

主 題

코드위치변조(CPM) 기술을 이용하는 셀 탐색 알고리즘

신세기통신 김일규, 이상욱, 박용길, 임병우, 이상길

차 례

- I. 개요
- II. 기존 W-CDMA 방식의 셀 탐색 알고리즘
- III. 코드위치변조를 이용한 셀 탐색 알고리즘
- IV. 시뮬레이션 환경 및 수신기 파라미터
- V. 시뮬레이션 결과
- VI. 결론

I. 개 요

본 논문에서는 차세대 이동통신(IMT-2000)의 지상부분 무선전송기술로 유력한 후보 다중 접속 기술인 기지국 비동기식 광대역 직접시퀀스 코드 분할 다중 접속(이하 "W-CDMA"라 함) 방식을 위한 순방향 링크 동기채널 구조 및 셀 탐색 방법을 제안하고 시뮬레이션을 통해 제안된 방식의 성능을 검증한다.

IS-95 표준 기반의 동기식 W-CDMA시스템은 GPS와 같은 외부 시스템으로부터 공통 시간정보를 수신하여 모든 기지국이 프레임 동기를 맞추어 동작을 하는데 반해 비동기식 W-CDMA방식은 모든 기지국의 프레임 시간이 독립적이다. 비동기 W-CDMA방식의 경우 GPS 수신기와 같은 별도의 수신장치가 필요하지 않아 실내 소형셀등 다양한 형태

의 기지국 설치가 용이한 반면 이동국의 셀 탐색 절차, 특히 핸드오버시의 인접셀 탐색 절차가 복잡해질 수 있다는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 코드위치변조(CPM)기술은 순방향 링크에 2개의 동기채널을 두는 기존의 방식과는 달리 1개의 동기채널만을 이용해 프레임 동기를 획득하는 방법으로서 '98 4/4 분기에 국내 한국통신기술협회(TTA) 산하 IMT-2000 무선전송기술 연구반 회의에서 2번 발표되었고 발표결과 국내 제조업체 및 사업자들로 부터 우수한 기술로 인정되어 TTA 이름으로 국제 표준화기구에 제안할 수 있음을 승인받았다. 일본의 표준화 기구인 ARIB 및 유럽의 표준화 기구인 ETSI에 기본개념을 발표했고[1,2,3], 현재 비동기 W-CDMA기반의 IMT-2000무선전송기술 규격개발을 위해 구성된 국제 표준화 기구인 3GPP(3rd Generation

Partnership Project) Working Group 1산하에 Ad Hoc 12에서 기존 기술과의 비교를 위한 기술토론이 진행중이다[4].

II. 비동기 W-CDMA 방식의 셀 탐색 알고리즘

IMT-2000의 지상부분의 무선 다중 접속 기술로서 현재 세계 여러 국가에서 개발중인 W-CDMA 방식에는 크게 북미 지역을 기반으로 3GPP2에서 개발중인 기지국 동기식 W-CDMA 방식과 일본 및 유럽을 중심으로 3GPP에서 개발중인 기지국 비동기식 W-CDMA 방식이 있다.

국내에서는 현재 ETRI를 중심으로 두가지 방식 모두 개발중이다. 기지국 동기 방식은 모든 기지국의 기지국 시간을 임의의 기준 시간(절대시간)에 정렬함으로써 이동국으로 하여금 시스템 시간 획득 및 핸드오프를 수월하게 한다. 반면에 모든 기지국이 기준 시간을 자기 위치 추적 장치(Global Positioning System : 이하 "GPS"라 함) 와 같은 외부 시스템으로 부터 제공을 받아야 하기 때문에 다양한 형태의 기지국 설치가 어렵다는 단점이 있다. 그림 1은 기지국 동기식 셀룰라 시스템의 일례를 나타낸다.

한편 기지국 비동기 방식은 시스템 기준시간이 필요하지 않기 때문에 여러 형태의 기지국 설치가 용이한 반면 이동국의 파일럿 획득 절차 및 핸드오프 절차등이 동기방식에 비해 복잡해질 수 있는 단점이 있다.

일반적으로 기지국 동기방식이 절대시간에 대한 동일 코드의 위상차(offset)로 각 기지국을 구별하는데 반해 기지국 비 동기 방식은 서로 다른 코드를 이용하여 각 기지국을 구별한다. 그림 2는 기지국 비동기식 CDMA 셀룰라 시스템의 일례를 나타낸다.

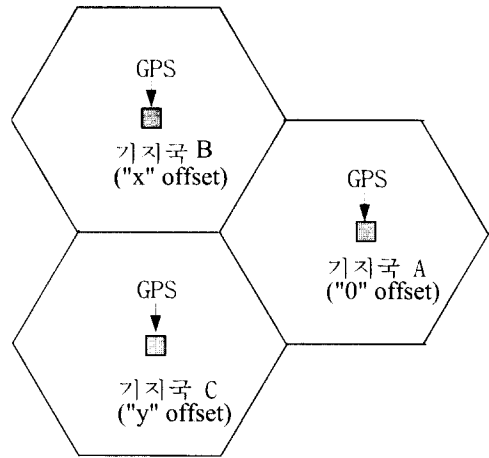


그림 1. 동기식 CDMA 셀룰라 시스템

이와 같은 기지국 비동기식 W-CDMA의 이동국 셀 탐색시간을 줄이기 위해 3GPP W-CDMA 방식은 순방향 링크에서 2개의 동기채널을 사용한다. 그림3은 3GPP W-CDMA 방식의 순방향링크의 동기채널 구조를 나타낸다.

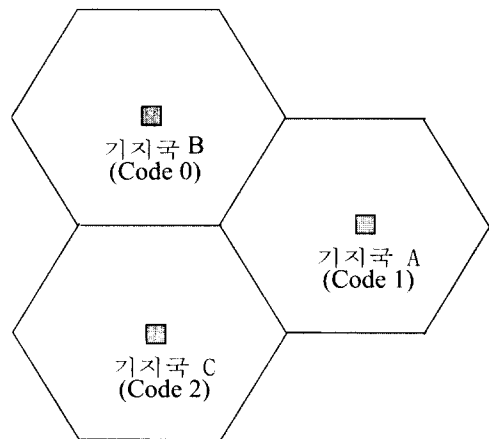


그림 2. 비동기식 CDMA 셀룰라 시스템

3GPP W-CDMA 방식은 기지국별 서로 다른 확산코드로 각 기지국을 구별하는데, 시스템에서 사용되는 확산코드의 수는 512개이다. 앞에서 언급했

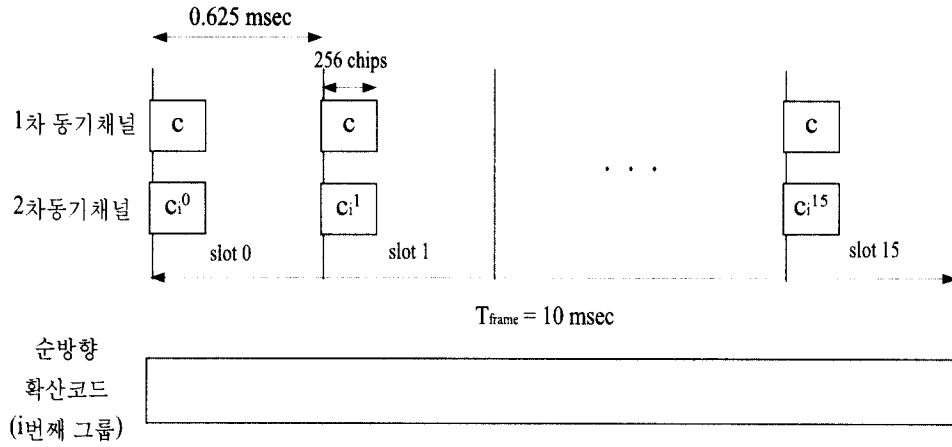


그림 3. 비동기 W-CDMA 방식의 순방향 동기채널 구조(칩 레이트:4.096Mcps)

듯이 3GPP W-CDMA 방식은 IS-95 동기식 CDMA 방식과 달리 서로 다른 코드로 각 기지국을 구별하기 때문에 이동국의 탐색구간(Uncertainty region)이 매우 크다. 이러한 탐색구간의 크기를 줄이기 위해 3GPP 방식은 그룹핑 개념을 도입하고 순방향링크에 2개의 동기채널을 둔다.

