

비동기식 W-CDMA 시스템의 셀 탐색 (Cell Search)에 관한연구

김강은, 김병학, 김철성
전남대학교 컴퓨터공학과

E-mail : chskim@chonnam.chonnam.ac.kr

Cell Search In Asynchronous W-CDMA System

Kang-On Kim, Byong-Hak Kim, Cheol-Sung Kim

Dept. of Computer Engineering, Chonnam National University,

E-mail : chskim@chonnam.chonnam.ac.kr

Abstract

In this work, Cell search which is one of the important abilities of W-CDMA system in Reyleigh fading channel is studied by using Cell Secrcher of asynchronous IMT-2000 system(3GPP) and Cell search simulation. For the methods of cell search to optimize codes, three stages are considered: 1) slot synchronization, 2) frame synchronization, and 3) scrambling code identification.

It is found that key system parameters such as Primary Synchronization Channel (P-SCH), Secondary Synchronization Channel(S-SCH), and Common Pilot Channel (CPCH) loading factor are optimized. It is noted that the smaller Optimal threshold value, the larger SNR of the received singnal. Therefore, It is important that the optimal threshold value is selected in the region of SNR

1. 서론

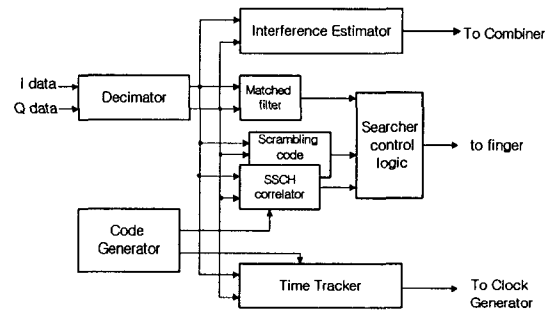
음성 및 데이터, 영상등을 포함하는 멀티미디어 서비스에 대한 품질 및 고속의 데이터 전송이 요구되어지는 제 3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000에 3GPP2와 3GPP가 채택되어, 최근 W-CDMA방식의 성능분석에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

3GPP2는 GPS와 같은 외부 시간 기준 장치를 이용해 모든 기지국의 Radio Frame의 경계를 일치시키는 기지국 동기식 시스템인 반면에, 현재 3GPP에서 개발 중인 비동기 W-CDMA의 가장 큰 특징은 모든 기지국의 10ms Radio frame 경계가 기지국 별로 독립적이고, 비동기 W-CDMA에서 정의되는 기지국 구분을 위한 PN 시퀀스의 개수는 512개로서 동기식의 PN 위상수와 동일하다.

광대역 CDMA(W-CDMA) 표준에 따른 셀 탐색은 코드와 시간 동기 과정을 포함한다. 이 과정은 다음과 같은 세 가지의 단계로 구성되어 있다.; 1) 슬롯 동기, 2) 프레임 동기와 scrambling 코드 그룹 식별, 3) scrambling 코드 식별.

본 논문에서는 1단계 셀탐색 방법을 matched filter의 최대값을 이용하여 Primary Synchronization Code(PSC) timing을 찾는 방법과 임계값을 이용하여 PSC timing을 찾는 두 가지 방법을 비교하였다. 또한 컴퓨터 모의실험을 통하여 SNR에 따른 평균 셀 탐색시간과 임계치를 이용한 셀 탐색시간에 관한 성능을 분석하였다.

2. 셀 탐색 (cell search)



[그림 1] 셀 탐색기 구조

단말기가 기지국으로부터 송신된 신호를 수신하기 위하여 자신이 포함된 기지국의 확산코드를 획득하는 과정을 셀 탐색과정이라 한다. 이런 셀 탐색과정은 전체 3단계의 과정을 통해 이루어지게 된다. 이는 1단계 슬롯 동기 탐색과정, 2단계 프레임 동기 및 코드 그룹 탐색 과정, 3단계 확산코드 탐색 과정으로 구성된다.[1][2][3]

1단계로, 슬롯 동기 탐색 과정은 위 블럭도의 matched filter에서 실행되며 동기채널(SCH)중에서 주 동기 채널 (Primary SCH)을 이용하여 2560chip마다 반복되는 슬롯

을 탐색하게 된다. 주 동기 채널에 이용되는 코드는 Generalized Hierarchical Golay 시퀀스로서, 자기 상관 특성이 우수하며 단말기의 복잡도를 줄일 수 있는 코드이다.

