

# 역방향 동기식 전송방식과 간섭제거방식 성능 비교

정희원 박장원\*, 홍인기\*, 이승룡\*

## Performance Comparison between Uplink Synchronous Transmission Scheme and Interference Cancellation Technique

Jang-Won Park\*, Een-Kee Hong\*, Seung-Ryong Lee\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 IMT-2000 3GPP 규격 물리 채널에 따른 역방향 동기식 전송방식(USTS: Uplink Synchronous Transmission Scheme)의 성능을 다양한 채널 환경에 대하여 평가하였으며, 그 결과를 간섭제거 기술에 의한 간섭 제거 효과와 비교 평가하였다. 시뮬레이션 결과 간섭제거 기법에서는 초기 결정값의 정확도에 따라 그 성능이 매우 크게 변화하는 데에 비하여 역방향 동기식 전송 방식은 안정된 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 또한 매우 많은 사용자 환경에서는 역방향 동기식 전송 방식으로 제거되지 않은 간섭 성분들이 축적되어 그 성능이 열화되는 경향이 있는 반면, 간섭제거 기법에서는 초기 결정값의 정확도만 어느 정도 보장된다고 하면 간섭 신호를 효과적으로 제거할 수 있을 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

In this paper, the performances of USTS(Uplink Synchronous Transmission Scheme) based on the IMT-2000 3GPP physical layer specification are evaluated over various channel environments. In addition, its performances are compared with those of interference cancellation technique. The simulation results show that USTS is able to stably cancel out multiple access interferences under various channel environments, while the performances of interference cancellation technique heavily depend on the accuracy of initial decision and channel environments. When the number of users is very large, the performance of USTS is degraded due to the accumulation of residual interference such as multipath interference that is not cancelled by USTS, but the interference cancellation techniques efficiently eliminate interference under the assumption of reliable initial decision.

### I. 서론

IS-95에 정의된 DS-CDMA(Direct Sequence Code Division Multiple Access) 하향링크에서는 셀 내의 사용자 신호간의 동기가 설정되어 있어 각각의 사용자를 직교코드로 구분하여 사용자들간의 간섭을 줄일 수 있다. 그러나 상향링크에 있어서는 이동국들이 지역적으로 랜덤하게 분포되어 있기 때문에 사용자들이 동시에 신호를 전송하더라도 신호가 기지국에 도착할 때는 동기가 맞지 않아 사용자들 사이에 코드의 직교성이 유지되지 못한다. 이는 각 상향

링크에 있어서 다중 접속 간섭(MAI: Multiple Access Interference)을 효과적으로 줄이지 못하는 원인이 되고, 이러한 점들을 보완하기 위하여 역방향 동기식 전송방식이 제안되어진 바 있다<sup>[1]</sup>. 이 기술은 랜덤하게 분포해 있는 이동국들의 신호가 기지국에 도달하였을 경우, 이동국과 기지국 사이의 거리는 상관없이 동기가 설정될 수 있도록 지속적으로 이동국들의 전송시점을 조절하도록 하고 있다. 이 기술을 통하여 상향링크에서도 직교코드를 사용함으로써 사용자간의 간섭을 줄일 수 있다.

또한 다중 접속 간섭(MAI: Multiple Access Inter-

\* 경희대학교 전자정보학부  
논문번호: 00473-1215, 접수일자: 2000년 12월 15일

ference)을 줄여주기 위한 방식으로 다중 사용자 검출 (MUD: Multi-User Detection) 방식 등에 관한 연구 역시 활발히 진행되고 있다<sup>2,3)</sup>. 다중 사용자 검출기의 가장 기본적인 형태는 최적 검출기 (Optimal Detector)로 ML(Maximum Likelihood)방법이 대표적이다. 최적 검출기의 경우 성능은 매우 우수하지만, 사용자의 수가 증가하면 시스템의 복잡성이 지수 함수적으로 증가하여 실제 시스템의 적용은 어렵다<sup>3)</sup>. 따라서 다중 접속 간섭을 제거하는 성능은 최적 검출기 보다는 떨어지지만 복잡도 대비 성능이 뛰어난 부최적 검출기(Sub-optimal Detector)에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 이중 비선형 다중 사용자 검출기는 각 사용자의 수신신호에서 다른 사용자의 간섭신호를 제거하는 방법으로 계산량이 적고 구조가 비교적 간단하다. 비선형 다중 사용자 검출기의 대표적인 방식으로는 직렬 간섭 제거 방식(SIC: Serial Interference Cancellation)과 병렬 간섭 제거 방식(PIC: Parallel Interference Cancellation)을 들 수 있으며, 일본의 경우 NEC나 NTT DoCoMo 등에서는 자체에서 개발한 알고리즘에 의한 간섭제거 기술을 실제 구현하고 있다. W-CDMA(Wideband CDMA) IMT-2000 표준안에도 간섭제거 기술이 구체적으로 기술되어 있는 않지만, 이미 이들 방식을 수용하기 위한 Short Scrambling 코드가 선택사항으로 채택되어 있다.