그림 3의 3GPP W-CDMA 순방향 동기채널 구조에서 1차 동기채널은 변조되지 않은 256칩 길이를 갖는 hierarchical 코드로 구성되어 있으며[5] 매 슬롯(0.625 msec) 마다 슬롯 경계에서 1개씩 전송된다. 그림에서 c는 1차 동기채널 코드를 나타낸다. 3GPP W-CDMA 방식에서 1개의 프레임은 10 msec이며 scrambling 코드 길이와 일치한다. 1차 동기채널 코드는 매 슬롯마다 1개씩, 즉, 1 프레임당 16번 반복 전송되며 시스템의 모든 기지국은 1차 동기채널 코드로 동일 코드를 사용한다. 1차 동기채널은 이동국에게 슬롯 시작점에 대한 정보를 제공한다. 즉 셀 탐색 1단계에서 이동국은 1차 동기채널코드에 대한 정합필터를 이용하여 신속히 슬롯 시작점을 찾아낸다.

그림 3에서 2차 동기채널은 256칩 길이를 갖는

무변조 Hadamard 코드의 16개의 시퀀스로 이루어져 있고[6], 16개의 시퀀스 각각은 1차 동기채널 코드와 정렬된다. 각각의 2차 동기채널 코드는 17개의 원소로 이루어진 Hadamard 코드 집합으로부터 선택된다($c_i^k \in \{0,1,2,\dots,16\}, k \in \{0,1,2,\dots,15\}$).

2차 동기 채널의 코드 시퀀스는 현 기지국이 사용하고 있는 긴 코드(long scrambling code)가 속한 코드그룹 i에 대응된다. 시스템에서는 총 512개의 서로다른 긴 코드가 존재하고, 이것을 32개의 긴 코드 그룹으로 나누는데 각각의 그룹은 2차 동기채널의 시퀀스에 의해서 구별된다. 즉, 전체 시스템에는 32개의 서로다른 2차 동기채널 코드 시퀀스가 존재하는데 2차 동기채널 시퀀스는 알파벳 크기가 17이고 길이가 16인 일종의 코드호핑 시퀀스로서 (16,3) Reed-Solomon 코드를 사용한다[7]. 부록 A에 현재의 3GPP W-CDMA에서 정의하는 2차 동기 채널의 32개의 시퀀스를 나타내었다.

부록 A의 32개의 시퀀스는 길이가 16이며 Minimum Hamming distance가 14이다. 또한 Hamming distance 14는 모든 cyclic shift에 대해서도 만족한다. 2차 동기채널 시퀀스의 이러한 특징 때문에 2차 동기채널 시퀀스는 "Comma

free code"라 불리우며 이동국 셀 탐색 2단계에서 긴코드 그룹과 10 msec프레임 시작점을 확실적으로 결정하는데에 사용된다.

1차 동기채널과 2차 동기채널은 직교성이 만족된다. 반면에 1차 동기채널 및 2차 동기채널과 다른 채널간에는 직교성이 만족되지 않는다.

그림 3의 기 제안된 방식에 있어서 이동국의 초기 동기 획득 절차는 3단계로 구성된다. 1단계에서 이동국은 1차 동기 채널에 대한 정합필터(혹은 유사한 장치)를 이용하여 경로 손실이 가장 적은 기지국에 대한 슬롯의 시작점을 찾는다. 1단계에서 1차 동기 채널을 이용하여 슬롯의 시작점을 찾은 이동국은 2단계에서 2차 동기채널을 이용하여 긴 코드 그룹 정보 및 10 msec 프레임의 시작점에 대한 정보를 획득하는데 이것은 1단계에서 얻은 슬롯 위치에서 수신되는 신호를 17개의 가능한 2차 동기채널 코드에 대한 상호상관을 수행하므로써 얻어진다. 2단계의 절차를 좀더 자세히 설명하면 다음과 같다.

기제안된 방식의 2단계에서 이동국은 32개의 가능한 시퀀스와 그 시퀀스들 각각이 가질 수 있는 16개의 cyclic shift를 포함 총 512개의 시퀀스에 대한 결정변수를 계산하게 되는데 결정 변수들은 각각 16개의 2차 동기채널 위치에서 17개의 상관기 출력들을 해당 결정변수에 일치하는 시퀀스에 대하여 논코히런트하게 더함으로써 얻어진다. 이렇게 해서 512개의 결정변수중 최대값을 취함으로써 이동국은 긴코드그룹 및 프레임 동기를 동시에 획득하게 된다 [7].

3단계에서 이동국은 전 단계에서 얻은 프레임 시작점 및 긴 코드 그룹정보를 이용하여 긴코드의 종류를 신속히 알아낼 수 있다. 즉, 2단계에서 얻은 긴 코드 그룹에 해당하는 16개의 긴코드를 2단계에서

얻은 프레임의 시작점부터 상호상관을 취한 후 이중 최대값이 미리 설정해 놓은 임계치를 넘을 경우 이동국은 그 최대값을 갖는 긴 코드를 현 기지국이 순방향 링크의 대역확산을 위해 사용하는 긴코드라 선언한다. 이로써 이동국은 현 기지국의 프레임 동기 및 긴코드의 정보를 획득한다.

위에서 언급된 방식의 가장 큰 단점은 두개의 동기채널이 필요하다는 것이다. 또한 2단계 탐색시 이동국은 17개의 병렬 상관기(parallel correlator)가 필요하게 되어 복잡도가 증대된다는데에 있다. 17개의 병렬상관기는 호 설정이후에도 핸드오프를 위해 이웃셀을 계속 탐색해야 하는데에 사용되어야 하기 때문에 이동국의 전력소모가 많게되는 단점이 있다. 또한 17개의 병렬 상관기의 연산량은 칩레이트와 비례하기 때문에 칩레이트가 높을 때 (8.192 혹은 16.384 Mcps)에는 더욱더 전력소모가 많게 된다.

이 외에도 인접셀로부터의 수신 신호의 슬롯 경계면(0.625 msec)이 홈셀로부터의 수신신호의 슬롯 경계면과 1 칩 이내로 겹쳐 있을 경우, 이동국 유희상태 혹은 활성상태에서 이동국의 인접셀 탐색 성능이 매우 저하되는 worst case가 존재한다.

