

## 3GPP W-CDMA에서 개선된 초기 셀 탐색 알고리즘

\*정홍재(鄭洪在), \*\*김태중(金泰中), \*\*\*양훈기(楊勳其)

\*광운대학교 전자공학과, \*\*한국전자통신연구원, \*\*\*광운대학교 전자공학부

전화 : (02) 940-5187 / 팩스 : (02) 915-4101

### (Improved initial cell searching algorithm for 3GPP W-CDMA)

\*Hong Jae Jeong, \*\*Tae Joong Kim and \*\*\*Hoon Gee Yang

Dept. of Radio science and Engineering Kwangwoon Univ.

ETRI RTT Research Team,

School of Electronics Engineering Kwangwoon University

E-mail : lje47@explore.kwangwoon.ac.kr

#### Abstract

In this paper, the improved initial cell searching algorithm is proposed for 3GPP W-CDMA system. The key objective of the proposed algorithm is to utilize the reliability of the first stage of cell searching algorithm in order to accomplish the second stage. So the proposed algorithm makes the mobile station transfers to the second stage from the first stage, just after the slot synchronization is declared successively at the same time-offset.

In order to compare the proposed algorithm with the conventional one, the simulations are accomplished for cell search algorithm for 3GPP W-CDMA systems in the multipath Rayleigh fading channel. Some parameters are also presented for the better performance in the initial cell searching algorithm.

#### I. 서론

기존의 IS-95를 기반으로 하는 CDMA 디지털 셀룰라 이동통신은 GPS를 이용하여 모든 기지국이 동기를 맞추는 방식으로 GPS에 대한 의존도

가 상당히 높다. 이와 같은 GPS에 대한 의존도를 줄이기 위해 IMT-2000에서는 기지국간 비동기 방식에 대하여 표준화 작업이 진행중에 있다. 이 기지국간 비동기 방식의 IMT-2000 시스템에서는 기지국간 동기를 GPS와 같은 절대 시간을 이용하지 않고, 네트워크상에서의 동기만 유지하므로, IS-95와 같이 상관기를 이용하는 간단한 형태의 셀 탐색기로는 탐색 시간의 요건을 만족시킬 수가 없게 된다. 이와 같은 비동기 방식의 셀 탐색 방법에서는 탐색 시간의 요건을 만족시키고 동시에, 정합 필터를 사용하여야 하는 관계로 단말기의 복잡성을 줄일 수 있는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 현재, 비동기 IMT-2000 시스템에서는 512개의 셀을 32개의 Group으로 구분하고, 각 그룹은 16개의 셀을 포함하는 구조로 설계된다. 이는 기지국간 동기가 맞지 않기 때문에 512개의 셀을 모두 탐색하는 것은 핸드오버시에 호가 단락되는 문제를 야기할 수 있으므로, 우선적으로 Group를 검색하고 탐색된 Group내의 셀을 탐색하는 방법을 거쳐 진행된다.

현재 표준안으로 채택된 방법은 3단계의 탐색 단계를 가지고 있다. 첫 번째는 슬롯동기를 찾기 위한 단계이고 두 번째는 프레임 동기와 셀이 속한 코드 그룹을 찾는 단계이고 마지막 세 번째 단계는 코드 그룹으로부터 기지국의 해당 확산 코드를 찾는 단계이다. 각 단계에서는 복수개의

신호를 이용하여 셀 탐색의 신뢰성을 높이는데, 셀 탐색 시간과 셀 탐색의 신뢰성은 Trade-off 관계를 가지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 우선적으로 종래의 알고리즘에서 평균 셀 탐색 시간이 최소가 되는 최적의 파라미터를 추정한다. 또한, 추정된 파라미터를 이용하여 제안된 알고리즘과 종래의 알고리즘을 비교 평가한다.