기존의 논문들에서는 역방향 동기식 전송방식의 기본적인 성능평가만 이루어져 실제 IMT-2000 방식에 의한 변복조 및 대역확산방식을 적용하였을 경우나 ITU-R에서 제시한 채널 환경에 따른 성능평가는 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 IMT-2000 물리채널에 맞추었을 때 역방향 동기식 전송방식의 성능평가가 다양한 환경에서 수행되었으며 그 결과를 간섭제거 기법에 의한 간섭제거 효과와 비교 분석하였다. 두가지 기술 모두 다중 접속 간섭을 제거하기 위한 것으로 역방향 동기식 전송방식의 경우 동기 설정의 정확도, 채널환경, 특히 다중 경로가 차지하는 전력비 등이 성능을 결정짓는 주된 요인이 되고, 간섭제거 기술의 경우 초기 결정값과 채널 추정치의 정확도가 성능을 결정짓는 주된 요인이 될 것이다. 따라서 다양한 조건하에서 두가지 기술에 의한 성능을 비교하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 역방향 동기식 전송 방식과 그 성능에 관하여 기술하였고, 3장에서는 역방향 동기식 전송방식과 간섭제거 기술의 성능비교를 시뮬레이션을 통하여 보였고 마치

막으로 4장에 결론을 맺었다.

## II. 역방향 동기식 전송 방식

1. 역방향 동기식 전송 방식에서 변조 및 확산 방식 역방향 동기식 전송방식을 위해서는 다음과 같은 조건들을 만족해야 한다.

첫째, 셀 내의 모든 물리 채널(DPCH: Dedicated Physical Channel)은 같은 스크램블링 코드를 사용하여야 한다.

둘째, 모든 이동국의 물리 채널에는 서로 다른 채널화 코드(Channelization Code)가 할당되어야 하고 확산인자와 코드번호는 네트워크로부터 전달 받는다. 이때 채널화 코드는 채널마다 다른 확산인자와 칩레이트들 사이에서도 직교성이 보존될 수 있는 OVFS (Orthogonal Variable Spreading Factor)코드가 사용된다.

셋째, 한 이동국의 데이터 채널(DPDCH: Dedicated Physical Data Channel)과 제어 채널(DPCCH: Dedicated Physical Control Channel)에 할당되는 채널화 코드는 최대값대 평균 전력비(Peak to Average Power Ratio)를 줄여 단말기의 전력소모를 줄여주기 위하여 OVFS 코드의 가지의 중앙을 기준으로 위쪽이나 아래쪽 한쪽에서만 할당 받는다.

넷째, 모든 채널화 코드가 사용되어 더 이상 채널화 코드를 할당할 수 없을 경우 셀에 추가적인 스크램블링 코드들을 할당할 수 있다.

그림 1은 역방향 동기식 전송 방식에 의한 변조 및 확산 방식에 관한 구성도이다. 그림에서 보듯이 하나의 이동국은 보내고자 하는 데이터의 양에 따라 데이터 채널을 하나에서 여섯개 까지 사용할 수 있으며 하나의 제어채널을 가지고 있다. 최소한의 신호 전송 방식으로는 하나의 데이터 채널에 하나의 제어 채널을 전송하는 구조로 되어있으며 데이터 채널을 여러 개 전송하는 방식보다는 데이터 전송률을 가능한 높여주는 것을 원칙으로 하고 있다. 채널화 코드가 곱해진 신호는 한 셀 내에서 다른 사용자와 같은 스크램블링 코드로 HPSK(Hybrid Phase Shift Keying) 변조 방식을 이용하고 있다<sup>4)</sup>. 이상은 일반적인 확산 방식과 역방향 동기식 전송 방식 모두에 동일하게 적용되어 지는 내용이다. 역방향 동기식 전송 방식에서는 채널화 코드로 이동국을 구분하기 때문에 모든 이동국에 동일한 스크램블링 코드가 할당되어 지며, 채널 구분용 코드는 각각의 이동국이 서로 겹치지 않도록 네트워크에서

지정해 주도록 하고 있다.