III. 코드위치변조를 이용한 셀 탐색 알고리즘

본 논문에서 제안하는 방식은 1개의 동기채널만 이용하되 슬롯 시작점에 대한 동기채널 코드의 위치를 이용해 긴 코드의 코드 그룹 정보 및 프레임 시작점에 대한 정보를 제공하는 방법이다. 그림 3의 기 제안된 방식이 R-S코드와 같은 M진 도약 코드를 2차 동기채널의 코드 도약을 위해 사용된 반면 본 제안에서는 1개의 동기채널의 시간도약을 위해 사용된다. 즉, 본 제안의 순방향 링크에서는 1개의 동기채

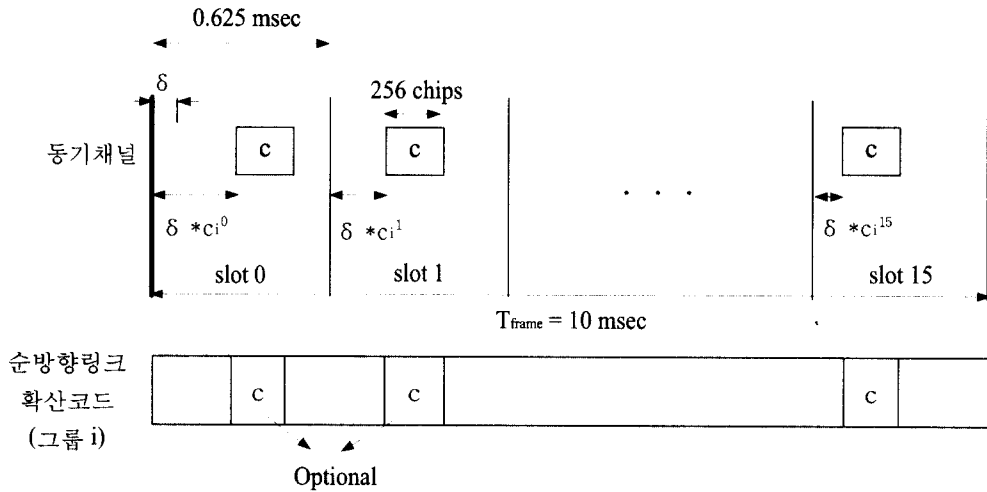


그림 4. 제안하는 코드위치변조(CPM) 방식의 순방향 동기채널 구조(칩 레이트:4.096Mcps)

널만 필요하고 2단계를 위한 별도의 병렬 상관기가 필요 없다. 또한 이동국의 셀탐색 1단계 및 2단계에서 동일한 1개의 동기채널 코드 신호를 이용하기 때문에 SNR 관점에서 기제안된 방식에 비해 3dB 이득이 있다.

그림 4는 본 논문에서 제안하는 CPM방식의 임의의 한 기지국의 순방향 동기 채널 구조를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 본 제안의 순방향 동기채널은 오직 1개 이다. 그림에서 동기 채널은 변조되지 않은 256칩 길이를 갖는 1개의 2진 코드로 구성되어 있으며 매 슬롯마다 1개씩 전송된다. 여기서 한 프레임은 기존 방식과 마찬가지로 16개의 슬롯으로 나누어진다.

그림 4에서 각 슬롯은 또한 여러 개의 미니슬롯으로 나누어진다. 미니슬롯의 길이는 δ 이다. δ 는 임의의 양의 정수이며 본 제안을 실제 시스템에 응용할 때 필요에 따라 변경할 수 있는 파라미터 값이다. 본 논문에서는 일례로서 128 칩을 미니슬롯 길이로 사용한다. 따라서 슬롯당 미니슬롯의 갯수는 20이다.

본 제안에 있어서 매 슬롯의 동기채널 코드의 위치는 현 기지국이 속한 긴코드 그룹에 대응되는 시간도약코드의 각 코드 요소에 일치하는 값으로 주어진다. 여기에서 사용되는 시간도약코드의 길이는 프레임당 슬롯 수의 길이 16과 같으며 각 시간도약코드 요소의 알파벳 크기 M 은 슬롯내에 있는 미니슬롯의 수와 같거나 작다. 본 논문에서는 시간도약코드의 알파벳 크기로서 17을 사용한다.

본 제안에서 사용되는 시간도약코드시퀀스는 II장에서 설명한 슬롯 단위의 cyclic shift 이외에도 미니슬롯 단위의 cyclic shift에 대해서도 상호상관특성이 좋아야 한다. 부록 B에 위의 조건을 만족시키는 CPM방식을 위한 시간도약코드를 제시하였다(부록 A에서 제시된 comma free 코드는 미니슬롯 단위의 cyclic shift에 대한 상관특성이 좋지 않다).

앞에서 언급한 그림 4의 제안 방식에 있어서 이동국의 초기 동기 획득 절차는 3단계로 구성된다. 1단계에서 이동국은 동기 채널 코드에 대한 정합필터를 이용하여 경로 손실이 가장적인 기지국에 대한 프레

임 내 16개의 동기채널 코드의 위치중에 임의의 하나의 시작점(미니슬롯의 시작점)을 획득한다. 본 발명에서는 기제안된 방식과는 달리 이동국이 슬롯(0.625 msec)의 시작점을 알 필요가 없다.

1단계에서 동기채널정합필터 혹은(유사한 장치)를 이용하여 미니슬롯의 시작점을 찾은 이동국은 2단계에서 현재의 미니슬롯의 시작점 이후 한 프레임 시간 동안 매 미니슬롯클럭위치(즉, 매 δ 칩)에서의 정합필터의 출력값을 이용하여 긴 코드 그룹정보 및 10 msec프레임의 시작점에 대한 정보를 획득한다. 즉, 기존의 3GPP W-CDMA방식과는 달리 본 제안의 CPM 수신기는 2단계에서 별도의 병렬상관기가 필요없다. 2단계의 절차를 좀더 자세히 설명하면 다음과 같다.

시간도약코드시퀀스의 모든 가능한 cyclic shift 정보(32×16 개의 시퀀스 정보)를 가지고 있는 이동국은 이 정보와 매 미니슬롯 클럭위치에서의 동기채널 코드정합필터 출력값들을 이용하여 긴 코드 그룹 및 프레임동기를 획득한다. 즉, 이동국은 512개의 시퀀스 각각에 해당하는 결정변수(decision variable)를 한 프레임(혹은 그 이상)에 걸쳐 계산을 하게되는데 각각의 결정변수는 해당 코드시퀀스의 각 요소에 해당하는 상대적인 위치(여기서 상대적인 위치는 각각의 시간도약코드시퀀스의 첫번째 요소값에의해 주어지는 상대적인 위치임)에서의 정합필터의 출력값을 논 코히런트(non-coherent)하게 더함으로써 구해진다. 즉, 각각의 결정변수는 매 슬롯에서 1개씩 선택된 16개의 정합필터 출력값의 합이다. 이동국은 512개의 결정변수중 최대값을 선택하므로써 코드그룹 및 프레임의 시작점에 대한 정보를 획득한다.

3단계에서 이동국은 전 단계에서 얻은 프레임 위치정보 및 긴 코드 그룹정보를 이용하여 긴코드의 종류를 신속히 알아낼 수 있다. 즉, 2단계에서 얻은

긴 코드 그룹에 해당하는 16개의 긴코드들에 대해 2단계에서 얻은 프레임의 시작점부터 상호상관을 취한 후 이 중 최대값이 미리 설정해 놓은 임계치를 넘을 경우 이동국은 그 최대값을 갖는 긴 코드를 현 기지국이 순방향 링크의 대역확산을 위해 사용하는 긴 코드라 선언한다. 이로써 이동국은 현 기지국의 프레임 동기 및 긴코드의 정보를 획득한다.

