

論文96-33A-5-2

PCS 환경에서 Sync-CDMA를 적용한 역방향링크의 성능평가

(Reverse Link Performance Evaluation with Sync-CDMA in PCS Environment)

金炳均*, 金根大**, 金信才*, 安秉徹***, 崔炯辰*

(Byung Kyun Kim, Geun Dae Kim, Sin Jae Kim, Byeong Chul An, and Hyung Jin Choi)

요 약

본 논문에서는 셀룰라 CDMA시스템에서 셀용량을 증가하기 위한 기술인 동기방식 역방향링크를 KMT-PCS에서 제안한 방식[2]을 기준으로 성능분석을 수행하였다. CDMA 역방향링크의 기저대역모델을 설정하고 PCS 환경에서 주요 요소인 채널모델과 전력제어 영향을 고려한 역방향 동기링크의 성능평가 및 요소기술 분석을 수행한다. 이를 바탕으로 KMT-PCS 역방향링크의 동기방식에 있어서 주요 기술 분석이 요구되는 부분인 초기동기단계에서의 초기동기의 범위, 동기유지단계에서의 제어신호의 전송주기를 제시하였다.

Abstract

In this paper, the reverse link performance evaluation with synchronous CDMA is analyzed in the PCS system, which is the scheme based on proposed method of KMT-PCS to increase the capacitance of cellular CDMA system. We make the baseband system model of CDMA reverse link, and then analyze system performance and subsystem techniques considering effect of channel and power control that are important factor influencing system performance in the PCS system. Based on this result, the paper presents primary technique analyses required at synchronous reverse link proposed by the KMT, which compose of initial synchronization range in initial synchronization step and control signal period in the synchronization maintenance step.

I. 서 론

셀룰러시스템의 간섭은 크게 셀내의 다른 채널에 의해 발생하는 intracell 간섭과 인접셀에 의해 발생하는 intercell 간섭으로 분류할 수 있다. PCS 환경에서는 intercell 간섭보다 intracell 간섭이 지배적인 요소이

므로 intracell 간섭 제거가 매우 중요한 문제이다. 이와같은 intracell 간섭을 줄이기 위한 다양한 연구 개발이 이루어지고 있다. 첫째, 지향성 안테나를 이용한 간섭을 억압할 수 있다. 둘째, 채널간에 상호간섭을 최소화하는 직교부호를 선택하여 사용할 수 있다. 셋째, 역방향 채널의 상호 동기를 통한 간섭의 제거를 들 수 있다. 이 중에서 역방향 동기 기법이 KMT-PCS에서 적용되는데 이에 대하여 알아보면 다음과 같다.

일반적인 CDMA 셀룰러방식의 전송구조는 역방향 채널에서 비동기(asynchronous) 방식인데 그 이유는 이동국들이 기지국으로 신호를 전송할 때 전송시점(epoch)이 일치하지 않게 설계되는 것이 일반적이기 때문이다. 순방향 채널에서는 기지국은 신호를 방송의 개념으로 전송하므로 전송시점이 일치하지만 이동국의

* 正會員, 成均館 大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng., Sung Kyun Kwan Univ.)

** 正會員, 데이콤 綜合 研究所

(DACOM Corp. R&D Center)

*** 正會員, 韓國移動通信

(Korea Mobile Telecom)

接受日字 : 1996年1月31日, 수정완료일 : 1996年4月24日

위치가 기지국으로부터 각각 다르므로 이동국의 순방향 신호 수신시점은 조금씩 달라진다. 따라서 이동국이 순방향 수신신호를 전송기준으로 삼아도 역방향에서는 비동기전송이 될 수밖에 없다. 이러한 역방향동기를 위한 종래의 방식은 소위 Sync-CDMA(Synchronous CDMA)라고 부르는데 이 방식은 데이터의 전송속도가 매우 느리고 셀의 크기가 매우 작아서 양방향 시간지연이 데이터 전송속도의 일부분 (10~20 % 이내) 일 때에만 구현 가능하다. 예를 들어 실내 환경과 같이 소형 셀로서 거의 전송지연이 없는 경우에 가능하다. 따라서 매크로 셀(Macro-Cell)과 같은 대형 셀과 이동 사용자 환경하에서는 적용이 곤란한데, 이의 수정으로서 KMT-PCS에서 역방향 상호 동기 방식이 제안되었다. 그러나 KMT-PCS에 Sync-CDMA가 적용되기 위하여서는 제어 신호의 전송 주기, 초기 동기의 범위, Sync-CDMA와 기존 Async-CDMA 시스템과의 성능 비교, 시스템 복잡성 등에 대한 연구가 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 CDMA를 이용한 개인휴대 통신에서 셀용량 증대를 위한 역방향 상호 동기방식을 적용함에 있어 필수적인 주요 요소들을 분석하고 동기 방식 역방향링크의 성능평가를 제시하였다.

본 논문의 전체적인 구성은 제 2 장에서 기본적인 시스템 모델링과 사용 코드에 대한 분석을 하였으며, 제 3 장에서 무선채널 모델링과 전력제어 등의 PCS 환경에 대한 전반적인 모델링과 이들에 의한 영향 분석이 이루어졌고, 제 4 장에서는 동기과정에서 필요한 요소들의 성능분석이 이루어졌다.

II. 시스템 모델링 및 코드 성능분석

1. 시스템 모델링

셀룰라 시스템의 CDMA 역방향 링크의 기저대역을 간략히 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다^[9].

(그림 1)에서 CDMA 기저대역 시스템은 변조기, 채널, 수신기로 분류된다. 변조기에서는 K 명으로 구성되는 사용자의 데이터가 직교부호 및 파일럿에 의하여 확산되어 전송되며, 채널을 통과할 때 신호에 잡음이 벡터적으로 추가된다. 한편 수신기에서 신호는 정합 필터(Matched Filter)를 통하여 각 사용자 심볼이 분리되고 판별기에 의하여 데이터가 판별된다. 위의 모델링된 시스템에서 b_k 는 각 사용자의 데이터이며 c_k 는 사용자 할당 확산 벡터(User specific spreading

vector)로 N 차원을 갖는 열 벡터를 나타낸다. c_k 를 이용하여 확산 코드 행렬(Spreading code matrix) C 를 정의하면 다음과 같다.

$$c_k = \begin{bmatrix} c_{11}P \\ c_{12}P \\ \vdots \\ c_{1N}P \end{bmatrix}, \quad C \triangleq (c_1 | c_2 | \dots | c_K) \quad (1)$$

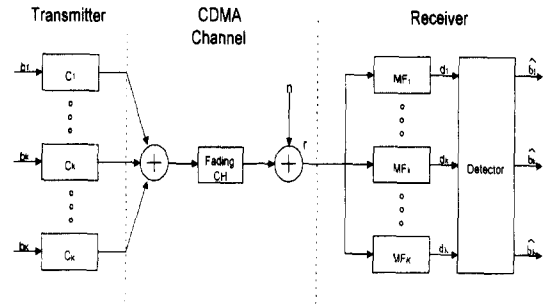


그림 1. CDMA 역방향링크 시스템 모델링
Fig. 1. Modeling of CDMA reverse link.