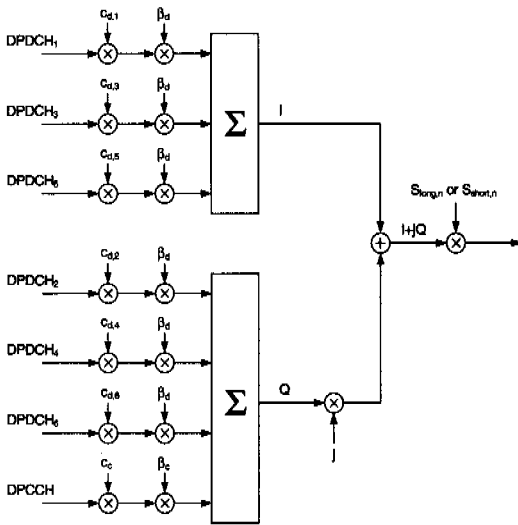


그림 1. 데이터 채널과 제어 채널의 확산

## 2. 동기 설정 방식

역방향 동기식 전송방식에서 각 이동국의 신호 전송시간은 동기설정을 위하여 조정되어야 한다. 전송시간의 제어 과정은 동기 초기 설정 단계와 동기 추적단계의 두가지 과정으로 나뉘어 진다. 동기 초기 설정 단계에서는 셀에서 RACH (Random Access Channel)을 통해 이동국의 신호를 수신한 후, 셀은 수신시점과 기준시간(Reference Timing)과의 차이를 1/4칩 간격(4배 oversample하였을 경우)으로 측정하고 그 차이를 FACH (Forward Access Channel)을 통하여 이동국에게 메시지 형태로 전송하면, 이동국에서는 메시지에 따라 전송시간을 조절함으로써 이루어지게 된다. 이렇게 초기화가 이루어진 후 이동국의 이동 혹은 채널 환경의 변화에 의해 수신시점이 변할 수 있으므로 이를 보완해 주기 위해 동기 추적 과정을 지속적으로 수행한다. 셀은 주기적으로 기준시간과 수신시점을 비교하여 수신시점이 기준시간보다 빠르면 TAB(Time Alignment Bit)을 0으로, 늦으면 TAB을 1로 이동국에 전송하게 되는데 이 TAB은 매 두 프레임마다 마지막 TPC(Transmit Power Control)비트 자리에 삽입하게 된다. 이동국은 TAB신호를 받아 그 신호에 따라 전송시간을 조절하게 된다. 본 논문에서는 주경로에 대하여 기준시간과 수신신호의 차이를 측정하였으며 시간 조절 단위(Timing Control Step Size)는  $\pm T_c / 4$ 로 설정하였다. 여기서  $T_c$ 는 칩주기이다<sup>[15]</sup>.

## 3. 성능 분석

본 논문의 시뮬레이션에서는 데이터 채널과 제어 채널은 각각 하나씩 고려했으며 변조 및 확산방식으로는 IMT-2000 3GPP 규격에 따라 수행되었다<sup>[4]</sup>. 채널 환경으로는 레일레이 환경을 고려하였으며 ITU-R M.1225에 제시된 채널 모델들을 사용하였다<sup>[6]</sup>. 그 중 역방향 동기식 전송 방식이 적용될 수 있는 대표적인 환경인 보행자 채널 A환경에 관한 파라미터들을 표 1에 나타내었다. 이 채널 환경은 다른 채널 환경들에 비하여 비교적 적은 지연 확산이 발생하며 다중경로로 들어오는 신호의 세기가 주경로의 세기에 비하여 매우 미미한 것이 특징이다. 그 외 채널 환경에 관한 파라미터들을 표 2-표 6에 나타내었고 표 7에는 기타 시뮬레이션에 필요한 파라미터들을 기술하였다. 시뮬레이션은 Visual C++ 6.0을 이용하여 수행하였다.