2단계로, 프레임 동기 및 코드 그룹 탐색과정은 위 블록도의 부 동기 채널(Secondary SCH) correlator 에서 수행된다. 프레임 동기 및 코드 그룹 탐색과정은 슬롯 동기 탐색 과정에서 획득한 슬롯에 타이밍 동기를 맞추고, 하나의 프레임동안 전송되는 부 동기 채널(Secondary SCH)의 시퀀스(SSC)를 탐색한다. 이 탐색 과정에서 하나의 코드 그룹과 해당 코드 그룹의 시퀀스 천이 양을 얻게 되는데, 하나의 코드 그룹은 8개의 셀로 이루어져 있으므로 탐색해야 할 셀이 전체 512개의 셀 중에서 8개의 셀로 줄어들게 되며, 또한 코드 그룹의 시퀀스 천이 양을 보정한 시각이 프레임 동기가 된다.[4]

3단계로, 확산코드 탐색과정은 위 블록도의 Scrambling code correlator 에서 수행되며, 앞 단계에 의해 해당 셀의 프레임 동기에 시각을 맞추고, 해당 셀의 파일럿 채널(CPICH)에 전송되는 scrambling code 와 8개 셀의 확산코드의 symbol-by-symbol correlation를 통해 해당 셀의 scrambling code를 탐색한다. 여기에서 사용되는 파일럿 채널은 Pre-defined symbol sequence에 OVSF(Cch,256,0 : all '1')와 scrambling code가 곱해지고, 변조되어 보내진다. 따라서 수신측에서 Pre-defined symbol sequence는 이미 알고, OVSF는 모두 1이므로 symbol-by-symbol correlation 을 취하면 scrambling code를 알 수 있다. 또한 파일럿 채널은 STTD 모드를 알려주기 위해 +1 또는 -1로 변조되어 있다. 따라서 탐색한 셀에서 어떤 전송 다이버시티 기법을 적용하였는지의 여부를 탐색하게 된다.[5]

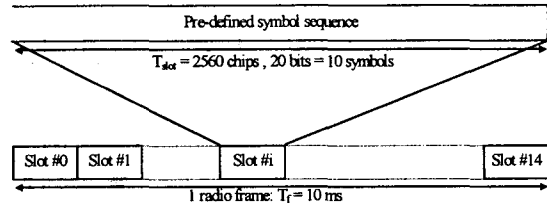
이상과 같은 과정을 통해 단말기는 셀을 탐색하고, 방송채널(BSC)의 전송 다이버시티 여부를 획득하고 난 후에 방송채널을 수신하여 시스템 파라미터를 얻어 통화를 시도하거나 혹은 대기 상태에 머무르게 된다.

3. Cell Search와 관련 채널

3GPP에서 cell search와 관련된 채널(CPICH, P-SCH, S-SCH)에 대한 타이밍 관계와 구조를 살펴보면 다음과 같다.[6]

1) Common Pilot Channel (CPICH)

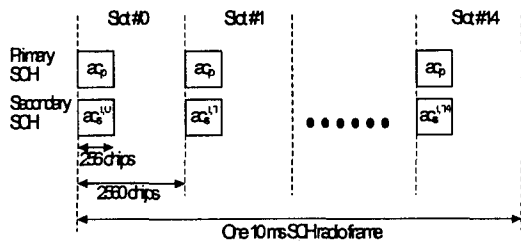
CPICH는 pre-defined bit/symbol sequence를 전송하는 fixed rate (30 kbps, SF=256) downlink physical channel이다.