여기서 P는 파일럿 신호를 나타낸다. 모든 사용자의 변조된 신호는 페이딩 채널을 통과하고 가우시안 잡음 n이 추가된다. 수신 신호는 다음과 같이 정의된다.

$$r = n + \sum_{k=1}^K \tilde{b}_k \tilde{c}_k \quad (2)$$

여기서, $\tilde{b}_k \tilde{c}_k$ 는 페이딩 채널을 통과한 신호를 의미한다. 수식(1)을 벡터 표현을 적용하여 표현하면 다음과 같다.

$$\vec{r} = \vec{n} + C \vec{b} \quad (3)$$

수신기는 확산 벡터 \vec{c}_k 에 정합된 필터 \vec{c}_k^H 의 बैं크(bank)로 작용한다. 따라서 수신기를 통과한 신호 \vec{r} 는 다음과 같다.

$$\vec{r} = C^H \vec{n} + C^H C \vec{b} \quad (4)$$

$R = C^H C$ 를 상호 상관 행렬(Cross-Correlation matrix)로 정의하여 정합 필터 출력에 의하여 결정되는 시스템의 특성을 설명할 수 있다. 백색 가우시안 잡음(White Gaussian Noise) \vec{n} 이 C^H 를 곱하여 만들어진 Colored 가우시안 잡음 벡터(Gaussian noise Vector)를 \vec{n} 로 놓으면 정합 필터 बैं크의 출력에서의 잡음은 상호 상관 행렬 R을 갖는다. 이를 이용하여

SIR(Signal to Interference Ratio)를 정의하면 다음과 같다.

$$SIR \triangleq 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{k=1}^K R_{kk}^2}{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^K \text{Re}(R_{ki})^2} \right) \quad (5)$$

여기서 R_{ki} : R 의 k 번째 줄의 i 번째 성분, $\text{Re}(\cdot)$: 실수 성분

그런데 SIR은 정합 필터에 일치하는 한 사용자 자신의 출력 에너지와 이 필터에서의 다른 모든 사용자의 간섭 에너지의 합으로 정의된다. 또다른 성능 측정의 기준 요소로서 ACR(Auto-Correlation To Cross-Correlation Ratio)을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$ACR \triangleq 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{k=1}^K |R_{kk}|}{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^K \text{Re}(|R_{ki}|)} \right) \quad (6)$$

여기서 R_{ki} : R 의 k 번째 줄의 i 번째 성분, $\text{Re}(\cdot)$: 실수 성분

만일 완전한 전력제어가 고려되는 경우 $R_{kk} = 1$ 이므로 위의 수식에서 분자는 K 가 된다. 위의 수식에서 $\text{Re}(\cdot)$ 를 취한 이유는 BPSK 변조의 경우 단지 정합 필터 출력의 실수부만이 검출(Detection) 과정에서 고려되기 때문이다.

한편 사용자 구분 확산 코드는 직교 코드를 가정하는데 일반적으로 임의의 직교 코드에 대하여 시뮬레이션하기 위하여 R_{kk} 와 R_{ki} 를 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{kk} = \frac{1}{128 \times N_s} \left(\sum_{m=1}^{128} \sum_{n=1}^{N_s} c_k(mT_c - nT_s) p_k(mT_c - nT_s) \cdot \tilde{c}_k(mT_c - nT_s + \Delta) \tilde{p}_k(mT_c - nT_s + \Delta) \right) \quad (7)$$

$$R_{ki} = \frac{1}{128 \times N_s} \left(\sum_{m=1}^{128} \sum_{n=1}^{N_s} c_k(mT_c - nT_s) p_k(mT_c - nT_s) \cdot \tilde{c}_i(mT_c - nT_s + \Delta) \tilde{p}_i(mT_c - nT_s + \Delta) \right) \quad (8)$$

여기서 N_s 는 심볼당 샘플 수, T_c 는 칩 주기, T_s 는 샘플 주기, p_k 및 c_k 는 사용자의 파일럿 코드와 직교코드이고, p_i 및 c_i 는 간섭을 일으키는 다른 사용자의 파일럿 코드이다. 그리고 “~” 표시가 위에 있는 것은 무

선 채널환경을 통과한 수신 신호이고 표시가 없는 것은 수신 기지국의 코드이다.

2. 코드특성 분석

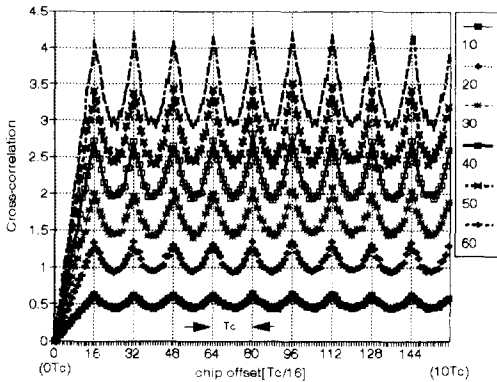
본 절에서는 역방향 동기방식에 요구되는 직교코드의 필요성을 KMT-PCS와 비동기방식을 적용하고 있는 IS-95를 비교함으로써 제시하였다. 2^{14} 길이의 ML 시퀀스에 Walsh 함수가 부가된 PN 코드(이하 설명의 간소화를 위하여 “KMT 역방향 링크 방식”이라 칭한다.)와 IS-95 역방향 링크의 2^{11} 길이의 Long 코드에 2^{13} 길이의 ML 시퀀스가 부가된 PN 코드(이하 설명의 간소화를 위하여 “IS-95 역방향 링크 방식”이라 칭한다.)의 윗셋에 따른 성능을 비교 분석한다. KMT 역방향 링크 방식은 Walsh 함수 번호에 의하여 채널이 구분되며, IS-95 역방향 링크 방식의 채널 구분은 Long 코드의 마스크 값에 의하여 구분되는데 본 논문에서는 통화채널의 마스크를 사용하였다^{[4] [5]}. 그리고 마스크 값에서 1100011000은 고정하고 Permuted ESN number는 임의적으로 처리하였다. 사용자간 간섭의 주원인 상호 상관 값을 칩 윗셋에 따라 각 경우에 대하여 알아보면 다음과 같다.

(그림 2)는 사용자 수가 자신을 포함하여 10명, 20명, ... 60명일 때 상호 상관 값들의 합 ($|C_{d,1}| + |C_{d,2}| + \dots + |C_{d,n-1}|$)을 구했다. KMT 역방향 링크의 경우 사용자의 Walsh 코드는 수행될 때마다 120개중에서 임의적으로 선택되었고, 각 경우에 대하여 반복 수행하여 평균을 구한 결과이다. IS-95 역방향 링크의 경우 사용자의 마스크 값도 임의적으로 선택되었고, 상호 상관 값들의 합을 Long 코드의 128 칩 구간 간격으로 hopping을 하면서 전구간에 대하여 여러 번 수행하여 평균을 취하였다. 또한 새롭게 마스크 값을 선택하여 이와 같은 과정을 반복 수행한 후 평균을 구하였다.

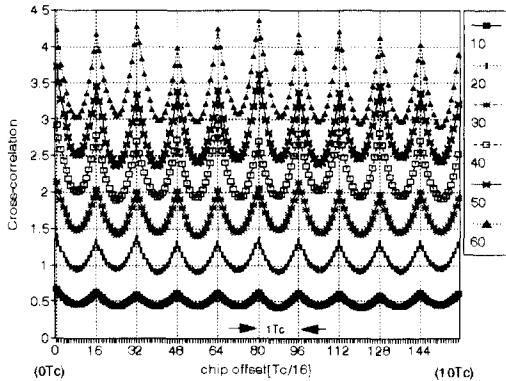
KMT 역방향 링크 방식의 경우 0 ~ T_c 근처의 칩 윗셋에서 다른 칩 윗셋의 상호 상관 값에 비하여 매우 작은 값을 갖으나, IS-95 역방향 링크 방식의 경우 0 ~ T_c 근처의 칩 윗셋에서도 큰 상관값을 갖는다.

결과적으로 많은 사용자에 의하여 누적된 상호 상관 값의 합은 직교부호가 적용된 경우에서만 다른 부분에 비하여 매우 작은 값을 가지나, 윗셋이 존재하면 두 경우 모두 거의 같은 상관값을 갖는다. 따라서 직교 부호의 적용이 시스템 성능을 향상시키기 위해서는 역방향

상호 동기가 이루어져야 한다.



(a) KMT 역방향 링크의 경우



(b) IS-95 역방향 링크의 경우

그림 2. 상호 상관 특성 비교
Fig. 2. Comparison of cross-correlation characteristic.

III. PCS 환경 묘사를 위한 기술 분석 및 성능평가

본 장에서는 PCS 환경에서 주요 문제점인 다중경로 채널 및 전력제어 따른 영향을 분석하고 이들 적용한 PCS 시스템의 성능 변화를 제 2 장에서 제시한 ACR 을 기준으로 제시하고 Async-CDMA와 Sync-CDMA의 성능 비교를 수행한다.