### 3.1 사용자 수에 따른 성능 비교

그림 2는 전체 사용자 중 역방향 동기식 전송 방식 사용자의 비율에 따른 신호대 간섭비를 나타낸 곡선이다. 채널 환경으로 보행자 환경 채널 A를 사용하였다. 주 경로에 있어서 역방향 동기식 전송 방식의 경우 모든 사용자의 신호의 동기는 최대  $\pm T_c / 4$ 의 오차를 가정하였고, 다중 경로들은 ITU-R 채널 모델에 명시된 수신시점에서  $[0, 10T_c]$ 의 일량분포를 가지고 랜덤하게 분포하도록 설정하였다. 이렇게 설정한 이유는 ITU-R 채널 모델에서는 다중 경로간의 시간 차가 고정 되어 있어서 주경로의 동기를 설정하면 나머지 다중 경로 간의 동기도 설정되기 때문이다. 이러한 채널 환경에서는 역방향 동기식 전송방식의 성능이 가장 우수하게 나타나지만, 실제 환경에서 주경로는 시간 제어로 동기를 설정할 수 있지만, 다중 경로의 경우 서로 다른 시점에 수신되는 것으로 가정하는 것이 더욱 적절할 것으로 판단되기 때문이다. 또한 보행자 환경 채널 A에서는 주경로 외의 다중경로로 들어오는 신호의 크기가 주경로에 비하여 무시할 수 있을 정도로 매우 작기 때문에 레이크 수신기에서는 주경로만을 고려하였다. 그림 2에서 보듯이 사용자가 늘어나면 그에 따른 간섭이 늘어나게 되므로 신호대 간섭비(SIR: Signal to Interference ratio)가 낮아지나, 같은 사용자 수를 고려한다면 역방향 동기식 전송 방식을 적용하였을 때 일반적인 방식에 비하여 7dB 이상의 이득이 있는 것을 확인 할 수 있다. 또 한가지 특이할 점은, 모든 사용자가 역방향 동기식 전송방식을

수행한 경우 신호대 간섭비가 급격히 증가하는 것을 확인 할 수 있는데, 그 이유는 모든 사용자가 역방향 동기식 전송을 수행할 경우 간섭량이 급격히 적어지게 되므로 나타나는 현상이다.

3.2 채널 환경에 따른 성능분석

ITU-R M.1225에 제시된 환경의 특성은 같은 환경에서 채널A가 채널B에 비하여 지연확산이 적다는 점이다. 보행자 환경(Pedestrian), 실내 환경(Indoor), 주행 환경(vehicular)에 대한 각각의 채널 A, 채널 B를 표 1- 표 6에 나타냈다. 여기서도 주경로는  $\pm T_c/4$ 의 동기오차를, 다중 경로는  $[0, 10 T_c]$ 의 동기오차를 가정하였다. 표 8은 이들 각각의 환경에서 10명의 사용자가 존재할 경우의 시뮬레이션 값이다. 지금까지의 환경과는 달리 보행자 환경 채널B, 차량환경 채널A, 차량 B에서는 다중경로를 통한 신호의 세기가 주경로에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 레이크 수신단에서는 여섯개의 다중경로 중 포락선이 가장 큰 신호 3개를 더하였다.

표 8에서 보듯이 보행자 A에서는 약 10dB의 이득이 있었으나 보행자 B환경에서는 약 3dB정도로 이득이 줄어 들었다. 이는 주경로가 차지하는 전력비가 적을 뿐 아니라, 다중 경로들은 직교성이 유지되지 않으므로 간섭으로 작용하기 때문이다. 또한 차량환경에서는 채널 A, 채널 B에 대하여 각각 1.6dB, 0.6dB의 작은 이득 또한 확인 할 수 있어 역방향 동기식 전송방식이 주로 저속의 보행자 환경이나 실내 환경에서 이득이 큰 것으로 나타났다.

3.3 동기의 변화에 따른 성능분석

지금까지의 결과는 동기의 오차가  $\pm T_c/4$ 였다. 그러나 직교코드의 성질을 이용하여 다중 접속 간섭을 제거하는 역방향 동기식 전송 방식에서 이보다 더 크게 동기 오차가 생긴다면 코드의 직교성을 보장할 수 없게 되므로 사용자간의 간섭을 효과적으로 제거할 수 없어 신호대 간섭비는 떨어지게 된다. 사용자 10명, 보행자 환경 채널A에서 이에 대한 결과를 표 9에 나타내었다.

