gamma 10^{(\xi_m - \xi_0)/10} \quad (11)$$

단말이 속한 기지국  $m=0$ 에서  $\eta_0=1$ 이다.  $\tau_m$ 은 각 기지국의 비동기식 운용에 의한 시간 지연이고,  $\gamma$ 는 단말과 각 기지국과의 거리에 따른 감쇠 상수이다.  $\xi_m$ 은 가우스 확률변수이고, 표준 편차가 10 dB이다. 그리고  $l$ 은 경로의 수이고  $\tau_{m,l}$ 은 각 기지국에서 전송되는 다경로 페이딩 신호의 경로 지연을 나타낸다.

$$y_m(t) = \sum_{l=0}^{L-1} s_{m,l}(t - \tau_{m,l}) \quad (12)$$

### III. I/Q 다중코드를 사용한 셀 탐색 알고리즘

#### 1. 셀 탐색 알고리즘 개요

셀 탐색 과정은 I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold 코드를 사용한 경우는 다음과 같은 3단계로 분류할 수 있다. 1 단계는 I 채널 파일럿 코드로부터 상관기(correlator)를 사용하여 단말이 속한 그룹 및 그룹 파일럿 코드의 동기를 탐색한다. 2 단계는 획득된 그룹과 그룹 파일럿 코드의 동기를 이용하여 단말이 속한 셀을 획득한다. 3 단

계는 획득된 셀과 파일럿 코드의 동기를 이용하여 트래픽 채널에서 사용한 long code의 동기, 즉 프레임 동기를 획득한다. 이러한 셀 탐색과정을 그림 3에 나타내었다. 그리고 I 채널 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold 코드를 사용하고, Q 채널 파일럿 코드로 40960 m-sequence를 사용할 경우, 셀 탐색 알고리즘은 2 단계로 수행되며, 그 흐름도는 그림 4와 같다. 1 단계는 I 채널 파일럿 코드로부터 그룹 및 2048 orthogonal Gold 코드의 동기를 탐색한다. 2 단계는 Q 채널 파일럿 코드로부터 단말이 속한 셀과 프레임 동기를 동시에 탐색한다. 동기 획득 방

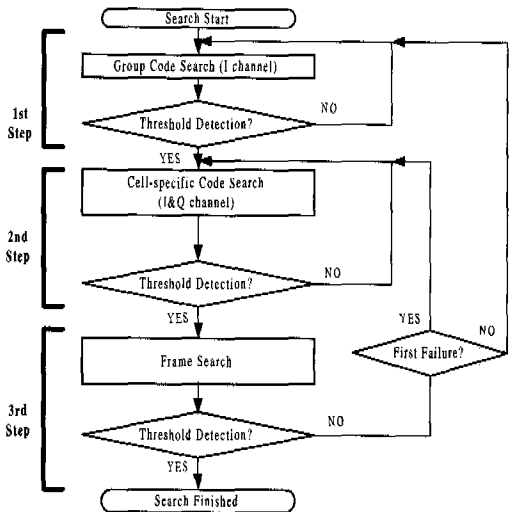


그림 3. 3단계 셀 탐색 알고리즘 흐름도

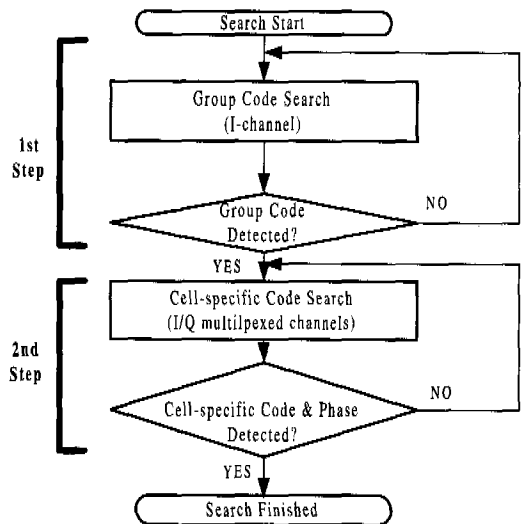


그림 4. 2단계 셀 탐색 알고리즘 흐름도

식으로 현재 상용화되어 있는 이중 직렬 탐색 방식을 사용하였고, 그룹 코드를 탐색할 때에 탐색 (search) 모드의 임계치를 초과하는 출력값에 대하여 확인(verification) 모드의 임계치와 비교하여 그룹 코드 및 파일럿 동기 획득 여부를 결정한다. 그룹 코드 탐색과 동일한 방법으로 셀 코드와 프레임 동기도 탐색한다.