[그림 2] 공통 파일럿 채널(CPICH)의 구조

2) Synchronisation Channel (SCH)

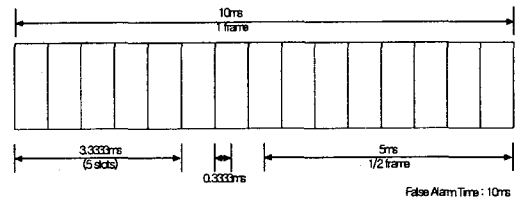
SCH는 cell search를 위해서 사용되는 downlink signal이다. Primary SCH는 길이가 256 chip인 Primary Synchronisation Code (PSC)로 변조된 code로 이루어져 있다. PSC는 system의 모든 cell에서 같다. Secondary SCH는 길이가 256 chip인 16개의 code를 이용하여 64개의 code 그룹을 구분한다.



[그림 3] 동기 채널(SCH)의 구조

4. 셀 탐색 시간

본 논문에서는 slot 동기를 찾기 위해서 먼저 5 slots를 관찰하고 여기서 임계값이나 최대값을 찾아 slot 동기를 맞추고, 그 다음 한 프레임을 관찰하여 프레임 동기를 맞춘다. 그런 다음 5 slots를 관찰하여 최종 셀 탐색을 확인한다. 물론 이런 과정들이 한번에 성공하면 최소시간은 3.3333+0.3333+10+5+3.3333=21.9999ms가 된다. 이렇게 정확하게 찾을 때까지 반복하여 셀을 찾게 되는 것이다. 그러나 한번에 찾지 못할 때마다, false alarm을 포함하여 28.6666ms의 시간이 추가로 드는 것을 알 수 있다. 여기서 processing time은 고려하지 않은 상태이다. [그림 4]는 각 과정에 따른 소요시간을 보여주고 있다.



[그림 4] 셀 탐색 과정에 따른 소요 시간

5. 컴퓨터 모의 실험

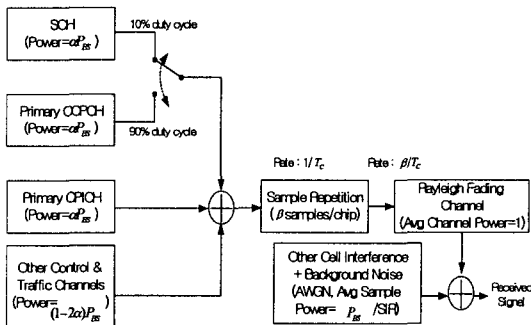
서로 다른 채널 상황에서 W-CDMA 시스템의 모의 실험 결과를 설명한다. 모의 실험 결과는 먼저 SNR에 따른 셀 탐색시간과 임계치를 이용하여 성능을 분석하였다.

본 논문에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템의 모의 실험을 위해서 다음 사항을 고려하였다.

1) 모의 실험 환경

- 가. Chip rate : 3.84 Mcps
- 나. 완벽한 Carrier sync.
- 다. 완벽한 Bit sync.
- 라. 완벽한 Power control
- 마. Rayleigh Fading Channel