CPM 방식의 수신기의 2단계의 절차를 좀더 쉽게 설명하기 위해 시스템에서 사용되는 긴 코드 그룹의 수가 2이고 프레임당 슬롯 수가 4인 경우를 예를 들어서 설명한다.

Example)
 긴 코드 그룹 수 = 2
 프레임당 슬롯 수 = 4
 미니슬롯 수 = hopping 코드 알파벳 사이즈 = 5
 그룹1을 위한 도약코드 = (1 3 3 4)
 그룹 2을 위한 도약코드 = (4 0 2 1)
 전체 code/shift 집합 =>
 (1334) (4133) (3413) (3341)
 (4021) (1402) (2140) (0214)
 time shift (slots) : 0 1 2 3

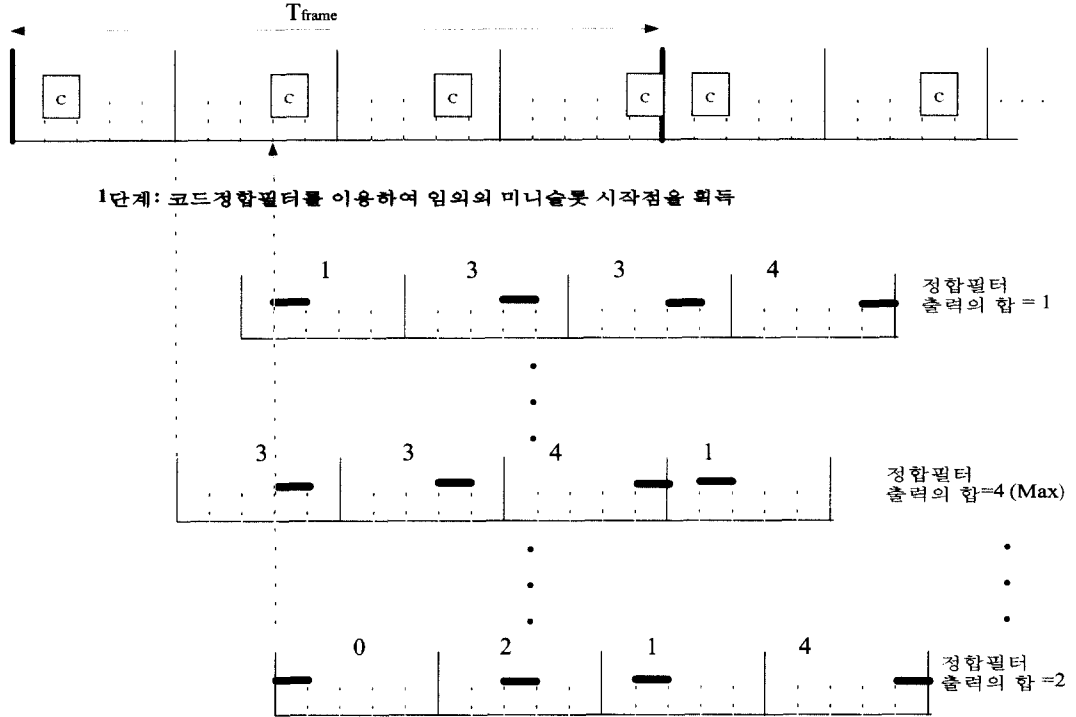
다음 장의 그림 5는 위의 예)에 대한 CPM 수신기의 Cell 탐색 절차를 나타낸다.

IV. 시뮬레이션 환경 및 수신기 파라미터

4.1 무선채널 모델

기존 방식과 본 제안의 CPM방식과의 셀 탐색 성능을 비교하기 위해 우선적으로 고려해야 할 채널 모델은 이동국의 속도에 따른 시변(Time vary-

코드그룹 1 (1 3 3 4) 을 갖는 동기채널 신호



2단계: the receiver accumulates the common code matched filter outputs at the minislot position corresponding to each sequence/shift pair of hopping code elements, and calculate the decision variables, by selecting the maximal value among 8 decision variables, the mobile station can identify the long code group and the time shift uniquely.

그림 5. 제안하는 코드위치변조(CPM) 방식의 이동국의 셀 탐색 절차

ing) Rayleigh 페이딩 채널 모델이다. 본 논문에서는 이동국 속도가 저속일 때(3km/hr) 와 고속일 때(60km/hr)를 모두 고려한다. 또한 IMT-2000 주파수 대역인 2GHz를 중심 주파수로 고려한다. 다음은 본 논문의 시뮬레이션을 위한 파라미터이다.

- 3 km/hr and 60 km/hr 이동국속도
- Single cell 1 path
- 2GHz 캐리어 주파수
- 칩당 1 샘플
- No frequency error
- 다른 셀 및 다른 채널의 간섭은 가우시안으로

모델

- 3GPP 방식에서 1차동기채널 및 2차 동기채널에 할당된 전력은 동일하다고 가정

SNR은 수신되는 동기채널코드의 심볼에너지 대 전체 잡음비로 정의 된다. 즉 CPM 방식의 경우에는

$$SNR_{CPM} = E / I \quad (1)$$

로 정의되고 3GPP 방식의 경우에는

$$SNR_{3GPP} = (E_F + E_S) / I \quad (2)$$

로 정의된다.

(1)식에서 E는 CPM방식의 동기채널의 코드심볼 (256칩) 에너지이고 (2)식에서 E_F 및 E_S 는 각각 3GPP방식의 1차 동기채널 및 2차 동기채널의 코드 심볼(256칩)에너지이다. I는 전체 잡음 밀도이다.

3GPP 방식과 CPM방식의 성능의 공정한 비교를 위해 동기채널에 할당된 전체 전력은 동일하다고 가정한다.

$$E = E_F + E_S \quad (3)$$

4.2 시스템 파라미터

본 논문의 시뮬레이션에 사용된 두 방식의 시스템 파라미터를 표 1에 나타내었다. 표 1에 나타낸 3GPP 방식의 파라미터는 현재의 3GPP W-CDMA 규격(draft version)에서 사용되는 파라미터 이고 CPM방식의 파라미터는 CPM 방식이 3GPP 표준에 채택되었을 경우 우선적으로 사용될 수 있는 파라미터이다.

	3GPP	CPM
칩 레이트(Mcps)	4.096	4.096
슬롯당 미니슬롯수	---	20
코드 alphabet size	17	17
도약코드(R-S 코드)	부록 A	부록 B
긴 코드 수	512	512
긴 코드 그룹 수	32	32
동기채널 수	2	1
동기채널 코드길이	256칩	256칩

표 1. 시뮬레이션을 위한 시스템 파라미터

4.3 수신기 동작

표 1의 파라미터를 갖는 3GPP 방식 및 CPM방식의 실제 수신기는 셀 탐색 성능을 높이기 위해 일종의 다이버시티 기술을 도입한다.

4.3.1 3GPP 방식

본 시뮬레이션에 사용된 수신기의 동작은 3GPP W-CDMA의 셀 탐색방법의 제안자(Proponent)의 권고에 기반을 둔다.