1. 채널 모델링

Sync-CDMA의 성능평가를 위해 본 논문에서 적용

한 다중경로채널에 관하여 제시한다. 본 논문에서 적용한 다중경로채널은 세부적으로 시간선택성페이딩 모델(Doppler spread)과 주파수선택성페이딩(Time-delay spread) 모델로 분류하여 접근하였다.

1) 시간 선택적 페이딩

Doppler spread에 의한 시간선택적페이딩은 두개의 가우시안 랜덤 신호를 복소형태로 적용하여 RF 신호를 변조함으로써 얻을 수 있다. 가우시안 랜덤 신호의 발생 방법에 따라 대표적으로 잡음 원의 스펙트럼 변조 방식과 위상변조신호의 주파수 합성방식으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 Jakes^[11]에 의해 제시된 위상변조신호의 주파수 합성방식을 사용하여 모델링하였고 이 모델에서 나온 출력값을 시간지연에 의한 주파수선택성 페이딩에 무선 채널모델에서 직접적으로 적용하였다.

2) 주파수 선택적 페이딩

다른 도착시간지연(time-delay spread)을 갖는 전파 경로를 통해서 신호가 전파될 때 생기는 것으로 이를 주파수 선택적 페이딩(frequency selective fading)이라 한다. 이 특성들은 각각의 채널환경에 따라서 서로 다르기 때문에 수식적인 해석이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 시뮬레이션을 위한 데이터를 참고문헌 [6]에서 제시한 실측치를 이용하여 근사화를 수행하여 적용하였다. 실측치와 근사화된 데이터를 제시하면 다음과 같다.

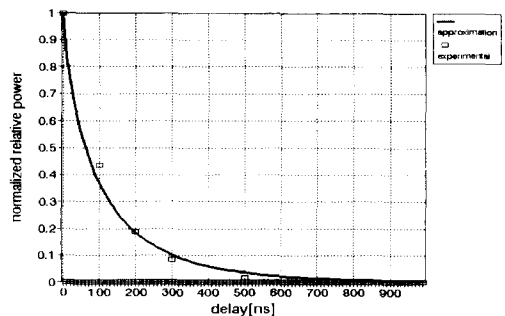


그림 3. 실측치와 근사화된 데이터
Fig. 3. Experimental and approximation data.

이를 바탕으로 본 논문에서 적용한 주파수선택적 페이딩의 시뮬레이션 모델은 다음과 같다.

여기서, Attenuator는 (그림 3)의 근사화된 데이터를 적용하였고 $g_s(t)$ 는 수식(3.1)의 시간선택적 페이딩 모델의 $y(t)$ 를 적용하였다.

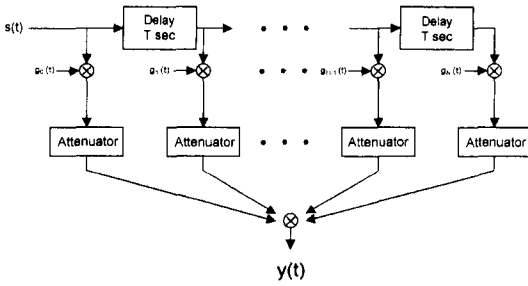
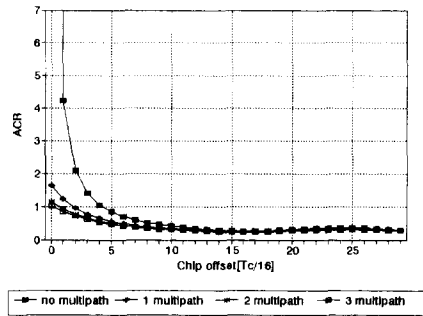


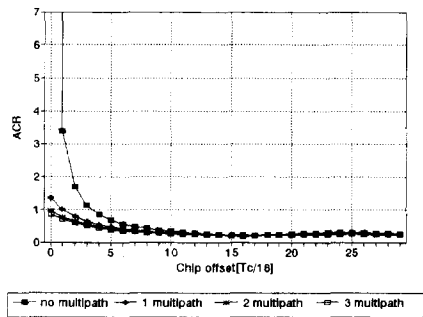
그림 4. 주파수선택적 페이딩 채널모델
 Fig. 4. Frequency selective fading channel model.

3) 결과 고찰

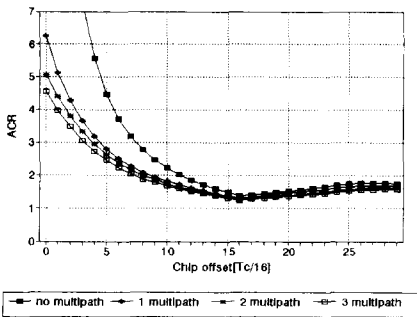
본 절에서는 페이딩 채널에 관한 결과를 기저대역 시스템 모델을 기준으로 분석하기로 한다. 역방향 링크에 있어 상호상관 값의 누적이 간섭원이 된다. 그러므로 다중경로 성분을 가정하는 경우 직접경로(direct path)를 제외한 다중경로 성분도 기준이(성능평가가 요구되는 이동국)되는 코드와 상호상관 값을 가지게 되므로 지대한 영향을 초래할 수 있다. 사용자의 수에 따른 ACR의 변화는 (그림 5)와 같다.



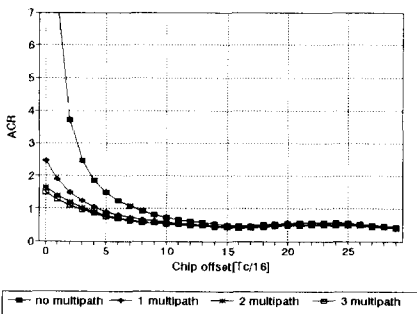
(c) 사용자의 수 : 50



(d) 사용자의 수 : 60



(a) 사용자의 수 : 10



(b) 사용자의 수 : 30

그림 5. 다중경로 페이딩에 의한 성능변화
 Fig. 5. Performance degradation caused by multipath fading.

각 그림의 색인에서 no multipath는 다중경로 성분을 고려하지 않은 경우의 결과이며, 1, 2, 3 multipath는 고려한 다중경로 성분의 수를 의미한다. 각 사용자의 수에 따른 결과를 보면 다중경로의 수가 증가함에 따라 ACR 성능이 저하되며 지연이 큰 경로의 신호진폭이 작으므로 ACR의 변화폭은 점차적으로 감소함을 알 수 있다. 물론 이와 같은 예측은 각 다중경로성분의 진폭이 Rayleigh 분포를 가지므로 다소간의 차이는 상황에 따라 있을 수 있지만 전체적인 형태는 동일하게 된다. 사용자의 수에 따른 칩 오프셋의 정의는 만약 60명의 사용자이고 오프셋이 $3 T_c/16$ 이면 60명의 사용자가 전부 동일하게 $3 T_c/16$ 의 지연을 가진다고 가정하였다. 물론 셀 환경을 고려해 볼 때 이동국의 속도 및 이동방향에 따라 칩 오프셋이 변화되지만 본 절에서는 다중경로에 의한 ACR의 변화를 예측해 보는 것이므로 모든 사용자의 오프셋이 동일하다고 가정하였다. 이동국

속도 및 이동방향에 따른 칩 오프셋을 적용한 결과는 동기유지과정의 성능평가에서 제시한다.

2. 전력제어(power control)에 의한 성능 변화

전력제어의 측면에서의 분석은 이동통신채널 환경과 동시에 전력제어의 영향을 복합적으로 다루어 성능분석을 제시한다. 전력제어 영향은 특정 알고리즘을 적용하여 개발하고 그 결과를 제시하는 것은 아니라 불완전한 전력제어의 영향을 고려하기 위해 본 논문에서는 임의의 전력제어 범위를 설정하고 그 범위에서 임의의 전력제어가 이루어지는 것을 가정하여 결과를 도출하였다. 성능분석에 있어 사용된 코드는 다중경로에 의한 성능 변화 분석에서와 동일하게 적용하였다. 대표적으로 30 명, 60 명의 사용자를 가정하여 전력제어의 영향을 분석하였다.

