

# WiBro 시스템에서의 효과적인 셀 탐색 알고리즘

김경준, 황해광, 김광순  
연세대학교 전기전자공학부

{nemam2000, hwang819, kskim}@yonsei.ac.kr.

## An Efficient Cell Search Algorithm for WiBro Systems

Kyung Jun Kim, Hae Gwang Hwang, Kwang Soon Kim  
Dept. of Electrical and Electronic Engineering  
Yonsei University 134 Shinchonedong, Sudaemoon-gu Seoul, 120-749, Korea

### 요약

본 논문에서는 WiBro (Wireless Broadband Internet) 하향링크 시스템에서의 셀 탐색 알고리즘에 대해 생각해 보았다. 본 연구에서는 오류발생확률 (False Alarm Probability) 을 일정하게 유지 시키면서 기존의 셀 탐색 방법에 비하여 계산상의 복잡도를 줄여줄 수 있는 효과적인 셀 탐색 알고리즘을 제안하고 그 성능을 모의실험을 통해서 기존 셀 탐색 방법과 비교 분석해 보았다.

### I. 서론

최근에 무선 휴대 멀티미디어와 휴대 인터넷 서비스에 대한 요구가 급속도로 증가하고 이러한 요구들을 만족시키기 위한 많은 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 이러한 요구들을 만족 시킬 수 있는 시스템 중 하나가 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) 와 TDD 모드를 기반으로 하는 IEEE 802.16e 시스템이다. 따라서 현재 IEEE 802.16e 는 많은 관심을 받고 있으며 WiBro 라는 이름으로 상용화 되고 있다.

셀 탐색 알고리즘은 미리 알고 있는 셀 번호에 따른 특정 시퀀스와의 상관관계를 계산하여 가장 큰 값을 가지는 셀 번호를 찾는 알고리즘이다. 다음과 같은 셀 탐색은 통신을 시작 할 때 가장 우선적으로 수행되어야 되는 과정으로 셀룰러 이동통신 시스템에서 단말기와 기지국 간의 안정적인 데이터 송수신을 위한 연결 설정을 하기 위해서 현재 단말기가 위치하고 있는 셀의 번호를 찾는 것이 요구된다.

IEEE 802.16e OFDMA 시스템을 위한 셀 탐색 알고리즘 몇 개가 존재한다 [2]-[3]. [2]에서는 모든 셀 번호에 대해서 상관관계 값을 계산하는 소모적인 셀 탐색 방법이 제안 되었다. 이러한 셀 탐색 방법은 간단하지만 엄청난 계산상의 복잡도를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 [3]에서는 상관관계 값 계산시 상관 길이를 변화시킬 수 있는 적응 길이 상관관계 기법이 제안 되었고 어느 정도 계산상의 복잡도를 줄여줄 수 있음을 보였다.

본 논문에서는 효과적인 셀 탐색 방법이 제안 된다. 에너지 탐색 방법이 제안되어 기존의 셀 탐색 방법들이 가지고 있었던 높은 계산상의 복잡도 문제를 해결해주면서 셀 탐색 성능 역시 나빠지지 않는다는 것을 모의실험을 통해서 보였다.

### II. 시스템 모형

셀 번호에 상응하는 세그먼트 번호는 WiBro 시스템의 규약에 따라서 할당되게 된다 [1]. 셀 번호  $i$  와 세그먼트 번호  $s$  와의 관계는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$s = \begin{cases} 0 & i \in I_0 \{0 \dots 31, 96, 99, 102, 105, 108, 111\} \\ 1 & i \in I_1 \{32 \dots 63, 97, 100, 103, 106, 109, 112\} \\ 2 & i \in I_2 \{64 \dots 95, 98, 101, 104, 107, 110, 113\} \end{cases} \quad (1)$$

셀 탐색 시 사용하는 프리앰블의 부반송파들은 세그먼트 번호에 따라서 다음과 같이 할당되게 된다.

$$P^s = \{86 + s + 3q \mid q \in \{0, \dots, 283\}\} \quad (2)$$

여기서 86 은 좌측 보호 밴드 부반송파의 개수이다. 모든 프리앰블은 좌, 우측에 보호 밴드로 부반송파 86 개씩을 두고 있으며 DC 부반송파는 변조 되지 않고 적절한 PN 은 버려지게 된다. 위 수식 (2)에서 볼 수 있듯이 서로 다른 세그먼트를 사용하는 프리앰블들은 각기 다른 부반송파 집합을 사용하게 되므로 간섭으로 작용하지 않게 된다.