2) 모의 실험 모델

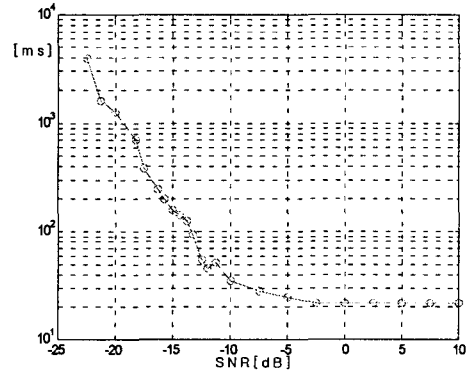


[그림 5] 셀 탐색 모의실험 모델

[그림 5]은 셀 탐색 모의실험 모델을 보여주고 있고, 채널은 레일리 분포를 갖는 광대역 다중경로 채널이 적용되었다. 수신 신호는 칩당 2 샘플($\beta=2$)이 취해진다. 전력 할당 비율은 파일럿 채널과 공통 제어 채널에 10%가 할당되는 것으로 가정하였고, 간섭 신호는 복소 가우시안 랜덤 프로세스로 가정하였다. 3단계로 구분되는 셀 탐색 과정에서 1단계는 5 슬롯을 관찰하여 슬롯의 시작을 찾는다. 2단계에서는 1 프레임 간격으로 검색하여 셀 그룹을 찾는다. 마지막 단계에서 5 슬롯을 관찰하여 셀을 구분한다.

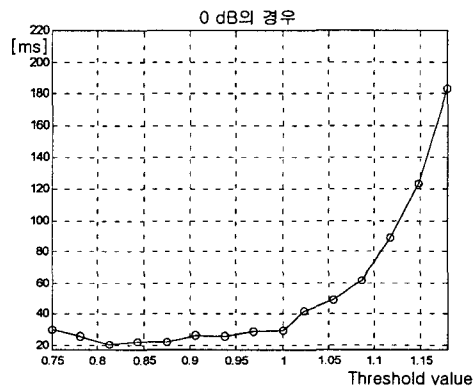
신호대 잡음비는 신호전력을 $\alpha=1$ 에 대해 잡음 전력을 다른 셀의 간섭신호와 배경 잡음으로 산정하였다. 그리고 모의실험에서 반송파의 동기는 맞은 것으로 가정하였으므로 반송파 주파수 오차는 고려하지 않았다. 펄스 성형 필터의 roll off γ 은 0.22로 하였다.

[그림 6]은 SNR에 따른 평균 셀 탐색시간에 대한 모의실험은 신호대 잡음비를 변화시키면서 탐색시간을 알아보는 것과 어떤 특정 신호대 잡음비에서 임계치를 바꾸어 가며 모의실험을 하여 적절한 임계치를 찾고자 하였다. [그림 6]는 셀탐색 과정의 1 단계에서 최대값을 이용한 평균 셀탐색 시간들의 SNR에 따른 변화를 보여주고 있다.



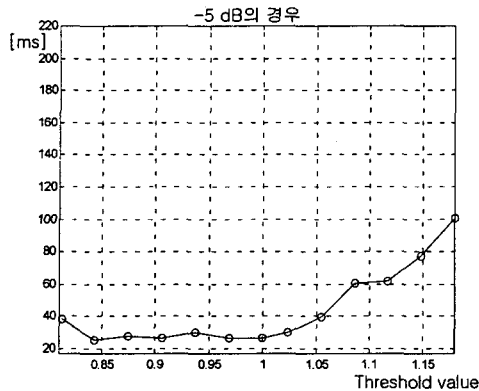
[그림 6] SNR에 따른 평균 셀 탐색시간

[그림 7, 8, 9]은 셀 탐색 모의실험의 두 번째로 신호대 잡음비(SNR)를 0dB, -5dB, -10dB로 고정후 평균 셀 탐색 시간을 임계값에 따라 도출한 결과를 보여주고 있다.

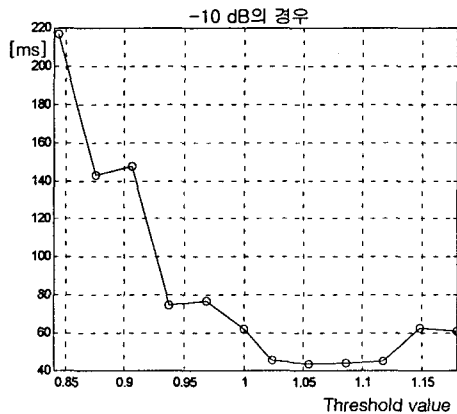


[그림 7] 0dB 경우 임계값 모의실험

그림에서 보면 알 수 있듯이 수신 신호의 S/N비가 클수록 최적 임계값이 작아짐을 알 수 있는데, 0 dB 에서 약 0.82, -5 dB 에서 약 0.98, -10 dB 에서 약 1.05이 적절한 임계값임을 알 수 있다. 여기에서 표현된 임계값은 상관기 적분구간 256 chip 에 대해 정규화된 값이다.