1단계에서 3GPP방식의 수신기는 48개의 슬롯 (3 프레임)에 해당하는 시간 동안 정합필터 출력을 논코히런트하게 더한다. 즉, 칩당 1샘플을 가정했을 때, 매 슬롯에서의 2560개의 샘플을 48슬롯에 걸쳐 accumulation한다. 그림 6에 3GPP 방식의 수신기의 셀 탐색을 위한 타이밍 차트를 제시하였다.

3GPP 방식의 수신기는 1단계에서 얻어진 2560개의 후보 (candidate)값 중 최대치에 해당하는 위치에 대하여 2단계 Hypothesis test를 수행한다. 즉, II장에서 언급했듯이 2단계에서 매 슬롯마다 발생하는 17개의 상관기 출력을 이용하여 512개의 결정변수를 계산한다. 3단계에서는 2단계에서 계산된 512개의 결정변수중 최대값에 해당하는 그룹에 속한 16개의 긴코드 병렬상관기를 이용해 최종적으로 현 기지국이 사용하는 긴 코드를 획득하게 된다. 만일 3단계에서 거짓 위상이 검출되면 그림 6에서 처럼 앞의 과정을 반복한다.

본 논문에서는 시뮬레이션을 수월하게 하기 위해

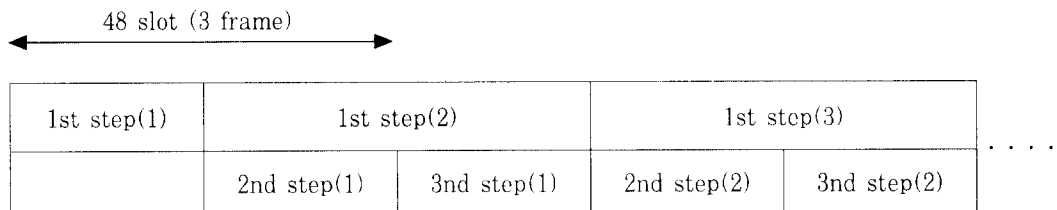


그림 6. 3GPP W-CDMA 방식의 수신기의 셀 탐색 타이밍 차트

칩당 1샘플을 가정했는데 실제 환경에서는 반칩이내로 동기를 맞추기 위해서 칩당 2샘플이 필요하다. 이경우 현재의 3GPP 방식은 4.096 Mcps 칩레이트에 대해 1단계에서 5120개의 샘플을 저장할 메모리가 필요하다. 칩레이트가 16.384Mcps 일 경우에는 20480개의 샘플을 저장할 메모리가 필요하게 된다.

4.3.2 CPM 수신기

3GPP 방식이 셀 탐색 성능을 높이기 위해 논코히런트 equal gain combining 다이버시티기술을 도입하는데 반해 CPM 수신기는 셀 탐색 성능을 높이기 위해 일종의 선택 다이버시티기술을 도입한다. 그림 7에 선택 다이버시티 기술을 도입하는 CPM수신기의 타이밍 차트를 나타내었다.

CPM 수신기는 1단계에서 매 슬롯당 2560샘플 값중 1개의 최대치를 선택한다. 따라서 1프레임당 16개의 최대치가 존재하는데 이중에서 큰 값부터 차례로 L개의 최대치를 선택하여 각각에 대하여 III장

에서 언급한 2단계 Hyperthesis test를 수행한다. L개의 2단계 branch는 각각 20msec (2프레임)후에 512개의 결정변수 중 1개의 최대값 선택하고 최종적으로 이동국은 L개의 최대값중 1개를 선택하여 그 값에 해당하는 프레임 시작점 및 긴 코드 그룹에 대하여 3단계 절차를 수행한다. 그림 8는 CPM 수신기의 전체적인 타이밍 차트를 나타낸다.

다음장에서 제시하겠지만 L값과 CPM방식의 셀 탐색 성능은 비례한다. 또한 L값이 커질수록 2단계의 연산량과 결정변수값을 저장할 필요한 메모리도 늘어난다.

초기동기획득 모드에서는 이동국은 현 기지국이 속한 그룹에 대한 사전 정보(a priori information)가 없기 때문에 L개의 branch 각각에 대해 2단계 Hyperthesis의 갯수는 512개이다. 이 경우, 4.096 Mcps의 칩 레이트를 가정했을 때, L이 4~8일 때의 CPM방식의 2단계의 연산량 및 필요한 전체 메모리 크기가 현 3GPP 셀 탐색 방식과 유

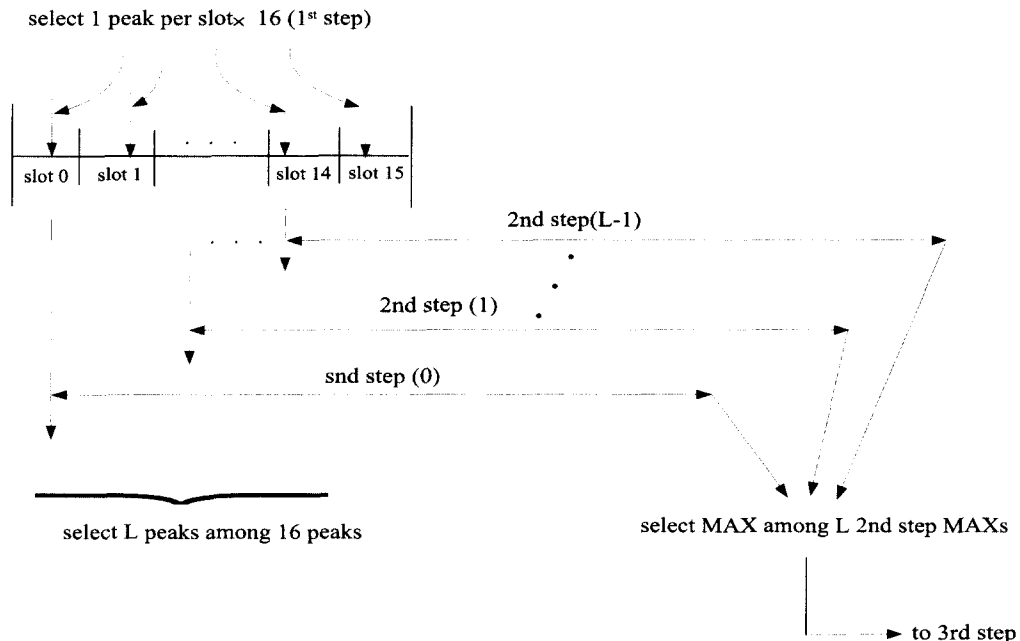


그림 7. 선택 다이버시티 기술을 도입하는 CPM 수신기의 타이밍 차트

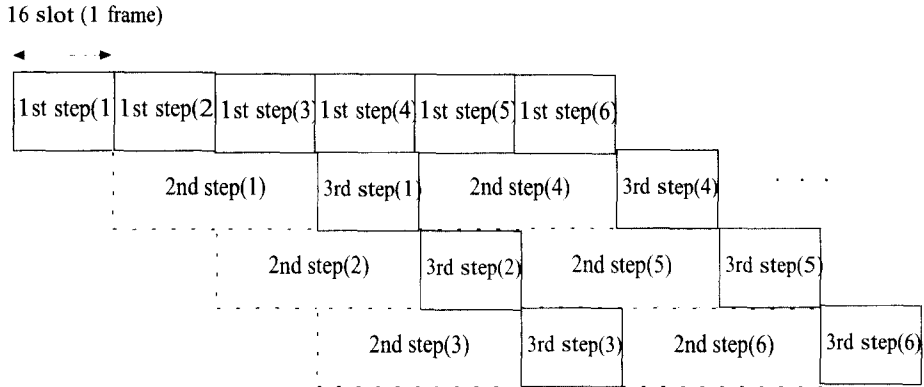


그림 8. 본 시뮬레이션에 사용된 CPM 수신기의 전체 타이밍 차트

사하다[3].