2. 계층셀 구조에서 셀 탐색 알고리즘

향후 이동 통신은 좀더 효율적인 서비스를 위하여 저속의 단말에는 마이크로(micro)셀을 할당하고 고속의 단말에는 매크로(macro)셀을 할당하는 계층셀 구조를 제안하고 있다. 계층셀 구조에서는 상호간의 간섭과 전력제어(power control) 문제를 해결하기 위해 서로 다른 주파수를 사용한다. 계층셀 구조에서 매크로셀을 그룹코드와 셀 코드로 분할하고, 마이크로셀을 그룹코드와 셀코드로 분할할 때 파일럿 코드를 매크로셀과 마이크로셀에 효과적으로 할당하면 단말이 기지국을 획득하는 시간을 줄일 수 있다.

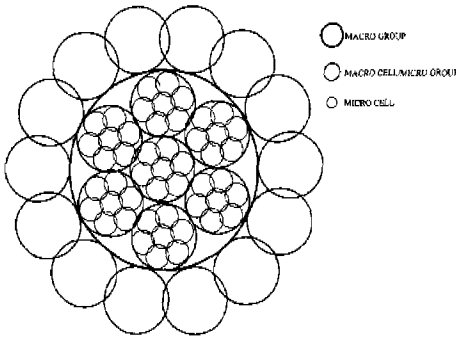


그림 5. 상이한 주파수를 사용하는 매크로셀과 마이크로셀의 구성도

그림 5에서 도심에 속하는 매크로셀들을 하나의 그룹으로 묶을 경우 도심에서는 저속의 많은 단말이 있으므로 매크로셀내에 마이크로셀이 있다. 이 경우 마이크로셀들은 역시 빠른 셀 탐색을 위하여 몇 개의 셀들을 그룹으로 구분할 수 있다. 마이크로셀의 그룹코드로 I 채널 파일럿 코드를 사용하고, 셀코드로 Q 채널 파일럿 코드를 사용하였다면, 마이크로셀의 그룹코드로 사용한 I 채널 파일럿 코드를 주파수가 다른 매크로셀의 셀코드인 Q 채널 파일럿 코드로 사용한다. 즉, 마이크로셀의 그룹코드와 매크로셀의 셀코드로 동일한 코드를 공유한다.

위의 코드 체계를 적용하여 inter-frequency 핸드오프를 수행할 때에 이전 기지국의 I/Q 파일럿 코드로부터 접속할 기지국의 I/Q 파일럿 코드중 매크로셀에서 마이크로셀로 핸드오프를 할 때에는 마이크로셀의 그룹코드를 알수 있고, 마이크로셀에서 매크로셀로 핸드오프를 할 때에는 셀코드를 알수 있으므로, 단말이 접속할 기지국의 빠른 획득이 가능하다<sup>9)</sup>.

매크로셀에서 마이크로셀로 핸드오프를 할 때 셀 탐색 알고리즘은 그림 6과 같다. 1 단계로 단말은 매크로셀의 셀코드와 동일한 마이크로셀의 그룹코드를 알고 있으므로, 모든 마이크로셀의 그룹을 탐색할 필요없이 마이크로셀의 파일럿 동기를 획득할 수 있다. 2 단계로 마이크로셀의 그룹과 획득된 동기를 이용하여 마이크로셀의 해당 그룹내 셀을 탐색하여, 단말이 접속하고자 하는 기지국을 획득할 수 있다.

3 단계로 트래픽 채널에서 사용한 코드의 동기를 획득한다. 마이크로셀에서 매크로셀로의 핸드오프에서도 동일한 방법으로 기지국을 획득할 수 있다. 즉, 마이크로셀의 그룹 코드와 동일한 매크로셀의 셀 코드로부터 동기를 획득하고, 획득된 동기를 이용하여 그룹 코드를 탐색하면 단말이 접속하고자 하는 기지국을 획득할 수 있다.