III. 역방향 동기식 전송 방식과 간섭제거 기술 성능비교

1. 시뮬레이션 환경

실제로 두 가지 시스템을 비교하기에는 고려하여야 하는 파라미터가 너무 많아 그 중 대표적인 몇

가지에 한하여 성능 평가를 수행하였으며 본 논문에서 채택한 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

1.1 1-path 채널 환경:

다중 경로 환경을 고려하는 것이 일반적이라 할 수 있으나, 역방향 동기식 전송이나 간섭제거 기법 모두 고속 데이터 전송에서 유용한 기술이라 할 수 있고 이들 서비스가 이루어지는 주된 환경은 실내나 보행자 환경일 것이다. 표1에서 보는 바와 같이 실내나 보행자 환경에서는 주 경로가 차지하는 전력이 매우 커 다중경로에 의한 영향은 무시할 수 있으므로 단일 경로 채널 환경을 가정하였다.

1.2 완벽한 채널 추정

(Perfect Channel Estimation)

채널 추정의 정확도는 간섭제거기법의 성능을 좌우하는 주된 요소가 된다. 채널 추정 방식은 매우 다양하고 채널 추정의 window크기를 얼마로 하여주는가에 따라서 그 정확도가 달라지게 된다. 역방향 동기식 전송 방식에 있어서는 채널 추정의 정확도와 무관하게 직교 코드에 의한 직교성(orthogonal property)에 의하여 간섭이 제거 되는데 비하여 간섭제거 기법은 채널 추정 정확도에 의하여 성능이 좌우되므로 특정 채널 추정 방식에 의한 간섭제거 기술보다는 채널 추정 방식은 완벽하다고 가정하였다.

1.3 변조 및 확산 방식

변조 및 확산 방식으로는 BPSK/Biphase spreading 방식을 채택하였다. Quadri-phase spreading이나 복소확산 방식은 Biphase spreading 방식에 비하여 페이딩 환경에서 보다 좋은 성능을 나타낼 수 있으나 본 논문에서는 역방향 동기식 전송과 간섭제거 기술의 효과를 비교하는 것이 목적이므로 시뮬레이션의 편의를 위하여 BPSK/Biphase spreading 방식을 채택하였다.

1.4 간섭제거 방식

간섭제거 방식으로는 병렬 간섭제거 방식을 채택하였다. 직렬 간섭제거에서는 간섭제거 순서에 따라 성능이 서로 달라지고, 전력제어 등이 문제가 될 수 있으므로 병렬 방식을 채택하였다. 또한 초기 결정값이 부정확할 경우 간섭제거 전체 성능이 매우 열화될 수 있으므로 2-stage 간섭제거 기법을 채택하였다. 첫번째 단에서 간섭을 제거할 때는 정확도가 떨어져 오히려 간섭을 키울 수도 있으므로, 간섭을 그대로 제거하지 않고 1이하의 비교적 적은 기중치

(weighting)를 주고 간섭제거를 수행한 후 두번째 단에서는 일단 간섭을 제거한 후에 다시 데이터를 결정하여 간섭제거를 수행하게 되므로 두번째 단의 가중치는 비교적 크게 설정한다. 따라서 이들 값을 최적화할 필요가 있으나, 본 논문에서는 일반적으로 가장 많이 사용하는 일반적인 파라미터를 이용하였다. 즉, 일반적으로 첫번째 단에서는 0.3~0.5의 가중치를 그리고 두번째 단에서는 0.8~1의 가중치를 채택하는데, 본 시뮬레이션에서는 첫째단은 0.4 두번째 단은 0.9의 가중치를 주거나 첫번째 두번째 모두 가중치를 1로 설정한 두가지로 수행하였다.<sup>[8]</sup>

역방향 동기식 전송 방식에서는 수신 신호의 동기 정도는  $\pm 1/4 T_c$ 로 가정하였으며 그 밖의 시뮬레이션을 수행한 조건을 표 7과 같다.