반면 이동국 유휴상태 혹은 활성상태에서 핸드오버를 위한 타겟셀 탐색시에는 홈 기지국으로부터 인접셀에 대한 정보가 사전에 입수되기 때문에 branch당 Hypothesis의 개수가 매우 작아진다. 이 경우 CPM 방식의 2단계 연산량 및 메모리 크기는 L 이 16일 경우에도 3GPP방식에 비해 매우 작다.

3GPP 방식의 경우 타겟셀 탐색시에도 2단계에서 17개의 병렬상관기가 필요하고 또한 1단계에서 2560 혹은 5120개의 샘플을 저장해야하기 때문에 초기동기획득시와 별 차이가 없다. 또한 CPM방식의 2단계 연산량 및 메모리 크기는 칩레이트와 무관한 반면 3GPP방식의 경우 칩레이트와 비례해서 복잡해진다.

이동국 전력소모량의 많은 부분이 유휴모드 혹은 활성모드에서 타겟셀의 탐색을 위해 사용된다는 것을 고려한다면 CPM방식의 이러한 특징은 3GPP 방식에 비해 이동국의 전력소모량을 매우 줄일 수 있는 큰 장점이다.

V. 시뮬레이션 결과

이장에서는 IV장에서 언급된 시스템 파라미터 및 채널환경에서 CPM방식과 3GPP방식의 시뮬레이션을 통한 성능 비교 분석 결과를 제시한다.

그림 9과 10은 각각 이동국 속도가 60km/hr일 때 와 3km/hr일 때 두 방식의 SNR에 따른 평균 셀 탐색 시간을 나타낸다.

그림에서 SNR이 높을때(3dB이상)에는 두 방식 모두 고속일 경우가 저속일 경우 보다 셀 탐색 시간이 짧지만 SNR이 낮을때(0dB이하)에는 반대현상이 나타남을 알 수 있다. 이러한 현상은 이동국 속도에 따른 페이딩 Rate의 차이에서 기인하며 이것은 두 방식 모두 이동국 속도가 고속일 때가 Worst case임을 의미한다.

CPM방식의 경우 L 값이 증가할수록 이동국의 평균 셀 탐색시간이 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 9에 의하면 이동국 속도가 60 km/hr일 때 L 이 1인 경우에도 CPM 방식이 3GPP방식 보다 우수한 성능을 갖는다. 저속 일때는 L 이 1일 때의 CPM 방

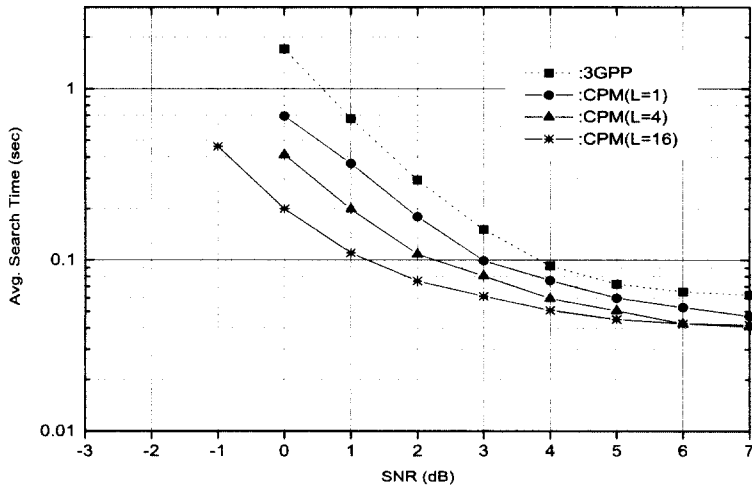


그림 9. CPM 방식과 3GPP방식의 셀 탐색성능 비교(이동국 속도 : 60km/hr)

식의 성능이 현재의 3GPP방식과 유사한 것을 알 수 있다. 또한 L이 4일 때는 CPM방식이 3GPP방식에 비해 1~1.5 dB, L이 16일 때는 2~2.5dB의 이득이 있음을 확인 할 수 있다.

이와 같은 성능 차이는 근본적으로 1단계 및 2단계에서 1개의 동기채널만을 사용하므로써 생기는 CPM방식의 3dB 이득에 기인한다.

앞장에서 언급했듯이 4.096Mcps의 칩 레이트를 가정했을 때, 초기 동기획득시 L이 4~8일 때

CPM방식의 수신기의 복잡도가 현재의 3GPP방식과 유사하다는 점과 핸드오프 상황에서 타겟셀의 탐색시에는 L이 16일 경우에도 3GPP 방식 보다 훨씬 간단하다는 점을 고려한다면 그림 9와 그림 10의 결과는 의미가 있다.

또한 칩레이트가 8.192Mcps 혹은 16.384 Mcps일 경우에는 초기동기획득시에 초차 L이 16일 경우 라도 CPM방식이 3GPP방식보다 연산량

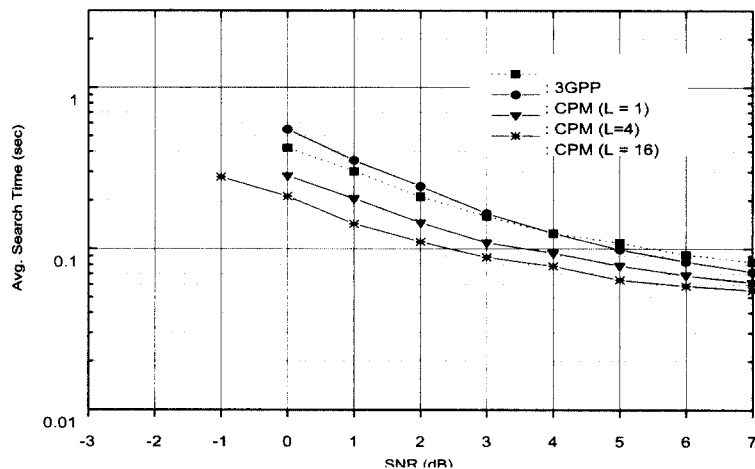


그림 10. CPM 방식과 3GPP방식의 셀 탐색성능 비교(이동국 속도 : 3km/hr)

및 메모리가 적다는 것을 고려하면 더욱더 의미가 있다.

또 한가지 고려해야 할 점은 본 논문의 시뮬레이션은 이동국의 초기 clock drift에 의한 영향은 고려하지 않았다는 점이다. 본 제안의 CPM방식의 경우 1단계, 2단계 및 3단계를 모두 합쳐서 40 msec이다. 반면 3GPP 방식의 경우 60msec이다. 이동국 clock drift를 고려한다면 두 방식의 성능은 더욱더 벌어질 것이다. 만일 3GPP방식이 1단계에서의 accumulation 구간을 30msec에서 10 msec로 줄여서 전체 길이를 CPM과 같이 40msec가 되게 한다면 clock drift에 의한 영향은 줄어드는 대신 1단계에서의 equal gain combining 다이버시티 효과가 줄어들기 때문에 낮은 SNR에서의 셀 탐색시간은 더욱더 길어질 것이다.