## II. 초기 셀 탐색 알고리즘 및 모델

### II-1. 셀 탐색 알고리즘

현재 비동기 방식에서 제안하고 있는 셀 탐색 순서는 3단계[1]로 나누어져 있다. 첫 번째 단계는 슬롯 동기를 맞추는 단계로 이동국은 기지국에 슬롯 동기를 맞추기 위해 동기 채널의 주 동기 코드(primary synchronization code,  $C_p$ )를 이용한다. 모든 기지국은 Overlay되지 않을 정도의 시간 오프셋을 가지고 주 동기 코드를 전송하므로, 이동국은 한 개의 정합 필터(matched filter)를 이용해서 이 코드를 획득한다. 두 번째 단계는 첫 번째 단계에서 찾은 슬롯 동기를 이용하여, 프레임 동기를 맞추고 기지국의 그룹을 찾아내는 단계로 부 동기 코드(secondary synchronization code,  $C_{SCH}, (n=1,2,\dots)$ )를 이용한다. 이 부 동기 코드는 프레임 당 슬롯의 개수보다 하나 큰 수의 종류가 존재하며, 이를 슬롯의 개수만큼 선택하여 그룹의 수만큼 생성한다. 이와 같이 코드를 선택할 때에는 하나의 그룹에 해당되는 코드의 배열이 cyclic shift되어도 중복되지 않는 것을 특징으로 가진다. 마지막 단계는 두 번째 단계에서 선택된 그룹에 해당되는 기지국에 할당된 확산 코드를 선택하는 과정으로, 하나의 그룹에 해당되는 확산 코드에 대해 상관도를 계산하여 가장 신뢰성이 높은 코드를 선택하여 초기 셀 탐색을 완료하게 된다.

### II-2. 셀 탐색 시뮬레이션 모델

그림 1은 초기 셀 탐색 시뮬레이션을 위한 모델로서, 동기 채널 외에 해당 기지국에서 전송되는 신호와 타 기지국에서 전송되는 신호, 그리고 열잡음 등이 수신된다. 그리고, 동기 채널과 해당 기지국에서 전송하는 채널간에는 직교성을 유지하지 않기 때문에, 이 신호는 AWGN으로 모델링할 수 있다. 한편, 타 기지국에서 전송되는 신호와 열잡음은 AWGN으로 발생하였다. 그리고, 페이딩 채널을 위해 4개의 다중 경로를 갖는

Jake's model의 레일리 페이딩 채널을 고려하였다[3].

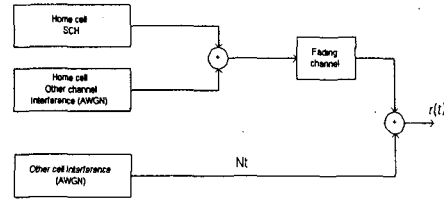


그림 1 셀 탐색 시뮬레이션 모델

그림 2는 시뮬레이션에서 고려한 순방향 링크의 송신기 구조이며, 그림 3은 첫 번째 단계 및 두 번째 단계의 수신기 구조를 나타내고 있다. 여기에서 두 번째 단계에서는 주 동기 코드로부터 위상 정보를 받아 위상 보상을 수행하는 Coherent 검출기를 고려하였다.

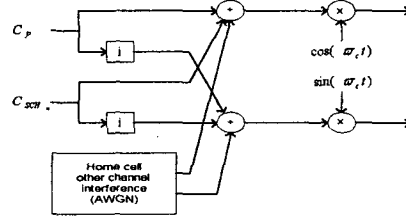


그림 2 순방향 링크 송신기 구조

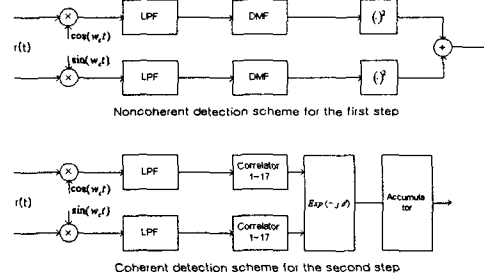


그림 3 셀 탐색기 구조(첫 번째 단계/두 번째 단계)

### II-3. 시뮬레이션 파라미터

본 시뮬레이션에서 4.096Mcps의 칩속도를 고려하였다. 현재 비동기 IMT-2000 규격이 3.84Mcps의 칩속도로 변경되었지만 셀 탐색 알고리즘의 성능면에서는 큰 차이가 없으며, 또한 칩 속도 변경에 따라 본 논문에서 제안하고 있는 알고리즘과 종래의 알고리즘의 성능이 동일한 경향을 보일 것으로 예상되므로 4.096Mcps의 칩속도에서 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 검증하는 것이 타당하다. 두 동기 코드 길이는 256 칩이며, 한

프레임은 10msec로 16개의 슬롯으로 구성되며, 한 슬롯은 2560 칩으로 이루어진다.