## 2. 시뮬레이션 결과

### 2.1 (1) AWGN 채널

AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널에서의 역방향 동기식 전송과 간섭제거 기술의 비트 오류 성능을  $E_b/N_0$  값에 따라 표 10과 그림 3에 나타내었다. 표 10에서 'USTS\_BER'은 역방향 동기식 전송방식에 대한 평균 비트 오류율, 'IC\_BER'은 간섭제거 방식에 의한 평균 비트 오류율을 나타내며 'Normal\_BER'은 역방향 동기식 전송방식을 사용하지 않아 사용자들 간의 동기가 맞지 않고 따라서 채널화 코드의 직교성이 유지될 수 없는 기존의 검출기에 의한 평균 비트 오류율을 나타내고, (1,1)은 간섭제거 첫단과 둘째단의 가중치가 모두 1임을 나타낸다.

간섭제거 기술에 있어서는 첫째단과 둘째단의 가중치값을 모두 1로 하였고, 아울러 1-stage 간섭제거와 2-stage 간섭제거 결과도 같이 나타내었다.

대부분의 영역에서 역방향 동기식 전송방식과 2-stage 간섭제거 기법의 성능이 거의 유사하게 나타났다. 그러나 1-stage 간섭제거 방식에 비해서는 역방향 동기식 전송방식이 비트오류가  $10^{-4}$  일 때 약 2.5dB의 이득이 있는 것을 알 수 있다.

기존의 일반적인 방식에 비하여는 간섭제거기법이나 역방향 동기식 전송방식을 채택하였을 때 월등히 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.

### 2.2 레일레이 페이딩 환경

단일 경로에 의한 레일레이 페이딩 환경에서의 일반적인 전송방식, 역방향 동기식 전송방식, 그리고 1,2-stage 간섭제거 기법을 적용하였을 때의 비

트 오류 성능을 표 11에 나타내었다.

표 11에서 사용자 수가 30명일 때의 결과로 간섭제거 기술을 적용할 때, 첫째단과 둘째단의 가중치 값은 각각 0.4와 0.9로 설정하였다. 간섭제거 기법을 사용하면 일반적인 전송 방식에 비하여 월등히 우수한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였다. 다만, 1-stage 간섭제거 기법으로는 간섭제거가 효과적으로 이루어 지지 않는 것을 확인할 수 있었고, 이는 곧 간섭제거 기법에서의 초기 결정값의 중요성을 나타내고 있다. 어느 경우나 완벽한 채널 추정을 가정하였으므로 1-stage나 2-stage의 성능차이는 초기 결정값의 정확도 차이에서 나타난다고 할 수 있다.

또한, 가우시안 채널하에서는 역방향 동기식 전송 방식과 간섭제거 기법에 의한 성능이 비슷하게 나타났다. 페이딩 채널하에서는 역방향 동기식 전송 방식에 의한 성능이 간섭제거기법에 비하여 우수하게 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 역방향 동기식 전송 방식에서는 페이딩에 의해 수신신호 크기가 변하더라도 직교성에 의하여 제거되는데 반하여 간섭제거 방식에서는 페이딩 정도에 따라 초기 결정값의 정확도가 달라지기 때문이다. 물론 간섭제거 방식을 더욱 최적화 하면 간섭제거 방식의 성능은 더욱 향상될 수 있으나 역방향 동기식 전송 방식이 훨씬 간단한 구조로 원하는 성능을 얻을 수 있음을 말해준다.

사용자수가 40명일 때의 비트 오류 성능은 사용자수가 30명일 때와 마찬가지로 간섭제거 기법을 사용하면 일반적인 전송 방식에 비하여 월등히 우수한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였다. 특히, 1-stage의 비트 오류율과 2-stage의 비트 오류율 차이가 매우 크게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 결국 간섭제거 기법은 초기 결정값 혹은 채널 환경 등에 따라 그 성능이 매우 유동적임을 알 수 있다. 반면 역방향 동기식 전송 방식에서는 어느 경우나 그 성능이 매우 안정적으로 나타나고 있음을 확인할 수 있어 보다 효과적인 간섭제거가 가능하다.

### 2.3 레일레이 페이딩과 AWGN을 함께 고려한 환경

표 12에 페이딩과 AWGN을 함께 고려한 채널 환경에서의 비트 오류 성능을 나타내었다. 레일레이 페이딩만을 고려하였을 때에 비하여 역방향 동기식 전송과 간섭제거 기법의 성능이 거의 유사하게 나타났다. 그 이유로 AWGN에 의한 효과를 간섭제거 기법에 의하여 효과적으로 제거하지 못한 다수의 사용자에 의한 간섭효과(Gaussian Approximation)라

생각하면, 역방향 동기식 전송 방식에서는 사용자수가 증가함에 따라 간섭효과가 축적되는 데 비하여 간섭제거 기술에서는 초기 결정값이 어느 정도 만족되어 진다면 증가된 간섭 신호를 효과적으로 제거할 수 있기 때문에 판단되어진다.