[그림 8] -5dB 경우 임계값 모의실험



[그림 9] -10dB 경우 임계값 모의실험

첫 번째 최대값을 선택하는 모의실험에서 0, -5, -10 dB 에서 평균 셀 탐색시간은 각각 약 21, 25, 35ms 임을 알 수 있고, 두번째 Threshold value에 따른 모의실험에서 0, -5, -10dB 에 대한 최적의 임계값은 각각 0.82, 0.98, 1.05 이고, 셀 탐색시간은 각각 약 20, 26, 45[m sec] 정도임을 알 수 있다. 따라서 0 ~ -10dB의 신호대 잡음비 영역에서 적절한 임계치 0.9~0.95를 구하였다.

6. 결론

본 논문에서는 비동기 방식 IMT-2000 시스템(3GPP) 셀 탐색기와 셀 탐색 모의실험 모델을 이용하여 레일리 페이딩 채널 환경에서 W-CDMA 시스템의 가장 중요한 기능중 하나인 셀 탐색에 관하여 연구하였다. 모의 실험은 셀 탐색과정에서 신호대 잡음비에 따른 탐색 시간에 대한 결과와 임계값에 따라 0 dB ~ -10 dB까지 변화시켜 가면서 모의 실험한 값을 도출하였다.

그림에서 보면 알 수 있듯이 수신 신호의 S/N가 클수록 최적 임계값이 작아짐을 알 수 있는데, 0 dB 에서 약 0.82, -5 dB 에서 약 0.98, - 10 dB 에서 약 1.05이 적절한 임계값임을 알 수 있다. 따라서 0 ~ -10dB의 신호대 잡음비 영역에서 적절한 임계치를 선택하는 것이 중요하다.

본 연구는 앞으로 상용화를 앞둔 비동기 방식 IMT-2000 시스템의 테스트에서 성능 분석시 중요한 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대되고, 이와 같이 실질적인 환경에 근거한 분석결과는 W-CDMA의 표준에 따른 셀 탐색은 코드와 시간 동기애 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

7. 참고문헌

- [1] Byoung-Hoon Kim, Byeong-Kook Jeong, And Byeong-Gi Lee, Application of Correlation-Aided DSA(CDSA) Technique to Fast Cell Search in IMT-200 W-CDMA Systems, Journal Of Communication And Networks, VOL.2, NO.1, March 2000.
- [2] Yi-Pin Eric Wang, Tony Ottosson, "Cell Search in W-CDMA", IEEE JOURNAL ON SELECTED AREA IN COMMUNICATIONS, VOL.18, NO.8, August 2000.
- [3] Kenichi HIGUCHI, Mamoru SAWAHASHI, and Fumiyuki ADACHI, "Experiments on Fast Cell Search Algorithm Using Scrambling Code Masking for Inter-Cell Asynchronous W-CDMA System", IEICE TRANS. FUNDAMENTAL, VOL.E83-A, NO.11 November 2000.
- [4] Young-joon Song, "Frame Synchronization Confirmation Technique Using Pilot Pattern", JOURNAL OF COMMUNICATION AND NETWORKS, VOL.2, NO.1, March 2000.
- [5] 3GPP Technical Specification Group/RAN "Spreading And Modulation(FDD)" TS 25.213, V3.2.0, March 2000.
- [6] 3GPP Technical Specification Group/RAN "Physical Channels And Mapping of Transport Channels onto Physical Channels(FDD)", TS 25.211, V3.2.0, March 2000.

본 논문은 (주)DXO 프로젝트 수행된 결과의 일부임.