VI. 결론

본 논문에서는 IMT-2000 무선전송기술의 유력한 후보인 3GPP W-CDMA방식을 위한 순방향 동기채널의 구조 및 이동국의 셀 탐색 알고리즘을 위해 새로이 제안된 코드위치변조(CPM)방식을 소개하고 현재의 3GPP 셀 탐색 알고리즘과 CPM을 이용하는 셀 탐색 알고리즘의 성능을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다. 비교 분석결과 CPM방식이 현재의 3GPP 방식에 비해 다음과 같은 측면에서 우수함을 알 수 있었다.

1. 셀 탐색 성능면

: 시뮬레이션 결과로부터 CPM 방식이 기존방식에 비해 2~3 dB의 성능이득이 있음을 알 수 있다. 즉, CPM방식의 경우 3GPP방식에 비해 반 정도의 동기채널 전력으로도 동일한 셀 탐색 성능을 보이기

때문에 순방향 링크의 용량 증대의 효과가 있다 (동기채널과 다른 채널간에는 직교성이 성립되지 않음). 반대로 두 시스템의 동기채널에 할당된 전력이 같을 경우 CPM방식이 기존의 3GPP의 방식에 비해 초기동기획득 및 이웃셀 탐색 시간을 매우 줄일 수 있기 때문에 상대적으로 단말기의 전력소모량을 현저히 줄일 수 있다.

2. 수신기 복잡도면

: 3GPP방식의 경우 이동국 수신기가 최적의 셀 탐색 성능을 얻으려면 1단계에서 정합필터출력의 저장에 필요하다. 즉, 4.096Mcps 일 때 5120 샘플, 16.384 Mcps 일 때 20480 샘플을 매 슬롯당 저장해야 한다. 이것은 수신기의 전력소모 및 복잡도를 매우 증가시키는 요인이 된다. 반면 CPM 수신기 정합필터 출력의 저장 없이도 매우 좋은 성능을 얻을 수 있다. 또한 2단계 셀 탐색과정에서 추가적인 17개의 상관기가 필요하지 않기 때문에 수신기의 구조가 더욱더 간단하다. 2단계에서 추가적인 상관기가 필요하지 않기 때문에 CPM방식의 경우 1단계와 2단계를 결합한 병렬 탐색이 가능하다. 이러한 특징은 CPM방식이 낮은 SNR환경에서 셀 탐색 시간을 현저히 줄일 수 있는 요인이다.

3. Worst case 성능 감쇄 측면

: 기본적으로 동기채널과 순방향 링크의 트래픽 채널간에는 직교성이 보장되지 않는다.

3GPP 방식의 경우 동기채널 코드신호가 매 슬롯에서 같은위치에서 전송된다. 이경 우 여러 기지국에서 전송되는 신호들이 슬롯 경계에서 적당히 일치되었을 경우, 특히 파일럿 심볼위치 혹은 전력제어비트 위치등, 순방향 링크의 트래픽채널 뿐만 아니라 역방향 링크의 트래픽채널에 심각한 성능저하를 가져올 수 있다. 또한 이 경우 셀 탐색 성능도

매우 저하될 가능성이 있다. 특히 인접셀로 부터의 수신 신호의 슬롯 경계면(0.625 msec)이 홈셀로 부터의 수신신호의 슬롯 경계면과 1 칩 이내로 겹쳐 있을 경우, 이동국 유휴상태 혹은 활성상태에서 이동국의 인접셀 탐색 성능이 매우 저하되는 worst case가 존재한다. 이경우에는 소프트 핸드오프가 거의 불가능할 수도 있다.

반면에 본 제안의 CPM방식의 경우 동기채널 코드 신호가 매 슬롯마다 자기상관 특성 및 상호상관 특성이 좋은 시간도약 코드를 이용하여 위치 변조가 되기 때문에 이러한 종류의 Worst-Case 성능 저하는 발생하지 않는다.

CDMA 시스템 특히 기지국 비동기 W-CDMA 시스템에서 이동국의 동기획득 기술은 매우 중요한 핵심기술이라 할 수 있다.

현재 신세기통신 연구소에서는 본 제안을 유력한 IMT-2000 무선전송기술 후보인 3GPP W-CDMA표준기술에 채택되도록 여러가지 측면에서의 연구를 수행중이다. 본 기술이 국제 표준에 채택된다면 당사 뿐만 아니라 국내 제조업체에게도 많은 이득이 있으리라 판단한다.

【부록 A. Comma free code】

아래의 도약코드는 (16,3) R-S 코드의 부분집합으로서 각각의 시퀀스는 시스템에서 사용되는 32개의 긴코드를 엔코딩하는데 사용된다. 또한 현재 3GPP W-CDMA 방식에서 사용되는 실제 값이다.

- 1 0 0 1 10 5 2 14 6 7 7 6 14 2 5 10 1
- 2 0 1 8 3 9 10 12 12 10 9 2 8 1 0 15 15
- 3 0 2 15 11 13 1 10 1 13 11 15 2 0 12 3 1
- 4 0 3 5 3 0 9 8 7 16 13 11 13 16 7 8 9
- 5 0 4 12 12 4 0 6 13 2 15 7 7 15 2 13 6

- 6 0 5 2 4 8 8 4 2 5 0 3 1 14 14 1 3
- 7 0 6 9 13 12 16 2 8 8 2 16 12 13 9 6 0
- 8 0 7 16 5 16 7 0 14 11 4 12 6 12 4 11 14
- 9 0 8 6 14 3 15 15 3 14 6 8 0 11 16 16 11
- 10 0 9 13 6 7 6 13 9 0 8 4 11 10 11 4 8
- 11 0 10 3 15 11 14 11 15 3 10 0 5 9 6 9 5
- 12 0 11 10 7 15 5 9 4 6 12 13 16 8 1 14 2
- 13 0 12 0 16 2 13 7 10 9 14 9 10 7 13 2 16
- 14 0 13 7 8 6 4 5 16 12 16 5 4 6 8 7 13
- 15 0 14 14 0 10 12 3 5 15 1 1 15 5 4 12 10
- 16 0 15 4 9 14 3 1 11 1 3 14 9 4 15 0 7
- 17 0 16 11 1 1 11 16 0 4 5 10 3 3 10 5 4
- 18 1 7 10 14 13 0 3 9 9 3 0 13 14 10 7 1
- 19 1 8 0 6 0 8 1 15 12 5 13 7 13 5 12 15
- 20 1 9 7 15 4 16 16 4 15 7 9 1 12 0 0 12
- 21 1 10 14 7 8 7 14 10 1 9 5 12 11 12 5 9
- 22 1 11 4 16 12 15 12 16 4 11 1 6 10 7 10 6
- 23 1 12 11 8 16 6 10 5 7 13 14 0 9 2 15 3
- 24 1 13 1 0 3 14 8 11 10 15 10 11 8 14 3 0
- 25 1 14 8 9 7 5 6 0 13 0 6 5 7 9 8 14
- 26 1 15 15 2 11 13 4 6 16 2 2 16 6 4 13 11
- 27 1 16 5 10 15 4 2 12 2 4 15 10 5 16 1 8
- 28 1 0 12 2 2 12 0 1 5 6 11 4 4 11 6 5
- 29 1 1 2 11 6 3 15 7 8 8 7 15 3 6 9 2
- 30 1 2 9 3 10 11 13 13 11 10 3 9 2 1 16 16
- 31 1 3 16 12 14 2 11 2 14 12 16 3 1 13 4 13
- 32 1 4 6 4 1 10 9 8 0 14 12 14 0 8 9 10