**IV. 결론**

본 논문에서는 IMT-2000의 물리 채널에 맞추었을 때의 역방향 동기식 전송 방식의 성능을 신호대 간섭비를 이용하여 보였고 역방향 동기식 전송 방식과 간섭제거 기법의 성능을 비교하였다. 두가지 모두 일반적인 검출기에 비하여 월등히 우수한 성능을 나타내었다. 역방향 동기식 전송 방식의 경우 모든 사용자가 이 방식을 사용할 경우 기존의 전송 방식보다 7dB 이상의 성능향상을 가져오는 것으로 나타났지만, 동기의 정확도가 떨어질 경우나 지연 확신이 큰 환경에서는 성능의 향상을 크게 얻을 수 없었다. 그러나 간섭제거 기법이 초기 결정값의 정확도에 따라 그 성능이 매우 크게 변화하는 데에 비하여 역방향 동기식 전송 방식은 비교적 안정된 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 간섭 제거 기법에서는 1-stage 간섭제거 기법에 의한 간섭제거 효과는 미미한 것으로 나타났고 2-stage 이상의 간섭제거 방식을 채택하여야만 비로서 그 효과를 볼 수 있는 것으로 나타났다. 또한 2-stage를 쓰더라도 초기 결정값이 부정확할 경우 오히려 간섭량이 많아지게 되므로 커다란 성능향상은 기대할 수 없을 것으로 판단된다.

매우 많은 사용자 환경에서는 역방향 동기식 전송 방식으로 제거되지 않은 간섭 성분들이 축적되어 그 성능이 열화되는 경향이 있는 반면, 간섭제거 기법에서는 초기 결정값의 정확도만 어느 정도 보장된다고 하면 간섭 신호를 효과적으로 제거할 수 있는 것으로 나타났다.

**참 고 문 헌**

[1] E. K. Hong, Seung-Hoon Hwang, Ki-Jun Kim, and K. C. Whang, "Synchronous Transmission Technique for the Reverse Link in DS-CDMA Terrestrial Mobile Systems" IEEE Trans. On Commun. Vol. 47 Num 11. pp 1632-1635 Nov. 1999.  
 [2] Alexandra Duel-Hallen, Jack Holtzman and

Zoran Zvonar "Multiuser Detection for CDMA System" IEEE Personal Comm. pp. 46-58 April. 1995.

[3] S. Verdu, " Optimum Multiuser Asymptotic Efficiency," IEEE Trans. on Commun., Vol. Com-34, No.9, Sept. 1986, pp.890-897.  
 [4] 3GPP 3G TS 25.213 v3.1.0 "Spreading and modulation" (1999-12).  
 [5] 3GPP 3G TS 25.214 v3.1.0 "Physical layer Procedures" (1999-12).  
 [6] Rec. ITU-R TG 8-1 rec. M.1225, "Guideline for evaluation of radio transmission technologies for IMT-2000," 1997  
 [7] J. G. Proakis, *Digital communications*, New York: McGraw-Hill, 1983  
 [8] D.Disalar, M.K. Simon and D. Raphaeli, "Improved Parallel Interference Cancellation for CDMA", IEEE Trans. Comm., Vol 46, pp 258-268 Feb. 1998

표 1. 보행자 채널 B 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	0 dB	0 ns
1	-9.7dB	110 ns
2	-19.2dB	190 ns
3	-22.8dB	410 ns

표 2. 보행자 채널 B 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	0 dB	0 ns
1	-0.9 dB	200 ns
2	-4.9 dB	800 ns
3	-8 dB	1200 ns
4	-7.8 dB	2300 ns
5	-23.9 dB	3700 ns

표 3. 실내 채널 A 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	0 dB	0 ns
1	-3.0 dB	50 ns
2	-10.0 dB	110 ns
3	-18.0 dB	170 ns
4	-26.0 dB	290 ns
5	-32.0 dB	310 ns