색인에서 3 dB(30), 3 dB(60)은 불완전한 전력제어의 결과를 나타낸다. (·)의 숫자는 사용자 수를 의미하며 3 dB란 정규화된 전력의 3 dB 구간에서 전력제어가 이루어진다는 가정 하에 3 dB 구간 내에서 이동국의 전송 전력을 랜덤하게 결정하였다.

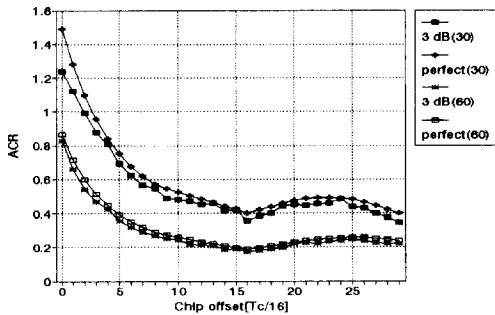


그림 6. 불완전한 전력제어에 의한 성능변화
Fig. 6. performance degradation caused by imperfect power control.

perfect(30), perfect(60)의 결과는 완전한 전력제어가 이루어진 경우의 결과를 나타낸다. 즉 모든 이동국의 전송신호가 정규화된 전력으로 고정함을 의미한다. 불완전한 전력제어의 결과 곡선의 떨리는 것의 주된 원인은 3 dB 구간에서 전력제어가 랜덤하게 처리되었기 때문이다. 전체적인 ACR 곡선의 형태는 불완전한 전력제어와 완전한 전력제어의 경우 거의 유사하며 전력제어에 의한 송신전력이 랜덤하게 처리되고 있으므로 정확하게 예측하기는 어렵다.

3. Async-CDMA와 Sync-CDMA의 성능 비교
본 절에서는 Async-CDMA와 Sync-CDMA의 비교를 ACR측면에서 비교하고 Sync-CDMA의 성능 결정에 따른 민감도(sensitivity)를 제시한다. 성능 비교를 위한 비교자료로서 대표적인 사용자의 수 10, 20, ..., 60명 각각에 대한 결과를 제시한다.

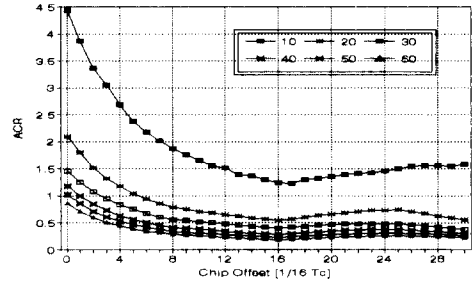


그림 7. Async-CDMA와 Sync-CDMA의 성능 비교
Fig. 7. Performance comparison of Async-CDMA and Sync-CDMA.

본 결과를 얻는 과정에서 완전한 전력제어(수신 기지에서 모든 사용자의 수신 전력이 동일)를 가정하였으며 AWGN은 SNR : 10 dB를 적용하였다. Async-CDMA의 특성은 동기에 신경쓰지 않으므로 칩 오프셋이 임의의 구간으로 설정할 수 있다. 그런데 ACR 특성을 볼 때 $1T_c$ 이상의 칩 오프셋 구간에서는 임의적으로 변화되므로 본 결과와 같이 $2T_c$ 구간만으로도 충분히 알 수 있다. 이에 상반적으로 Sync-CDMA의 성능은 최소 $1T_c$ 이상의 구간에서 최대 ACR 값보다는 큰 것을 선택하여야 한다. 즉 최소 Async-CDMA보다는 성능 면에서 우수하여야 한다. 그러므로 Sync-CDMA의 성능은 최소 $T_c/2$ 이내에서 동기를 맞추어야 한다. 그러므로 본 시뮬레이션 결과를 볼 때 16 sample/chip을 수행하는 경우 Sync-CDMA의 동기 성능은 $T_c/16, T_c/8, T_c/4$ 중에서 하나를 선택하여야 한다. Sync-CDMA 성능기준의 선택에 따른 민감도 측면에서 보면 동기요구 조건이 우수할 수록 적은 범위의 칩 오프셋 선택 민감도가 커짐을 알 수 있다.

IV. 동기 과정 성능 분석

1. 초기동기 과정 성능 분석

우선 이동국의 파일럿 신호는 통화채널로 들어오기

전에 이동국이 수신한 기지국의 파일럿으로부터 기준 시간을 획득하여 계속적으로 기지국으로 전송하고 있는 상태이다. 이 파일럿 신호를 기지국이 포착하고 계속적으로 추적하는 상태에서 통화를 요구하게 되면, 동기를 위한 초기동기 과정으로 들어가게 된다. 초기 동기 과정에서 이동국이 가지고 있는 기준 시간은 기지국이 가지고 있는 기준 시간에 비하여 $2r/c(2 \times (\text{이동국과 기지국 사이의 거리}(r)/\text{빛의 속도}(c)))$ 의 시간에 해당하는 침만큼의 오프셋을 가지고 있다. 이러한 값을 초기 동기 과정에서 일정 수준으로 만들어 주어야만 페루프 동기 제어가 가능하게 된다. 초기동기 과정의 세밀한 시간 분류에 대하여 (그림 8)에 도시하였다.

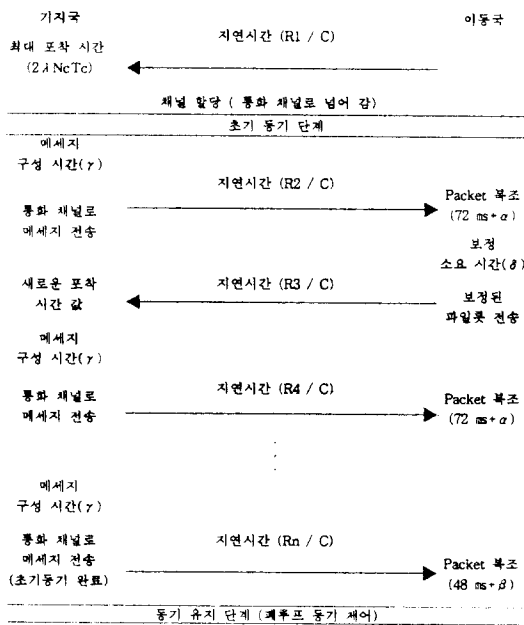


그림 8. 초기 동기 과정
Fig. 8. initial synchronization procedure.

이를 설명하면 먼저 기지국은 자신이 가진 이동국의 기준 시간과의 차이를 이동국으로 전송하여 준다. 이때 실제 메시지의 형태로 전송이 이루어지는데, 메시지의 각 영역을 볼 수 있는 것은 네트워크 계층이다. 그리고 메시지를 실제로 구성하여 보내는 것은 하드웨어인 1 계층이다. 따라서 관리 계층을 통하여 1 계층으로 전송하도록 명령하고 이와 같은 명령이 완전히 수행되는데는 시간이 소요하게 된다. 그런데 이러한 값을 매우 작게 하게 되면 시스템에 많은 부하가 가해진다. 따라서

적당한 시간 결정이 요구된다. 이러한 시간을 “메시지 구성 시간”이라고 표현하여 따로 분류하였다. 이동국과 기지국 사이의 메시지를 전송할 때 지연 성분이 존재하며, 이동국이 메시지를 하드웨어적으로 복조하는 시간과 이동국이 보정치를 가지고 실제로 보정하는데 걸리는 시간을 따로 분리하였다.

그리고 이와 같은 시간에 이동국은 이동하게 되며, 이동국의 이동 거리는 이동국 파일럿을 수신하는 기지국에서 보면 오프셋이 발생하게 되는 요인이다. 보정된 이동국 파일럿이 기지국에서 다시 포착을 하는데도 시간을 소모하게 되는데, 이 시간을 “새로운 포착 시간 값”으로 하였다. 그리고 새롭게 포착이 이루어지면 이때의 오프셋이 요구하는 값 이하이면 동기 일치 제어 정보를 전송한다. 반면에 요구하는 수준이 아니면 앞의 과정이 반복된다.