### III. 동기화 기법 및 셀 탐색 알고리즘

#### 1. 시간 동기 알고리즘

정확한 타이밍 추정을 위하여 Schmidl, Park 그리고 Ven de beek 방법이 사용되었다 [5]-[7]. 먼저 시간 영역에서 일정한 간격마다 Schmidl 방법을 이용한 초기 시간 동기 메트릭을 계산한다 [5]. 만약 초기 시간 동기 메트릭 값이 특정 임계치 이상이면 Park 과 Van de beek 이 제안한 방법을 동시에 사용하는 미세 시간 동기 방법을 이용하여 보다 더 정확한 타이밍을 추정하게 된다 [6][7]. 이와 같은 방법을 이용하여 Schmidl 과 Van de beek 방법들로부터 발생하는 추정의 불확실성과 Park 방법을 사용했을 때 발생하는 계산상의 복잡도 문제를 동시에 해결해 줄 수 있다.

#### 2. 주파수 동기 알고리즘

정확한 타이밍을 얻고 난 이후 Van De Beek 이 제안한 주파수 동기 방법을 이용하여 소수배 주파수 오차를 추정하고 보상해주었다 [7].

### 3. 에너지 탐색 방법

셀 탐색 과정 시 114 개 프리앰블 전체에 대해서 셀 탐색을 해야 된다는 기존 셀 탐색 알고리즘들이 가지고 있는 계산상 복잡도 문제를 해결하기 위하여 에너지 탐색 방법을 제안하였다.

$s$  번째 세그먼트의  $k$  번째 부반송파의 주파수 영역에서의 수신 신호를  $Y_k^s$  라고 한다면 에너지 탐색 메트릭은 다음과 같다.

$$\hat{s} = \arg \max_{s \in \{0,1,2\}} \sum_{k=0}^{K-1} |Y_{86+s+3k}^s|^2 \quad (3)$$

여기서  $K$  는 284 로 특정 프리앰블에 할당된 부반송파의 총 개수이다.

다음과 같은 에너지 탐색 방법을 사용하게 되면 셀 탐색 시 후보가 되는 셀 번호의 개수가 1/3로 줄게 되어 총 38 개의 셀 번호에 대해서만 셀 탐색을 수행하면 된다.

### 4. 채널 보상 알고리즘 및 셀 탐색 알고리즘

셀 탐색 시 채널 추정 및 보상이 동반되지 않으므로 주파수 선택적 페이딩으로 인한 성능 열화가 발생하게 된다. 따라서 서로 인접한 부반송파들은 거의 흡사한 채널 환경을 겪게 된다는 사실을 바탕으로 하여 차동 벡터를 셀 탐색 시 사용하여 성능 열화를 보상해 주었다.

수신 신호  $Y_k^s$  의 차동 벡터는  $R_k = Y_{2k}^s Y_{2k+1}^{s*}$  과 같고 주파수 영역에서 정규화된 셀 특정 프리앰블 패턴의  $j$  번째 셀의  $k$  번째 부반송파 신호를  $D_{j,k}$  라고 했을 때 이 신호의 차동 벡터는  $P_k = D_{j,2k} D_{j,2k+1}$  과 같다.

차동 벡터를 이용한 셀 탐색 메트릭은 다음과 같다.

$$\eta_j = \frac{\left\{ \frac{2}{K} \sum_{k=0}^{K/2} \text{Re}(R_k) P_{j,k} \right\}^2}{\frac{2}{K} \sum_{k=0}^{K/2-1} \{ \text{Re}(R_k) \}^2} \quad (4)$$

여기서  $j$  는 후보가 되는 셀 번호를 나타낸다.