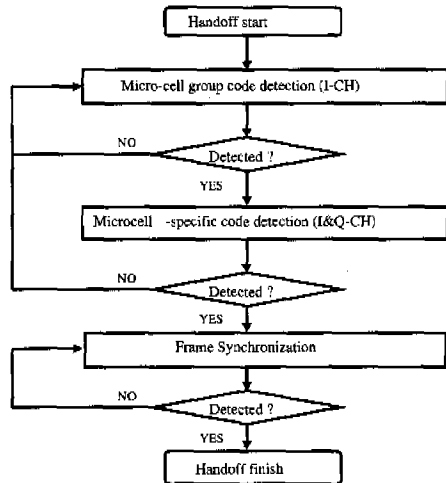


그림 6. 계층셀 구조에서 셀 탐색 흐름도

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

1. 시뮬레이션 환경

시뮬레이션 환경은 표 1과 같다. 팔호안의 값은

시물레이션시 고려한 코드의 길이이다. 3 단계 셀 탐색 알고리즘에서 I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold 코드를 사용하였다. 그리고 2 단계 셀 탐색 알고리즘에서는 각 기지국의 그룹을 구분하기 위한 I 채널 파일럿 코드로 주기가 2048인 orthogonal Gold 코드를 사용하고, Q 채널 파일럿 코드는 주기가 40960인 m-sequence를 사용하였다.

표 1. 시스템 파라미터.

칩 레이트		4.096 Mcps
Pilot 채널 확산 부호 (3 단계 셀 탐색)	I-ch 부호	Orthogonal Gold code (2048chips)
	Q-ch 부호	Orthogonal Gold code (2048chips)
Pilot 채널 확산 부호 (2 단계 셀 탐색)	I-ch 부호	Orthogonal Gold code (2048chips)
	Q-ch 부호	m-sequence (40960 chips)
데이터 채널 확산 부호	I-ch 부호	m-sequence (40960 chips) + Walsh code (128 chips)
	Q-ch 부호	m-sequence (40960 chips) + Walsh code (128 chips)
변조 방식		QPSK
데이터 심볼 레이트		32 kbps
프레임 길이		320 symbols (10 ms)
거리에 따른 손실		Decay factor = 3.8
Shadowing		Log-normal, standard deviation = 10 dB
다경로 페이딩		6-path Rayleigh (ITU-R veh. B) $f_D = 64\text{Hz}$

데이터 채널의 확산부호로는 I/Q 각각 주기 40960인 m-sequence를 사용하였고, 각 채널간의 직교성을 유지하기 위하여 모든 채널이 같은 데이터 심볼레이트(symbol rate)로 전송된다는 가정하에 Walsh 코드를 사용하였다.

각 기지국의 구분은 I 채널 파일럿 코드로 기지국의 그룹을 구분하고 Q 채널 파일럿 코드로 해당 그룹내의 셀을 구분한다. 한 프레임의 길이는 10 ms이다.

단말이 속한 기지국과 인접한 주위 6개의 셀의 간섭은 파일럿 채널과 트래픽 채널을 발생시켜 모델링하였으며, 이를 제외한 12개의 셀의 간섭은 시물레이션 수행시간을 고려하여 가우스 분포를 갖는 잡음으로 근사화하였다. 인접 기지국에서 전송되는 신호는 거리에 따른 경로 손실(path loss) 및 임의 손실(random loss)인 음영효과(shadowing)의 영향을 동시에 받는다. 시물레이션에서는 거리에 따른 손실의 정도를 나타내는 감쇠상수(decay factor)를 3.8,

랜덤 손실의 표준편차(standard deviation)를 10dB로 하였다. 페이딩은 6 경로 Rayleigh 페이딩(ITU-R vehicular B) 모델로서 도플러 주파수가 64Hz이다<sup>[2],[10]</sup>. 시물레이션 수행시 거리에 따른 손실(path loss)과 임의 손실은 한번 발생되면 단말기가 기지국을 획득할 때까지 일정하다고 가정하였다. 따라서 단말기의 위치가 결정되면 거리에 따른 경로 손실과 임의 손실에 의한 값은 기지국을 획득할 때까지 일정하게 고정되며 수신신호는 단지 Rayleigh 페이딩의 영향을 받는다. 수신 신호의 ( $E_b/N_0$ )는 셀 경계에서 15dB로 하였으며, 간섭을 포함한 ( $E_b/I_0$ )는 15dB이하로 주어진다.