초기 동기 데이터는 메시지의 형태로 전송됨에 따라서 사용되는 메시지의 구성 및 물리계층, 데이터 링크 계층 및 네트워크 계층의 메시지 구성을 보고 사용되는 물리계층의 프레임 수를 계산하여야 한다. 참고 문헌 [4]로부터 물리계층의 시그널링을 위한 1개의 프레임은 12 ms로 구성되는데 24 비트 중에서 4 비트는 제어 비트로 사용이 되고 20 비트는 시그널링을 위한 비트로 사용이 된다. 그리고 기본적으로 정보를 포함하는 메시지의 2 계층을 구성하기 위해서는 8 Octet가 요구된다.

3 계층은 실제 메시지를 구성하는 요소로 상호동기에 사용되는 메시지는 2 개가 있다. 먼저 역방향 동기 메시지를 전송하기 위하여 요구되는 비트 수는 6 Octet이다. 따라서 역방향 동기 메시지를 전송하기 위하여 필요한 비트는 14 Octet 로 6 개의 프레임이 사용된다. 따라서 역방향 동기 메시지를 구성하는데 걸리는 시간은 (그림 8)에 도시한 것과 같이 72 ms가 소요되며, 메시지를 복조하기 위하여 72 ms + α의 시간이 소요된다. 여기서 α는 시스템 설계 파라미터로 이 값을 얼마나 길게 또는 짧게 주느냐가 초기동기에서 중요한 문제가 된다.

또다른 하나의 메시지는 통화 채널 시작 메시지만테 계층 3에서 요구되는 비트 수는 2 Octet이다. 따라서 전체적으로 필요한 비트 수는 10 Octet이고 물리적인 프레임 수는 4 개의 프레임이 사용된다. 통화채널 시작 메시지를 구성하는데 걸리는 시간은 (그림 8)에 도시한 것과 같이 48 ms가 소요되며, 메시지를 복조하기 위하

여 $48 \text{ ms} + \beta$ 의 시간이 소요되는데 β 는 시스템 설계 파라메타이다.

이와 같은 메시지 구성에 필요한 물리적 프레임 수를 이용하여 초기 동기에 소요되는 전체 시간은 다음과 같이 계산이 된다.

$$\begin{aligned} & \text{초기 동기에 소요되는 전체 시간} = \\ & N * [\text{메시지 구성 시간} (\gamma) \\ & + \text{기지국에서 이동국으로 메시지 전송 지연 시간} \\ & + \text{Packet복조}(72 \text{ ms} + \alpha) + \text{이동국에서 기지국으로 전송하는 시간} \\ & + \text{다시 포착하는 시간}] \\ & + \text{기지국에서 이동국으로 전송 지연 시간} + \\ & \text{Pack복조}(48 \text{ ms} + \gamma) \end{aligned}$$

여기서, 전송지연 시간은 기지국으로부터 이동국까지의 거리÷빛의 속도이며, “새로운 포착 시간 값”의 계산을 위하여 Double Dwell Time 시스템을 가정하였다. 이 때 첫 번째 Dwell 시간은 $381 \mu\text{s}$, 두 번째 dwell 시간은 $778 \mu\text{s}$ 으로 가정하였다. 그리고 셀의 최대반경을 500 m 로 할 때 지연시간은 $500/3 \times 10^8 = 1.667 \mu\text{s}$ 이고 기준시간에서의 최대 칩 오프셋은 $1.667 \mu\text{s} \times 4.608 \text{ Mcps} = 7.68$ 칩이다. 따라서 탐색해야 할 칩 수는 앞 뒤 구간 ± 8 칩이다. 그리고 한편 ± 12 칩을 여유 구간으로 두었을 때, 자신이 알고 있는 기준 시간을 중심으로 확정탐색의 개념으로 추적해야 할 셀의 수는 $q = 40 \times 2 = 80$ 이다. 그리고 일반적으로 Double Dwell Time 시스템의 포착평균시간은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

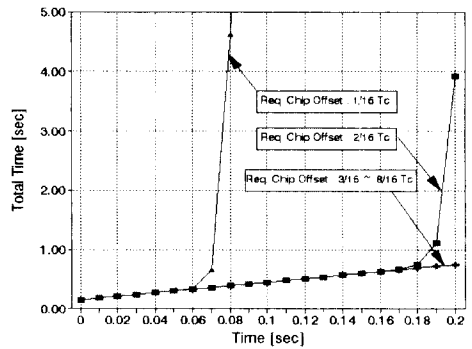
$$\bar{T} = \frac{2 - P_D}{2P_D} [\tau_{D1} + \tau_{D2} P_{FA1} (1 + K P_{FA2})] q \quad (9)$$

수식 (9)을 이용하여 새롭게 포착에 걸리는 시간은 28 ms 이다. 이를 이용하여 초기동기 과정을 시뮬레이션 하면 다음과 같다.

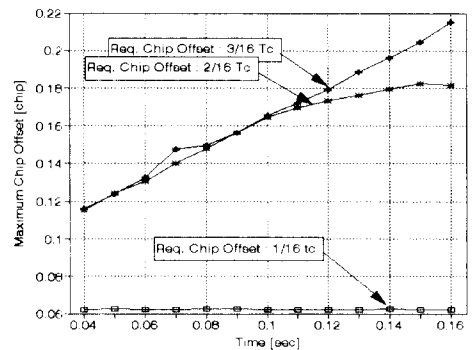
시뮬레이션에서 이동국의 초기 속도를 100 km/h 라고 가정하고 시간 해상도를 0.001 sec 로 하여 0.001 sec 마다 가속도와 이동의 방향을 결정하여 이동국의 이동 거리를 계산하였다. 이때 계산에 이용된 가속도의 최대 허용 범위는 10 km/h 로 하여 임의의 값을 가지도록 하였다. 이때 새로운 포착 시간 값은 0.028 sec 을 적용하였고 전체 수행은 $10,000$ 회를 하였다. 그리고 일반적으로 이동국과 기지국의 시스템은 대칭적 구조를 가

지기 때문에 “메시지 구성시간”과 “보정 소요 시간 값”은 동일하게 보였다. 다음의 그림에서 x 축은 “메시지 구성시간” 또는 “보정 소요 시간 값”을 의미한다.

(그림 9.a)에서 $1/16 T_c$ 으로 제한할 때, 메시지 구성 시간이 0.06 sec 이상의 값이 되면 급격히 소요 시간은 증가한다. 그리고 $2/16 T_c$ 로 제한하면 0.16 sec 이상이 되면 급격히 증가한다. (그림 9.b)는 각각의 요구되는 오프셋의 경우에 대하여 메시지구성 시간 및 보정 시간에 따른 초기 동기가 완료된 후의 최종 오프셋을 보였다.



(a) 시간 지연에 대한 초기동기 소요시간



(b) 시간지연에 대한 최종 칩 오프셋

그림 9. 초기동기 소요시간 및 최종 칩 오프셋
Fig. 9. Required initial synchronization time and final chip offset.

다음으로 이동체가 보행자인 경우에 대하여 고찰을 하였다. 이때 이동국의 초기 속도는 4 km/h 라고 가정하였고, 다른 조건은 앞의 경우와 동일하게 적용하였다. 요구되는 칩 오프셋이 $1/16 T_c$ 일 때 메시지 구성 시

간 및 보정시간에 따른 초기 동기에 걸린 시간을 도시하였다. x 축이 0일 때 0.15 sec 정도가 나오는 것은 보조에 걸리는 시간(72+48 ms)에 포착 시간(0.028 sec)이 더해진 값이다. 이동국이 보행자인 경우 대부분 1번의 보정에 의하여 초기 동기가 완료됨을 알 수 있다.

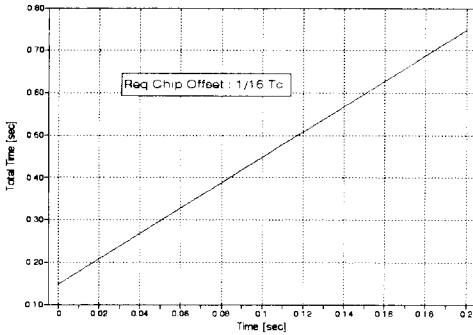


그림 10. 시간지연에 대한 최종 오프셋 (보행자)
Fig. 10. Final offset to time delay(for pedestrian).