본 논문에서는 이동국에서 셀 탐색을 시작하는 시각은 한 프레임 내에서 균일한 분포를 가지며, 평균적인 성능을 계산하기 위해 이동국이 하나의 셀 내에서 균일하게 분포하는 것으로 가정하였다. 또한, 주동기 채널과 부동기 채널의 전력은 각각 해당 기지국에서 전송되는 전력의 2.5%로 설정하였다. 한편, 본 논문에서는 세번째 단계의 동작은 한 프레임을 탐색하면 제대로 찾았다고 가정하고 확산코드를 찾는 과정은 생략하였다. 또한, 본 논문에서는 첫 번째 단계를 위해 256탭(Tap)의 디지털 정합 필터를 이용하여 칩 당 하나의 샘플을 이용하는 구조를 가정하였다. 본 시뮬레이션에서는 두번째 단계까지 탐색이 끝난 후 첫 번째 단계와 두 번째 단계 중에서 적어도 하나의 단계에서 오류가 발생된 경우에는 3 프레임(30ms) 벌칙 시간(Penalty time)을 추가되고, 이어서 첫 번째 단계에서 다시 시작하게 된다. 본 논문에서는 다양한 채널환경을 고려하기 위해 이동국의 속도를 3km/h와 80km/h로 설정하였으며, 첫 번째 단계에서 찾은 슬롯 동기가 다중경로 신호 중 하나와 동일한 경우에 오류없이 포착된 것으로 가정하였다. 표 1은 본 논문에서 고려한 다중 채널 모델로서 ITU-R TG8-1의 vehicular A 모델을 칩 단위로 수정한 다중 경로 모델이다.

경로	상대적인 지연(nsec)	평균 전력 (dB)
1	0	0.0
2	244	-1.0
3	732	-9.0
4	976	-10.0

표 1 수정된 ITU-R 다중경로 채널 모델

또한, 본 시뮬레이션은 모든 다른 기지국에서 수신된 신호의 칩 단위 전력에 대한 동기 채널의 칩 단위 전력에 대해 수행되었으며, 이동국이 속한 셀의 경계 지역에서의 신호(자기 기지국의 총 전력)대 잡음(다른 기지국에서 수신된 총 전력)비를 0dB라고 했을 때 동기 채널의 전력 대 잡음 전력은 -13dB가 되고 셀의 중심은 -1dB가 된다. 따라서, 본 논문에서는 동기 채널의 전력 대 잡음 비율 -13 ~ -1 dB를 고려하였다.

II-4. 종래의 셀 탐색 알고리즘.

첫 번째 단계에서는 슬롯 동기를 맞추기 위해 정합 필터 출력을 여러 슬롯 누적해서 가장 큰 값을 가지는 지점을 슬롯의 시작점으로 한다. 두 번째 단계는 17개의 상관기로 한 프레임에 대해 16×17개의 상관값을 찾고 이 상관값을 이용 512개의 결정 값을 구해 이중 가장 큰 값을 가지는 지점을 프레임의 시작점으로 하고 기지국의 그룹을 찾아낸다. 마지막 단계는 두 번째 단계에서 찾은 그룹에서 해당 기지국에 할당된 확산 코드를 선택하는 과정으로, 그룹내의 확산 코드에 대해 상관도를 계산하여 가장 신뢰성이 높은 코드를 선택하여 초기 셀 탐색을 완료하게 된다.

II-5. 제안된 셀 탐색 알고리즘.

셀 탐색 알고리즘에서 첫 번째 단계가 성능에 가장 중요한 영향을 미치게 되므로, 충분한 시간 동안 수신된 신호를 이용하는 것이 바람직하다. 이와 같은 측면에서, 본 논문에서 제안하고 있는 셀 탐색 알고리즘은 첫 번째 단계의 정보를 더욱 효율적으로 이용하는 방법이다. 즉, 첫 번째 단계에서는 슬롯 동기의 신뢰성을 높이기 위해 복수개의 슬롯 동안 평균을 취한 값을 이용하여 슬롯을 결정하게 되는데, 이때 매 슬롯마다 잠정적으로 슬롯 동기를 결정하고, 이와 같이 잠정적으로 결정된 슬롯 동기가 연속적으로 동일한 시점에서 발생할 경우에는 첫 번째 단계를 멈추고, 두 번째 단계로 넘어가는 것이 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 기본 개념이다. 연속 슬롯 동기의 개수를 크게 설정하면, 신뢰성은 높아지는 반면 평균 셀 탐색 시간은 증가하게 되고, 이를 너무 작게 설정하면 신뢰성이 줄어 또한 평균 셀 탐색 시간이 증가하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 두 번째 단계로 전이하기 위한 최적의 연속 슬롯 동기의 개수를 찾아 이를 종래의 셀 탐색 알고리즘과 비교하기로 한다.