표 4. 실내 채널 B 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	0 dB	0 ns
1	-3.6 dB	100 ns
2	-7.2 dB	200 ns
3	-10.8 dB	300 ns
4	-18.8 dB	500 ns
5	-25.2 dB	700 ns

표 5. 차량 채널 A 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	0 dB	0 ns
1	-1.0dB	310 ns
2	-9.0dB	710 ns
3	-10.0dB	1090 ns
4	-15.0 dB	1730 ns
5	-20.0 dB	2510 ns

표 6. 차량 채널 B 모델의 파라미터

TAB	Weight	Delay
0	-2.5 dB	0 ns
1	0 dB	300 ns
2	-12.8 dB	8900 ns
3	-10.0 dB	12900 ns
4	-25.2 dB	17100 ns
5	-16.0 dB	20000 ns

표 7. 시뮬레이션에서 사용된 파라미터

Number of Bits per Frame	300
Processing Gain	128
Number of Oversamples	4
Chip Rate	3.84Mcps
Center Frequency	2 GHz
Velocity	3 Km/h

표 10. AWGN만 고려했을 때 각 환경에 따른 BER (사용자수: 20명)

Eb / N0		6dB	8dB	10dB	12dB	15dB
USTS_BER		0.0023232	0.000217	1.6667*10 <sup>-5</sup>	0	0
IC_BER (1, 1)	2단	0.0028324	0.000225	8.3333*10 <sup>-6</sup>	0	0
	1단	0.0069763	0.001325	0.000375	6.0168*10 <sup>-5</sup>	8.8333*10 <sup>-6</sup>
Normal_BER		0.0272298	0.017842	0.011808	0.009068	0.0064

표 8. 여러가지 환경에서의 결과

채널 환경	USTS 사용자 (SIR)	일반 사용자 (SIR)
실내 A	14.57 dB	9.0186 dB
실내 B	12.778 dB	7.49 dB
보행자 A	18.219 dB	8.53 dB
보행자 B	11.4225 dB	8.7313 dB
차량 A	4.8343 dB	3.17 dB
차량 B	2.8138 dB	2.1723 dB

표 9. 동기 오차에 따른 SIR

동기 오차	SIR [dB]
$\pm T_c / 4$	18.2195 dB
$\pm T_c / 2$	16.1927 dB
$\pm T_c$	14.206 dB
$\pm 2T_c$	10.4643 dB

표 11. 레일레이 페이딩 채널에서의 BER

사용자수	30명	40명	
USTS_BER	0.00001	0.00018	
IC_BER (0.4, 0.9)	2단	0.006377	0.000729
	1단	0.121185	0.016879
Normal_BER	0.043384	0.218478	

표 12. 페이딩과 AWGN을 같이 고려했을 때의 BER

Eb / N0		14.56dB
사용자수		20명
USTS_BER		0.000877
IC_BER (0.4, 0.9)	2단	0.000643
	1단	0.002865
Normal_BER		0.0109357

박 장 원( Jang Won Park)

2000년: 경희대학교 전파공학과 학사

2000년~현재: 경희대학교 전파공학과 석사과정

<주관심 분야> CDMA , IMT-2000

홍 인 기( Een Kee Hong)



1985년~1989년: 연세대

전기공학과 학사

1989년~1991년: 연세대

전기공학과 공학석사

1991년~1995년: 연세대

전기공학과 공학박사

1995년~1999년: SK Telecom 중앙연구원 선임연구원

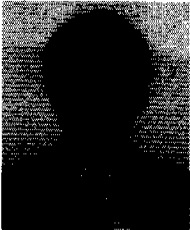
1997년~1998년: NTT DoCoMo 교환 연구원

1999년~현재: 경희대학교 전자정보학부 조교수

<주관심 분야> CDMA, 이동통신

이 승 룡(Sungyoung Lee)

정회원



1978년 2월: 고려대학교

재료공학과 (공학사)

1986년 12월: Illinois Institute

of Technology 전산학

(공학석사)

1991년 12월: Illinois Institute

of Technology 전산학

(공학박사)

1991년 9월~1993년 8월: Governors State University  
조교수

1993년 9월~현재: 경희대학교 전자정보학부 부교수

<주관심 분야> 실시간 컴퓨팅, 실시간 미들웨어, 멀티  
미디어 시스템, 시스템 보안