앞의 고찰로부터 보행자의 경우는 초기동기에 큰 문제가 없지만, 차량인 경우는 초기동기를 $1/16 T_c$ 또는 $2/16 T_c$ 로 제한하면 초기 동기 루프가 무한히 진행되는 결과를 초래한다. 그리고 $3/16 T_c$ 로 제한을 하더라도 통화채널 시작 메시지에 보정치가 없기 때문에 최종 칩 오프셋 값은 제한치보다 큰 값을 가지게 될 수 있다. 따라서 $1/16 \sim 3/16 T_c$ 와 같이 초기동기를 제한하는 것보다는 $1/4 (=4/16) T_c$ 또는 반 칩안에 들어가도록 제한하면 거의 대부분의 이동체 속도에 대해서 한 번의 보정이 이루어진다. 그리고 동기 유지단계에서 보다 세밀한 보정을 해주는 것이 더 빠르게 동기를 맞출 수 있을 것으로 기대한다.

2. 동기유지 과정 성능 분석

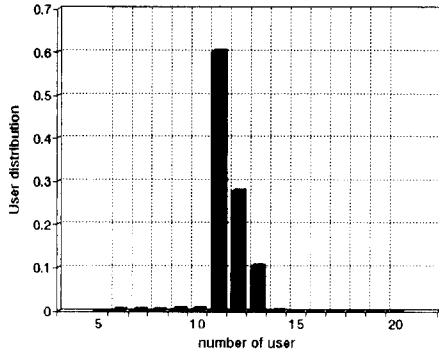
본 절에서는 KMT 제안 알고리즘 중에서 동기유지 과정에 대한 성능평가와 주요 현안을 분석한다. 일반적으로 동기유지과정의 점검을 위한 셀 모델의 묘사를 일차적으로 제시하였고, 이를 이용하여 동기유지과정에서 요구되는 제어신호의 전송시간을 다양한 성능기준에 따라 제시한다.

1) 셀 환경 묘사

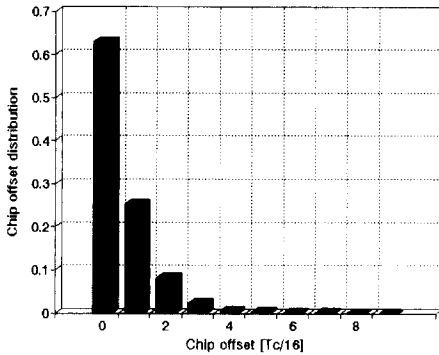
PCS를 위한 셀환경의 묘사는 셀 모양과 셀 내에서 개인 이동국의 이동 특성의 지정을 요구한다. 셀 모양

은 1 km^2 의 정사각형 셀을 가정하였고 셀 내에는 100 m 마다 교차로가 있는 것으로 가정하였다. 개인 이동국은 보행자와 차량으로 크게 분류하여 제시하기로 한다. 보행자의 경우 4 km/h (1.11 m/s) 속도로 이동함을 가정하였고 가속은 되지 않는 것으로 설정하였다. 차량의 경우 초기속도는 60 km/h 로 가정하였고 최대 속도는 100 km/h (27.78 m/s)로 설정하였다. 가속의 범위는 10 km/h/s (즉 2.78 m/s^2)로 하여 모델링되었다. 이동국의 방향전환은 셀 내의 교차로에서만 가능하고 교차로에서는 4 방향(동, 서, 남, 북)으로 무작위적으로 변화될 수 있다. 셀내에서 이동국의 수 정의에 대하여 알아보면 다음과 같다. 이동국은 통화상태에 있는 이동국과 그렇지 않은 경우로 나누어 볼 수 있는데 통화 상태에 있는 이동국만이 역방향 상호동기에서 의미가 있다. 따라서 본 모델에서는 이동국이 통화채널을 할당받은 다음에 통화상태에 있는 이동국의 수를 결정하여야 한다. 셀내에서 최소 통화자의 수를 5명으로 가정하였고 최대 통화를 할 수 있는 사용자의 수를 60명으로 가정하였다. 셀내의 초기 사용자 값은 평균 사용자 수로 할당하였다. 이동국이 통화상태에서 유휴상태로의 전환은 초기에 임의적으로 사용자의 통화시간을 할당하여 그시간 동안 통화를 하고 유휴상태로 가는 것으로 모델링 하였는데, 이때 사용하던 채널은 빈 것으로 하여 다음의 사용자가 사용할 수 있도록 하였다. 그리고 유휴상태의 사용자가 통화채널로 들어 올 때에는 빈 채널을 임의적으로 할당하여 통화상태로 들어오는 것을 가정하였다. 또한 셀을 묘사함에 있어 어떤 이동국이 현재의 위치에 머무르고 있는 것이 아니라 계속적으로 이동하고 있기 때문에 관찰하고 있는 셀 영역을 벗어나거나, 관찰하고 있는 셀로 들어오는 핸드오버가 일어나게 되는데 이 또한 이동 셀환경 묘사에서는 매우 중요하다. 따라서 이와 같은 핸드오버 묘사를 알아보면 다음과 같다. 핸드오버에 따른 이동국의 수는 관찰되는 셀안에 있는 임의의 이동국이 시간 해상도에서 가속도, 속도, 위치 등을 결정할 때 자신의 셀을 벗어나는 이동국이 발생할 경우, 이동국은 다른 셀로 핸드오버된 것을 가정하고 사용하던 채널이 빈 것으로 한다.

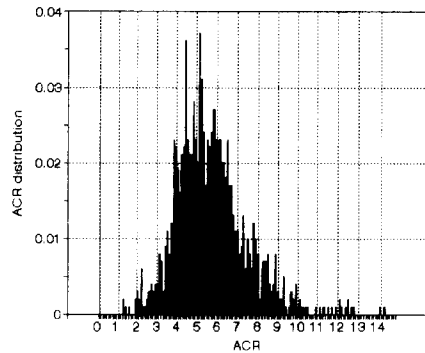
이와 같은 셀 모델의 특성을 제시하기 위하여 일정 시간 동안의 이동국의 수, 칩 오프셋, ACR의 분포를 제시하면 다음과 같다.



(a) 사용자 분포



(b) 칩 오프셋 분포



(c) ACR 분포

그림 11. 셀 특성 제시를 위한 분포함수(초기 사용자 : 10명)

Fig. 11. Density function to cell environment(the number of user : 10).

시뮬레이션에서 적용된 코드의 종류 및 고려된 PCS 환경은 2 ~ 3 장에서 분석한 모든 것을 복합적으로 취급하였다. 초기 사용자의 수를 10 명으로 가정하였고 3 초 단위로 사용자의 증감을 적용하여 500초 동안의 결과를 제시한 것이다. 칩 오프셋의 경우 시간 해상도를 0.05초 단위로 하여 각 사용자의 이동에 따른 칩 오프셋의 분포를 제시한 것이다.

2) 제어신호의 전송주기

본 절에서는 동기유지과정에 있어 역방향 링크에서 각 이동국의 동기를 위해 전송되는 동기제어정보의 전송시간에 대한 해석을 제시한다. 동기유지를 위한 제어 정보 전송의 전송 주기를 측정하기 위해서는 일차적으로 제어정보를 전송해야 할 임계값의 설정이 요구된다. 본 논문에서는 임계값의 설정을 사용자의 수 및 칩 오프셋에 따라 다음과 같이 설정하였다.

표 1. 사용자의 수 및 칩 오프셋에 따른 임계 ACR

Table 1. Threshold ACR according to the number of user and chip offset.