2. 셀 탐색에서 각 단계별로 고려된 파라미터

시물레이션에서 각 단계별로 반영된 파라미터는 표2와 같다. 파일럿 채널과 트래픽 채널의 전력비  $\alpha$ , 먼저 단말이 그룹을 탐색할 때에는 I 채널 파일럿 코드를 상관기를 이용하여 탐색한다. Q 채널 파일럿 코드를 상관기를 이용하여 탐색하여 셀을 획득한다. 셀을 획득한 후에는 프레임동기를 획득하기 위하여 트래픽 채널에서 사용한 Gold code의 동기를 획득한다. 시물레이션은 기지국의 수가 512로서 32그룹, 16 셀인 경우와 64그룹, 8셀을 경우에 대하여 수행하였다. 트래픽 채널의 수는 10, 20, 30개인 경우를 고려하였다.

수신단에서 32개의 상관기를 사용하며 수신방식은 이중 직렬 탐색 방식을 사용하여, 그룹코드 탐색 시에는 탐색 모드에서는 320칩의 상관을 취하고, 확인 모드(verification mode)에서는 640칩의 상관을 취한다. 셀 코드 탐색시에는 탐색 모드에서는 640칩의 상관을 취하고, 확인 모드에서는 1280칩의 상관을 취한다. 프레임 동기 획득시에는 탐색 모드에서 640칩의 상관을 취하고, 확인 모드에서 1280칩의 상관을 취한다.

표 2. 시물레이션 파라미터.

파일럿 채널과 트래픽 채널의 전력비	$\alpha = 8.75$ (dB)
I 채널 Dwell time	그룹 탐색 (320, 640 chips)
Q 채널 Dwell time	셀 탐색 (640, 1280 chips)
프레임 동기	트래픽 채널의 long code (640, 1280 chips)
기지국 수	512(16그룹×32셀, 8그룹×64셀)
트래픽 채널 수(C)	10, 20, 30 채널

3. 시뮬레이션 결과

그림 7은 I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold code를 사용했을 경우이고, 기지국을 16 그룹, 32 셀인 경우이다. 파일럿 채널과 트래픽 채널의 전력비는 8.75 dB이고, 트래픽 채널의 수가 10, 20, 30 인 경우이다. R=0는 그룹코드를 할당한 I 채널 파일럿 코드와 셀 코드를 할당한 Q 채널 파일럿 코드와의 전력비를 나타낸다. 트래픽 채널의 수가 30일 때에 90% 단말의 위치에서 셀 탐색 시간은 440 ms 이다. 그림 8은 8그룹, 64셀인 경우 셀 탐색 시간을 나타내고 있다. 8그룹 64셀인 경우가 280 ms로 16그룹, 32 셀인 경우에 비하여 셀 탐색 시간이 줄어들음을 알 수 있다. 위의 결과로부터 셀 탐색 시간은 그룹코드와 파일럿 동기를 획득할 때에 걸리는 시간이 그룹내의 단말이 접속해야할 기지국을 탐색할 때에 걸리는 시간보다 큰 비중을 차지함을 알 수 있다.

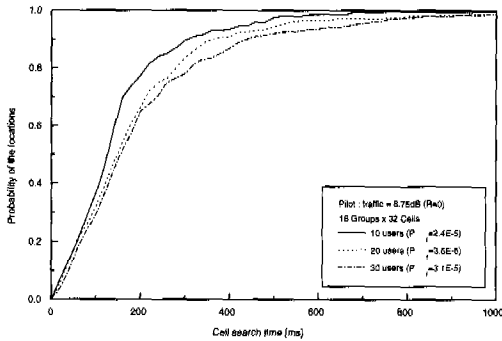


그림 7. I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold 코드 사용한 경우 16 그룹, 32 셀에서 셀 탐색 시간.