III. 시뮬레이션 결과 및 성능 분석

그림 4와 5는 다중 경로 채널 환경에서 이동국의 속도가 3km/h와 80km/h일 때의 누적 슬롯 수에 따른 종래 방식의 평균 탐색 시간을 나타낸 것으로 실선 일 때 각각 평균 탐색 시간은 43.13, 48.48msec이다. 이 그림 4와 5에 따르면, 각 단계에서의 최적의 누적 슬롯 개수는 저속(3km/h)일 때, 고속(80km/h)일 때보다 첫 번째 단계의 최적

누적 슬롯의 개수가 작으며, 또한 평균 셀 탐색 시각도 우수한 특성을 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 최적의 누적 슬롯 개수에서 슬롯 동기와 프레임 동기 확률을 나타내고 있는 그림 6에서도 확인할 수 있다. 한편, 그림 7과 8은 다중 경로 신호가 있는 환경에서 각각 이동국의 속도가 3km/h일 때와 80km/h일 때 종래의 알고리즘과 새로운 알고리즘에 대한 평균 탐색 시간을 비교하였다. 이때 종래의 알고리즘에서 최적의 누적 슬롯 수(3km/h:14/16/16, 80km/h:16/16/16)를 이용하였으며, 새로운 알고리즘에서 연속 슬롯 동기 개수는 7로 하였다. 이 그림 7과 8에서 알 수 있듯이, 이동국의 속도와 상관없이 본 논문에서 제안한 새로운 셀 탐색 알고리즘은 종래의 알고리즘에 비해, 90%의 포착확률에서 약 1dB의 성능 개선이 있음을 확인할 수 있다. 이는 순방향 채널에서 동기 채널이 다른 채널과 직교성을 유지하지 않기 때문에 다른 채널에 비해 간섭량이 크다. 그러므로 동기 채널의 전력을 줄이는 것은 순방향의 용량을 증대시킬 수 있는 방법이 된다. 또한, 이상의 결과를 통해, 첫 번째 단계에서 2560 칩 단위로 누적되는 정보를 효과적으로 이용하는 알고리즘이 요구됨을 지적할 수 있다.

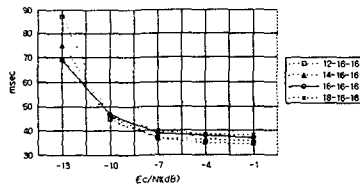


그림 4 종래 방식의 평균 셀 탐색 시간(3km/h)

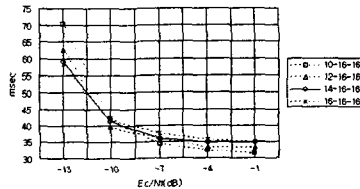


그림 5 종래 방식의 평균 셀 탐색 시간(80km/h)

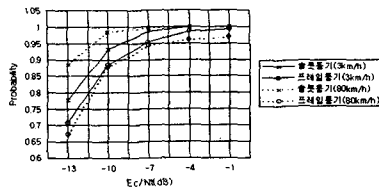


그림 6 종래방식의 슬롯/프레임 동기포착 확률

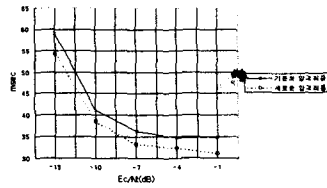


그림 7 제안된 알고리즘의 평균 셀 탐색 시간 (3km/h)

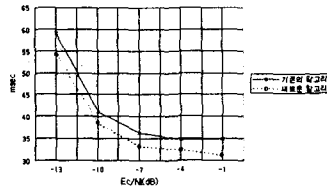


그림 8 제안된 알고리즘의 평균 셀 탐색 시간 (80km/h)

#### IV. 결론

본 논문에서는 3GPP W-CDMA를 기반으로 하는 비동기식 IMT-2000 시스템에서의 초기 셀 탐색을 위한 종래의 알고리즘을 이동 통신 채널 환경에 대해서 최적의 파라미터를 도출하였다. 또한, 종래의 알고리즘을 개선한 새로운 알고리즘을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 우수한 성능을 나타내었다. 따라서, 본 논문에서는 현재 표준화가 진행중인 비동기 방식의 IMT-2000인 3GPP 모델 규격에 준하는 모델에 중요한 파라미터를 제공하고 있으며, CPM(Code Positioning Modulation)과 같이 셀 탐색 알고리즘에서 중요한 정보인 첫 번째 단계의 누적 신호들을 효과적으로 이용하는 방법에 대한 연구가 더욱 요구된다고 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 3GPP FDD, physical layer procedures, 3GPP RAN S1.14 V2.0.0 1999-4
- [2] 3GPP FDD, spreading and modulation, TS 25.213, V2.1.0 1999-4
- [3] Jakes, Microwave Mobile Communications, Wiley-Interscience, New York, 1974
- [4] J.G. Proakis, Digital Communications, McGraw Hill, Boston, Massachusetts, 1995