PN_offset \ User 수	10	20	30	40	50	60
1[Tc/16]	3.863973	1.803376	1.254161	1.001943	0.859913	0.712482
2[Tc/16]	3.367356	1.517426	1.082690	0.850525	0.717990	0.595523
3[Tc/16]	3.052299	1.318237	0.939727	0.732268	0.615695	0.510138
4[Tc/16]	2.687089	1.181017	0.834076	0.638314	0.532843	0.444632
5[Tc/16]	2.372635	1.048322	0.749499	0.563802	0.472050	0.388155
6[Tc/16]	2.177842	0.940156	0.676128	0.503637	0.421314	0.349847
7[Tc/16]	2.017958	0.862458	0.616272	0.457834	0.379105	0.315825
8[Tc/16]	1.867545	0.789708	0.563950	0.417014	0.346889	0.287855

위 표의 결과는 지정된 사용자의 수 및 오프셋에 따라 다수의 결과를 평균적으로 취함으로서 임계치를 결정 하였다. 이러한 임계값을 적용하여 동기유지를 위한 제어정보의 전송시간 측정 과정을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 이동국의 이동에 따라 칩 오프셋(Δt : 이동에 따른 지연) 부가
- ② 성능기준 검사
- ③ 임계치에 이르면 동기제어정보 전송

- 이동국 이동에 따른 칩 옵셋 보상
- 이동국 초기거리를 새롭게 지정

④ 동기제어정보의 시간 간격 측정

이와 같은 방법으로 시간 간격을 측정하였으며 시물레이션 시간 해상도의 결정은 다음과 같은 기본 이론 및 시물레이션 시간을 고려하여 다음과 같이 설정하였다.

KMT-PCS의 chip rate가 4.608 Mbps이기 때문에 한칩 구간 및 $T_c/16$ 의 구간은 시간적으로 다음과 같이 설정될 수 있다.

$$\text{chip duration}(T_c) \rightarrow 0.217 \mu\text{s}, T_c/16 \rightarrow 0.01356 \mu\text{s}$$

$T_c/16$ 의 시간 단위의 환산은 본 시물레이션에 있어 16 sample/chip을 적용하였기 때문이다. 그러므로 1 칩 지연에 해당되는 거리와 $T_c/16$ 지연에 해당되는 거리는 다음과 같다.

$$T_c \rightarrow 65.1 \text{ m} = 3 \cdot 10^8 (\text{m/s}) \times 0.217 \mu\text{s}$$

$$T_c/16 \rightarrow 4.068 \text{ m} = 3 \cdot 10^8 (\text{m/s}) \times 0.01356 \mu\text{s}$$

이를 이용하여 시물레이션에 있어 해상도를 구할 수 있다. 한 예로서 개인국의 최대 속도를 100km/h인 경우에 대한 시간 해상도는 다음과 같이 구할 수 있다. 그리고 여기서 요구되는 칩 옵셋을 $T_c/16$ 으로 한다. $T_c/16$ 에 해당되는 거리가 4.068 m에 해당되므로 시간 해상도는 다음과 같다.

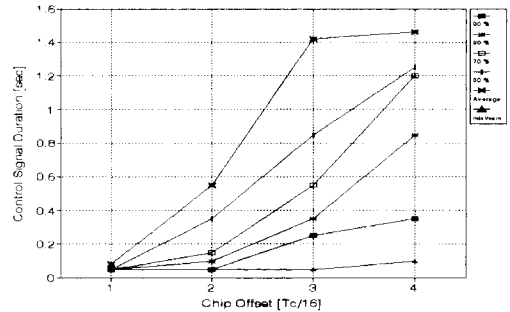
$$4.068 \div 27.78(\text{m/s}) = 0.146(\text{s})$$

따라서 $T_c/16$ 을 해상도의 기준으로 하는 경우 시간 해상도는 0.14 sec 이면 가능하다. 셀 모델에서 이동국이 차량인 경우 최대 속도를 100 km/h로 가정하였고 보행자의 경우 4 km/h로 고정하였으므로 충분히 0.14 sec 정도의 시물레이션 해상도면 칩 옵셋에 따른 동기 유지과정에서의 제어정보의 요구되는 전송 시간을 측정할 수 있다. 본 프로그램에서는 해상도를 높인다는 측면에서 0.05 sec의 시물레이션 해상도를 적용하였다.

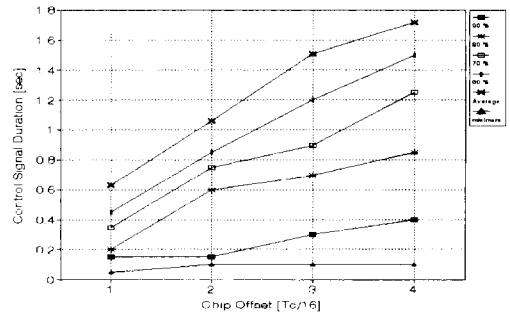
대표적인 예로 10 및 60 명 사용자에 대한 전송 주기를 위의 시물레이션 환경을 적용한 결과를 (그림 12)에 도시하였다.

(그림 12)은 (표 1)의 임계치를 PN 옵셋이 1 ~ 4 $T_c/16$ 인 경우를 시간 해상도는 0.05 초로 하여 전체 시물레이션 시간은 500 초로 하여 동기제어신호의 전

송주기를 측정하였다.



(a) 10 명 사용자



(b) 60 명 사용자

그림 12. 칩 옵셋에 따른 전송 주기
Fig. 12. Transmission period according to chip offset.

색인에 나온 값은 전송 주기의 최소값, 평균값 그리고 90%에 해당하는 값, 80%에 해당하는 값을 도시하였다. 이 때 전송주기를 어느 값으로 할 것인지는 시스템의 부하의 정도에 따라 결정하여야 한다. 위의 그림에서 볼 수 있듯이 요구되는 칩 옵셋이 증가하면 할수록 전송주기는 증가한다.

한편 이론적인 수치계산에 의한 동기제어정보 신호의 주기를 알아보면 다음과 같다. 이 때 이동국이 보행자인 경우 속도는 4 km/h이고 차량의 경우 100 km/h의 경우이다. 이동국의 위치 변화에 따른 chip delay는 보행자의 경우와 차량의 경우 다음과 같다.

$$\begin{cases} \text{보행자 중심} : 0.0171 T_c / \text{sec} \\ \text{차량 중심} : 0.256 T_c / \text{sec} \end{cases}$$

따라서 동기 제어 신호의 주기($T_c/16$ ($0.0625 T_c$))를 성능 기준으로 계산)는 다음과 같다.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{보행자 중심 : 3.65 sec} \\ \text{차량 중심 : 0.24 sec} \end{array} \right.$$

따라서 환경이 고려되지 않고 단순히 이동체의 속도에 따라 이론적으로 계산값과 환경을 고려하여 시뮬레이션으로부터 얻은 값을 비교할 때, 최악의 경우 모두를 시스템이 동기가 맞도록 해주려면 이론적인 값보다는 좀 더 빨리 데이터를 전송해 주어야 한다. 그러나 이 전송 주기값이 시스템에 큰 부하를 주는 것은 아니다.

V. 결 론

CDMA 접속 방식을 적용한 PCS 시스템의 셀용량 증대를 위하여 KMT-PCS 시스템에서 역방향 동기 방식이 제안되었다. 그러나 KMT-PCS에 Sync-CDMA(역방향 상호 동기)가 적용되기 위하여 제어 신호의 전송 주기, 초기 동기의 범위, Sync-CDMA와 기존 Async-CDMA 시스템과의 성능 비교, 시스템 복잡성 등에 대한 연구가 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 CDMA 기저대역을 모델링하여 사용자 구분 코드로서 직교코드를 사용할 때 역방향 상호동기가 이루어진 시스템에서만 용량의 증대를 이룰 수 있음을 제시하였으며, 이동환경 특성이 Sync-CDMA에 미치는 영향으로 자신의 $1 T_c$ 이상의 다중 경로성분이 직경로만을 가진 성분에 비하여 큰 성능 열화를 가져옴을 제시하였고, 전력제어의 영향도 제시하였다. 그리고 Sync-CDMA와 Async-CDMA의 성능 비교에 있어 시스템이 Sync-CDMA이기 위해서는 모든 사용자가 최소한 $1/2 T_c$ 안에 있어야 함을 보였다.

초기동기의 분석에서 "새로운 포착 시간 값"을 28ms로 할 때 시스템에 부하를 주지 않으면서 초기동기가 이루어지기 위해서는 $1/4 T_c$ 이상으로 제한해야 함을 제시하였다. 동기유지 과정에서는 새로운 성능기준을 제시하였고, 이를 이용하여 동기제어신호의 주기를 구하였다. 여기서 요구되는 칩 윗셋이 증가하면 할수록 전송주기는 증가함을 제시하였다.