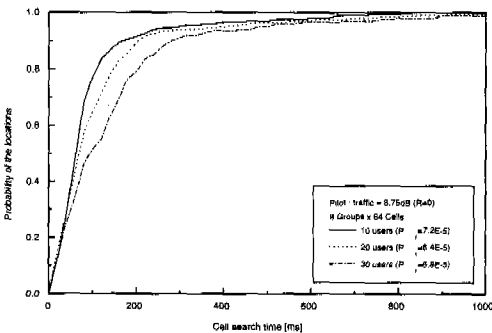


그림 8. I/Q 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold 코드 사용한 경우 8 그룹, 64 셀에서 셀 탐색 시간.

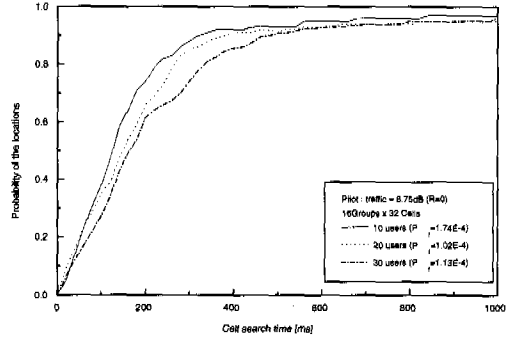


그림 9. Q 채널 파일럿 코드로 40960 Gold 코드 사용한 경우 16 그룹, 32 셀에서 셀 탐색 시간.

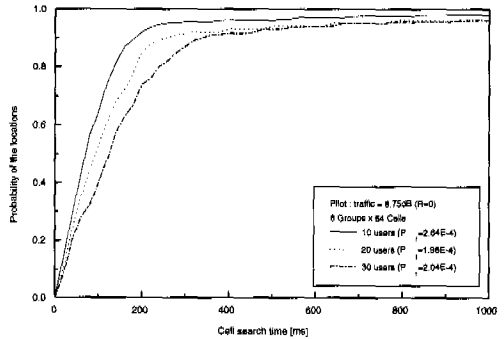


그림 10. Q 채널 파일럿 코드로 40960 Gold 코드 사용한 경우 8 그룹, 64 셀에서 셀 탐색 시간.

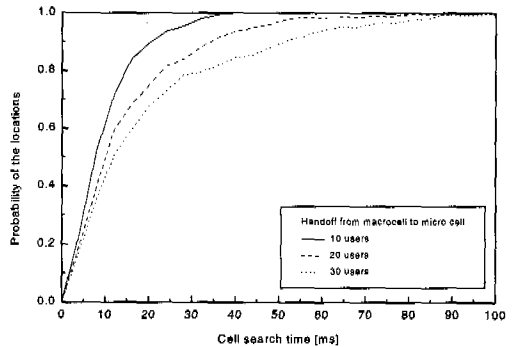


그림 11. 매크로셀로부터 마이크로셀로 핸드오프시 셀 탐색시간.

그림 9는 16 그룹, 32 셀인 경우이고, 그림 10은 8그룹, 64 셀인 경우의 변경된 셀 탐색 방식이다. I 채널 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold code를 사용하고, Q 채널 파일럿 코드로 40960 m-

sequence를 사용한 경우의 셀 탐색 시간을 나타내고 있다. 90%에서 단말의 위치에서 트래픽 채널의 수가 30 일 때에 셀 탐색 시간은 480 ms이다. 이 경우는 단말이 그룹과 파일럿 코드의 동기를 획득한 후에 단말이 접속할 기지국과 long code 동기의 획득이 동시에 이루어지므로, 접속할 기지국 획득과 long code 동기의 획득이 분리되어 수행되는 I/Q 채널 파일럿 코드로 2048 orthogonal Gold code를 사용한 셀 탐색 알고리즘에 비하여 셀 탐색 시간이 길어진다. 그림 11은 계층셀 구조에서 단말이 매크로셀로부터 마이크로셀로 핸드오프를 할 때에 90% 단말의 위치에서 셀 탐색 시간은 56 ms이다. 셀 탐색 알고리즘 중 1 단계에서 단말이 모든 그룹을 탐색하지 않고, 동기만 획득하면 되므로 셀 탐색 시간이 줄어든다.