추정된 셀 번호  $\hat{j}$  는 오류발생확률을 일정하게 유지시키기 위해서 다음 수식에서와 같이 특정 임계값  $\gamma$  과의 비교를 통해서 최종적으로 셀 번호를 추정하게 된다.

$$\hat{j} = \arg \max_{j \in I_s} \{ \eta_j > \gamma \} \quad (5)$$

## IV. 모의실험 결과 및 분석

### 1. 모의 실험 환경

모의 실험 시 10km/h 의 ITU-R Vehicular A 채널을 사용 하였으며 한 OFDM 심볼 동안은 채널이 변하지 않는다고 가정하였다. 또 셀 탐색 확률의 성능만을 평가하기 위하여 주파수 옵셋의 추정 및 보상은 안락하다고 가정하였다.

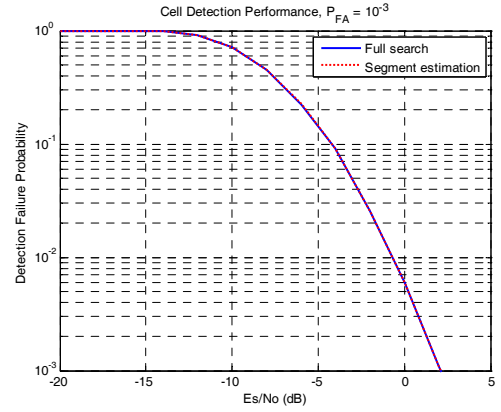


그림 1 셀 탐색 성능,  $P_{FA} = 10^{-3}$

### 2. 모의 실험 결과 및 분석

그림 1 은 오류 발생 확률이  $10^{-3}$  으로 일정하게 유지 될 때 114 개의 모든 셀 번호에 대해서 셀 탐색을 수행한 것과 에너지 탐색 방법을 사용하여 가장 큰 에너지를 가지는 세그먼트 번호를 추정하고 38 개의 셀 번호에 대해서만 셀 탐색을 수행하였을 때의 셀 탐색 성능에 대한 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 제안하는 에너지 탐색 방법을 이용하여 수행한 셀 탐색 성능이 모든 셀 번호에 대해 수행했을 때와 차이가 발생하지 않음을 알 수 있다. 따라서 제안된 셀 탐색 방법이 계산상의 복잡도를 1/3 로 줄이면서도 좋은 성능을 나타냄을 확인 할 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 WiBro 시스템의 하향링크를 위한 셀 탐색 알고리즘에 대해서 생각해 보았다. 셀 탐색 알고리즘 성능 분석을 통하여 제안한 셀 탐색 알고리즘이 계산상의 복잡도를 줄이면서도 좋은 셀 검출 성능을 나타냄을 보였다.

## 참고문헌

- [1] IEEE 802.16e/D5-2004, Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems - Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands, November 2004.
- [2] G.W Ji, D.W Lin and K.C Hung, "Research in initial downlink synchronization for TDD operation of IEEE 802.16e OFDMA," *Proc. Workshop Consumer Electronics Signal Processing*, Hsinchu, Taiwan, November 2006.
- [3] P. Cheng, Z. Zhang, X. Zhou, J. Li and P. Qiu, "A study on cell search algorithms for IEEE 802.16e OFDMA systems," *Proc. Wireless Communications and Networking Conference. (WCNC)*, vol 1, pp. 1848-1853, March 2007.
- [4] T.M. Schmidl and D.C. Cox, "Robust frequency and timing synchronization for OFDM," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 45, pp. 1613-1621, December 1997
- [5] B. Park, H. Cheon, C. Kang, and D. Hong, "A novel timing estimation method for OFDM systems," *IEEE Commun. Letters*, vol. 7, pp. 239-241, May 2003.
- [6] J.-J. Van De Beek, M. Sandell, and P.O. B'orjesson, "ML estimation of time and frequency offset in OFDM systems," *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 45, pp. 1800-1805, July 1997.