따라서 역방향 상호 동기는 시스템에 큰 부하를 주

지 않으면서, 동기 제한의 정도에 따라 큰 시스템 용량 증대를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

* 본 연구 논문은 1995년도 한국이동통신의 PCS 과제 중에서 "역방향 채널간 상호동기 구현"에 관한 수탁과제 결과임.

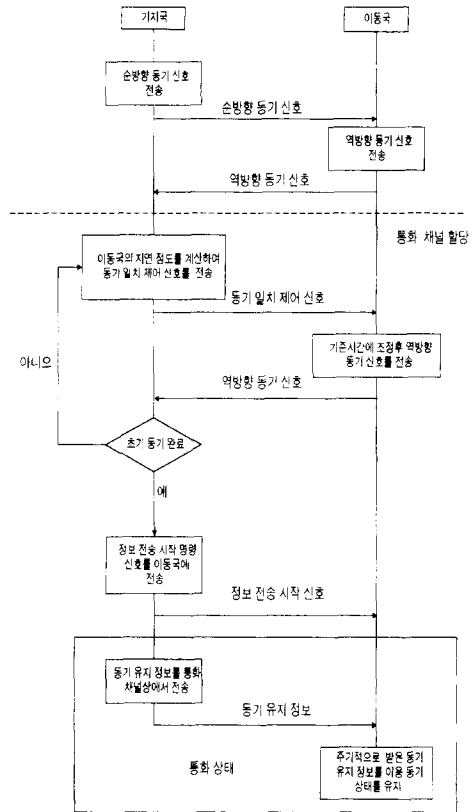
참고문헌

- [1] 류승문, 정병기, "완전 직교성을 보상하는 부호 분할 다중접속 방식용 부호열," 1991. 5., 특허출원중
- [2] 안병철, 최안나, 박용완, 류승문, "DS-CDMA 이동통신에서 역방향링크의 페루프 동기기법," *KMT Technology*, 1994
- [3] 박용완, 안병철, 최안나, 류승문, "CDMA를 이용한 PCS 시스템의 무선 접속 구조 및 특성," *JCCI'95*, 경북 경주, 1995. 4
- [4] *KMT-PCS 무선 접속 규격(초안)*, 한국이동통신 중앙연구소, 1995. 6
- [5] *Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mobile Wideband Spread Spectrum Cellular System*, Telecommunications Industry Association, July 1993.
- [6] *PCS-JTC(AIR)/94.09.23-065R6*, San Diego, CA pp. 5~46.
- [7] J. K. Omura, "Spread Spectrum Radios for Personal Communication Services," *Proceedings of ISSSTA'92*, Nov. 1992.
- [8] R. C. Dixon, *Spread Spectrum System with Commercial Application*, John Wiley, 1994.
- [9] Dipl.-Ing. Peter Kempf, "On Multi-User Detection Schemes for Synchronous Coherent CDMA System," *Proceedings of ICC'95*, 1995.
- [10] Simon, Omura, Scholtz, Levitt, *Spread Spectrum Communication Handbook*, McGraw-Hill Inc., 1994.
- [11] W. C. Jakes, Jr., ed., *Microwave Mobile Communications*, New York, John Wiley,

1974.

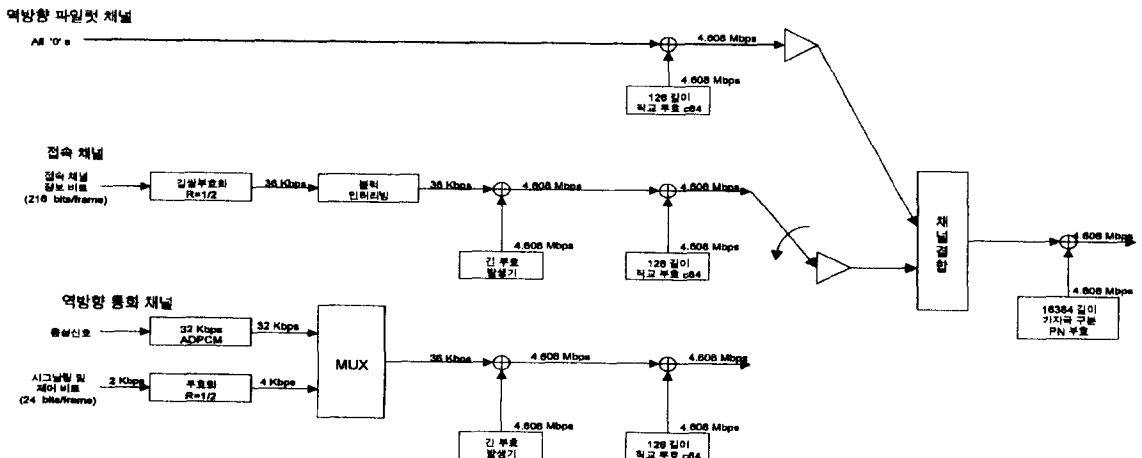
- [12] M. J. Stehouwer, "Effects of imperfect synchronization on a Direct Sequence Spread Spectrum Communication System," *Proceedings of PIMRC '94*, pp. 462~466. Sep., 1994.
- [13] A. Kafiwara, "On Synchronous CDMA for Mobile Communications," *Proceedings of GLOBECOM '92*, pp. 858~862. Dec., 1992.
- [14] R. D. Gaudenzi, C. Elia, R. Viola, "Bandlimited Quasi-Synchronous CDMA : A Novel Satellite Access Technique for Mobile and Personal Communication Systems," *IEEE JSAC*, Vol. 10. No. 2, pp. 328~343, Feb., 1972.
- [15] R. D. Gaudenzi, T. Garde, F. Giannetti, M. Luise, "A Performance Comparison of Orthogonal Code Division Multiple-Access Techniques for Mobile Satellite Communications," *IEEE JSAC*, Vol. 13, No. 2, pp. 325~331, Feb., 1995.
- [16] Nobert L. B. Chan, "Multipath Propagation Effects on a CDMA Cellular System," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, Vol. 43, No. 4, pp. 848~855, Nov., 1994.

◆ 부록 1 : KMT 제한 알고리즘



◆ 부록 2 : KMT 역방향 채널의 구조

(1995. 6. 30 KMT-PCS 시험용 시스템 무선접속 규격(안)을 참조)



저 자 소 개



金炳均(正會員)
 1992년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사). 1994년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1994년 3월 ~ 현재 성균관대학교 대학원 박사과정. 주관심 분야는 위성통신, 이동통신, 디지털통신 기술 등임

통신, 이동통신, 디지털통신 기술 등임



金根大(正會員)
 1994년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사). 1996년 2월 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1996년 3월 ~ 현재 (주)데이콤 종합연구소 통신시스템 연구팀 근무. 주 관심 분야는 이동

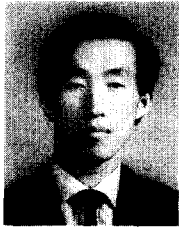
통신, 데이터 통신 등임.



金信才(正會員)
 1995년 3월 성균관대학교 전자공학과 졸업(학사). 1995년 3월 ~ 현재 성균관대학교 대학원 석사과정. 주관심 분야는 위성통신, 이동통신, 디지털통신 기술 등임

安乘徹(正會員)

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(학사). 1986년 3월 ~ 1993년 삼성전자 통신연구소 근무. 1993년 ~ 현재 한국이동통신 PCS 추진본부 선임연구원. 주관심 분야는 이동통신, 개인 휴대 통신 등임



崔炯辰(正會員)
 1974년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(학사). 1976년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과 졸업(석사). 1976년 3월 ~ 1979년 7월 주식회사 금성사 중앙연구소 근무(연구원). 1979년

9월 ~ 1982년 12월 미국 University of Southern California 전기공학과 박사(Ph.D). 1982년 10월 ~ 1989년 2월 미국 LinCom Corp. 연구원으로 근무. 1989년 3월 ~ 현재 성균관대학교 전자공학과(부교수). 주관심 분야는 디지털통신, 무선통신, 이동통신, 위성통신 및 동기화 기술을 포함한 Modem 기술 등임