### V. 결론

기지국간 비동기방식으로 운용되는 시스템은 동기방식에 비하여 셀 탐색시간이 많이 소요된다. 이를 줄일 수 있는 방안으로 I/Q 다중 파일럿코드를 사용한 2단계 및 3단계 셀 탐색 알고리즘을 제시하였다. 제안된 I/Q 다중 파일럿 코드 방식의 셀 탐색 알고리즘은 시뮬레이션을 통하여 셀 탐색시간을 줄일 수 있음을 보였다. 특히, 그룹 코드 탐색시 찾아진 파일럿 코드의 동기를 셀 코드 탐색시에 이용하므로써 셀 탐색 시간을 줄일 수 있었다. 그리고 기지국을 16 그룹이고, 8 그룹으로 구분하였을 때 셀 탐색시간이 감소하며, 이 결과로부터 그룹코드 및 파일럿 코드 동기 탐색이 셀 탐색 시간에서 가장 큰 비중을 차지함을 알 수 있다. 계층셀 구조에서 I/Q 다중 파일럿 코드로부터 매크로셀의 셀코드와 마이크로셀의 그룹코드로서 동일한 코드를 공유하면, 매크로셀에서 마이크로셀로의 핸드오프시에 마이크로셀의 모든 그룹 코드를 탐색할 필요없이 마이크로셀의 동기만을 획득하고 셀 코드를 탐색하면 된다. 또한, 마이크로셀에서 매크로셀로의 핸드오프시에는 셀 코드를 이용해 동기를 획득한 후 그룹 코드를 탐색하면 되므로 단말이 기지국을 획득하는 데에 걸리는 시간을 크게 줄일 수 있었다.

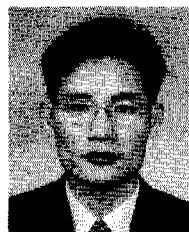
### 참고 문헌

[1] ITU-R RTT Candidate Submission, Global CDMA I& II for IMT-2000, TTA, June 1998

[2] ITU-R, Guidelines for Evaluation of RTT for IMT-2000, Recommendation ITU-R M.1225  
 [3] K.Higuchi, M.Sawahashi and F.Adachi, "Fast Cell Search Algorithm in DS-SSMA Mobile Radio Using Long Spreading Codes," Proc. IEEE VTC'97, Vol.3-A, pp.1430-1434, May 1997  
 [4] Texas Instruments, "Comma Free Codes for Fast PN Code Acquisition," AIF/SWG2-15-6(P), IMT-2000 Study Committee, Air Interface WG, SWG2, Japan, March 11, 1988  
 [5] Texas Instruments, "Comma Free Codes for Fast PN Code Acquisition in WCDMA System," ETSI SMG2 UMTS, Physical Layer Expert Group Meeting No.2, Paris France, April 28, 1998  
 [6] TS 25.213, "Spreading and Modulation (FDD)," 3GPP TSG RAN WG1, August, 1999  
 [7] Gordon L. Stuber, *Principles of Mobile Comm.*, Kluwer Academic Publishers, 1996  
 [8] K.S.Gilhausen, et.al., "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. VT-40, pp.303-312, May 1991  
 [9] H.S.Lee, H.M.Pyo, D.I.Kim, "Cell Search Scheme Using I/Q Multiplexed Code Assignment in Asynchronous W-CDMA System," in Proc., IEEE VTC '99, Houston, TX, USA, May 1999  
 [10] W.C.Jakes, *Microwave Mobile Communications*, New York : Wiley 1974

이 한 섭(Han-Sup Lee)

정회원



1988년 2월 : 동아대학교 전자공학과 졸업  
 1991년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사  
 1995년 8월 : 연세대학교 전자공학과 박사

1995년 9월~1996년 8월 : 연세대학교 전자공학과 전자정보통신연구소 선임연구원

1996년 9월~ 현재 : 한국통신연구개발본부 차세대 무선연구팀 선임연구원

<주관심 분야> 이동통신시스템, 광대역 CDMA 모델 성능분석 및 설계, IMT-2000 무



선접속규격 연구

김 태 근(Tae-Geun Kim)

정회원



1981년 2월 : 항공대학교 전자  
공학과 졸업

1983년 2월 : 한국과학기술원  
전기및전자공학과 석사

1991년 7월 : 영국 ESSEX 대학  
교 전자공학 박사

1983년 3월~현재 : 한국통신 차세대무선연구팀장  
<주관심 분야> 이동통신시스템, IMT-2000, 인증, 암호  
호화

김 동 인(Dong-In Kim)

정회원

한국통신학회논문지 제24권 5A호 참조