【부록 B. Time hopping code】

본 제안의 CPM방식에 사용되는 시간도약코드는 알파벳 사이즈가 17이고 길이가 16인 R-S 코드의 부분집합이다. 여기서 모든 코드 시퀀스의 모든 cyclic shift는 유일하며 시간도약코드의 최소 Hamming distance는 14이다. 아래의 도약코드는 32개의 긴코드 그룹을 encoding하는데 사용되며 또한 10 msec 프레임 타임에 대한 정보를 제

공한다. 아래의 도약코드는 매 미니슬롯 (128 칩) 단위의 시간 천이에 대해서 자기상관 및 상호상관의 최대값 (The number of Maximum hittings) 이 4이다(본 시뮬레이션에 사용된 미니슬롯의 개수는 20으로서 알파벳사이즈 17보다 3이 큼, 따라서 끝에 있는 3개의 미니슬롯은 사용되지않음).참고문헌[8]에 R-S 코드로 부터 위의 특성을 만족하는 시간도약부호를 생성 하는 방법에 대하여 자세히 언급한다.

```

1  15 8 7 9 8 12 0 6 0 5 2 9 11 9 8 10
2  2 16 6 7 4 4 1 8 4 13 1 7 7 1 9 12
3  6 7 5 5 0 13 2 10 8 4 0 5 3 10 10 14
4  8 11 13 4 15 9 11 11 10 8 8 4 1 6 2 15
5  14 4 6 8 11 9 0 2 6 2 6 16 3 2 5 8
6  7 5 15 10 3 1 7 12 6 4 3 9 1 7 9 3
7  1 8 11 3 11 8 10 14 7 8 4 10 15 10 9 7
8  2 10 15 11 10 6 6 6 8 10 8 1 14 8 5 16
9  9 5 12 6 5 4 8 6 5 6 10 4 15 2 4 1
10 11 7 6 12 5 12 13 12 14 9 9 1 4 6 6 9
11 10 5 2 4 6 14 0 3 13 7 5 10 5 8 10 0
12 3 8 8 16 13 11 11 8 6 10 11 5 12 5 4 5
13 12 7 13 10 6 5 5 9 5 10 4 7 11 12 12 8
14 14 11 4 9 4 1 14 10 7 14 12 6 9 8 4 9
15 16 15 12 8 2 14 6 11 9 1 3 5 7 4 13 10
16 2 2 10 5 1 3 7 9 2 6 6 10 12 6 11 10
17 6 10 9 3 14 12 8 11 6 14 5 8 8 15 12 12
18 10 1 8 1 10 4 9 13 10 5 4 6 4 7 13 14
19 7 12 13 11 13 10 4 3 7 16 9 16 7 13 8 4
20 11 3 12 9 9 2 5 5 11 7 8 14 3 5 9 6
21 5 6 8 2 0 9 8 7 12 11 9 15 0 8 9 10
22 13 5 6 15 9 10 10 11 3 10 7 11 9 9 11 14
23 14 7 10 6 8 8 6 3 4 12 11 2 8 7 7 6
24 16 9 4 12 8 16 11 9 13 15 10 16 14 11 9 14
25 4 2 7 1 3 6 8 3 1 8 13 5 9 1 6 8
26 16 5 10 9 12 6 3 2 10 13 9 12 13 10 12 11
27 16 1 16 6 16 13 12 12 7 11 8 8 12 9 15 8
28 13 10 7 6 4 14 3 7 11 4 4 16 6 6 3 5
29 0 1 6 4 0 6 4 9 15 12 3 14 2 15 4 7
30 8 0 4 0 9 7 6 13 6 11 1 10 11 16 6 11
31 10 4 12 16 7 3 15 14 8 15 9 9 9 12 15 12
32 3 5 4 1 16 12 5 7 8 0 6 2 7 0 2 7

```

* 참고 문헌

- [1] TTA, Fast Long Code Acquisition using Code Position Modulation (CPM), AIF/SWG2-32-10, IMT-2000 study Committee, Air-interface WG, SWG2, Japan, Dec. 1, 1998
- [2] TTA, CPM based Cell Search Algorithm, Tdoc SMG2 UMTS-L1 634/98, ETSI SMG2 UMTS L1 Expert Group meeting, Espoo, Finland, Dec. 14~18, 1998
- [3] TTA, CPM based Cell Search Algorithm: Link level simulation result, Tdoc SMG2 UMTS-L1 006/99, ETSI SMG2 UMTS L1 Expert Group meeting, Espoo, Finland, Jan. 22~24, 1999
- [4] Shinsegi Telecomm. Inc., Comparison of CPM and 3GPP schemes, TSG 1#3(99)204, TSF-RAN Working Group 1(Radio) meeting #3, Nynashamn, Sweden 22-26, March 1999.
- [5] Siemens, A New Correlation Sequence for the Primary Synchronisation Code with Good Correlation Properties and Low Detector Complexity., Tdoc SMG 2 UMTS-L1 427/98, Oct. 14-16, 1998.
- [6] Ericsson, An Orthogonal Set of Codes for SCH with Good Correlation Properties and Low Detector Complexi-

ty., Tdoc SMG2 UMTS-L1 323/98, Sept. 8-11.

- [7] Texas Instrument, Comma Free Codes for Fast Long Code Acquisition, AIF/SWG2-15-6(P), IMT-2000 Study Committee, Air-interface WG, SWG2, Japan, March 11, 1998.
- [8] I. G. Kim, K. C. Kim and B. W. Lim, "A Fast Cell Search Algorithm for Asynchronous W-CDMA System using Code Hopping Method", GLOBECOM '98, Australia, Nov. 1998.

박 용 길

1986 서울대학교 전자공학과(학사)
 1988 서울대학교 대학원 전자공학과(석사)
 1989.8~1994.8 한국통신 통신망 연구소
 1994.8~현재 (주)신세기통신 기술연구소 선임연구원
 *관심분야:IMT-2000, 셀룰라 이동통신



김 일 규

1992 서울시립대학교 전자공학과(학사)
 1994 서울시립대학교 전자공학과(석사)
 1994.12~현재 (주)신세기통신 기술연구소 주임연구원
 *관심분야:디지털통신, 셀룰라 이동통신, IMT-2000 무선전송기술



임 병 우

1985 서울대학교 전자공학과(학사)
 1987 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
 1987.1~1988.12 (주)디지콤 연구소
 1989.1~1994.5 LG 정보통신 선임연구원(CDMA 시스템 개발)
 1994.8~현재 (주)신세기통신 기술연구소 연구계획팀장
 *관심분야:IMT-2000, 무선 ATM, 멀티미디어 통신

하 상 욱

1995 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(학사)
 1997 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)
 1997.1~현재 (주)신세기통신 기술연구소 주임연구원
 *관심분야:셀룰라 이동통신, IMT-2000 무선전송기술, 무선데이터



이 상 길

1971 부산대학교 전기공학(학사)
 1973.7~1993.12 포항제철 부장
 1994.1~1994.7 포스데이타 이사
 1994.7~1995.3 에이텔 사장
 1995.3~1995.9 포스데이타 상무이사
 1995.9~현재 신세기통신 상무이사