

WCDMA 시스템을 위한 새로운 코드 그룹화 간섭제거기

정회원 김 남 선*

A Study on the New Code Grouping Interference Cancellation for WCDMA Systems

Nam-sun Kim* *Regular Member*

요 약

본 연구에서는 다중 전송률을 갖는 WCDMA 시스템에서 OVFS코드를 사용한 새로운 코드 그룹화 간섭제거기를 제안한다. 사용자들은 전송률에 따라 길이가 다른 OVFS 코드를 할당하며 대표코드가 같은 OVFS 코드를 사용하는 사용자들을 그룹화 한다. 제안된 코드그룹화 간섭제거기는 그룹간 간섭을 제거한 후 그룹내 간섭을 차례로 제거한다. 간섭제거기는 간섭사용자들의 정확한 정보 없이 원하는 사용자의 코드 정보만 알고 있어도 간섭제거 및 사용자신호의 검출이 가능하다. 제안된 시스템은 그룹 단위의 처리를 통하여 간섭을 보다 쉽고 간단하게 제거함으로써 성능이 향상되며 기존 방식보다 효율적인 시스템을 구현할 수 있다.

Key Words : WCDMA, OVFS code, Interference cancellation

ABSTRACT

In this paper, we propose a new code grouping interference cancellation(IC) receiver for multirate wideband code division multiple access(WCDMA) system based on orthogonal variable spreading factor(OVSF) code. The users are assigned different lengths of OVSF codes as a spreading code according to their data rates and divide the active users having same representative code split into a group for effective cancellation. The code grouping IC receiver performs cancellation between the groups first and cancellation within group. This proposed IC receiver can cancel the interferences using desired user's code information and then desired signals are detected. The results show that the large improvement in performance can be attained by groupwise IC scheme and we can make the effective systems compare to conventional ones.

I. 서 론

차세대 무선 이동통신에서 멀티미디어 서비스를 효과적으로 제공하기 위해서는 데이터의 대용량화와 전송속도의 고속화가 요구된다. 이러한 요구에 따라 WCDMA 시스템은 이동통신망을 기반으로 하여 음성과 데이터를 통합한 이동무선통신을 제공할 수 있는 방식이다. 이러한 WCDMA 시스템은 전세계

를 대상으로 한 로밍서비스, 광대역의 주파수 대역 폭에 따라 양방향 실시간 음성서비스와 함께 이동 TV 수신을 하는 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)서비스, 인터넷 접속 등의 대화형 서비스 및 영상 데이터를 최대 2Mbps 까지 고속으로 전송하는 멀티미디어 서비스가 가능하다¹⁾.

전송률이 서로 다른 다양한 서비스들을 하나로 통합한 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 다

※ 본 연구는 2007학년도 대전대학교 학술연구비 지원으로 수행되었습니다

* 대전대학교 통신공학과(kimns@daejin.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-08-384, 접수일자 : 2007년 8월 28일, 최종논문접수일자 : 2007년 1월 2일

중 전송률을 지원하는 다원접속 기술이 요구되는데, 이러한 방법들로는 다변조(Multi Modulation)방식, 가변 처리이득(Variable Processing Gain)방식 그리고 다중 칩률(Multi Chip Rate)방식 등이 있다²⁾. 여기서 가변처리 이득기법은 고정된 확산 대역폭내에서 데이터 전송률에 따라 처리이득만을 변화시켜 구현하는 방식으로 고속 데이터 서비스에는 작은 처리이득이 부여되고 저속 데이터 서비스에는 큰 처리이득이 부여된다. 이와 같은 가변 처리이득방법은 구조가 간단하여 다중 전송률 서비스를 실현하기 위해 매우 선호되는 시스템이다. WCDMA 시스템은 가변전송률을 지원하기 위해서 OVFS코드의 가변확산이득을 이용한다. 여기서 OVFS(Orthogonal Variable Spreading Factor)코드는 이동통신 표준화 기구인 3GPP에서 UMTS 표준으로 채택된 채널코드이다³⁾. OVFS코드 기술은 서로 다른 확산계수를 가지면서도 직교성이 유지되는 코드를 제공하기 때문에 3세대 무선통신에서 요구되는 다양한 전송률을 가진 여러 유동적인 서비스를 동시에 제공할 수 있게 한다.

WCDMA시스템은 음성 및 저속 데이터 전송 기반의 기존 디지털 셀룰러 시스템과 달리 고속의 패킷 데이터의 제공을 목적으로 하기 때문에 순방향 링크의 용량 증가로 인한 다중접속간섭(MAI)이 증가하게 된다. 모든 사용자가 동일한 주파수를 공유하기 때문에 원하는 사용자의 신호와 타 사용자 신호와의 교차 상관에 의한 다중접속간섭은 CDMA 기술에 기초를 둔 모든 시스템의 성능 감소에 영향을 미치는 중요한 요인으로서 WCDMA 역시 다중접속간섭에 의해 용량이 제한되는 간섭 제한 시스템(interference limited system)이다⁴⁾.

다양한 간섭제거 또는 억압을 수행하여 성능제한을 극복하는 다양한 수신기들이 제안되어 왔다. CDMA 하향링크에서 사용되는 데이터 검출기법은 크게 선형적인방식(ZF, MMSE, ML)과 비선형적인방식(SIC, PIC)으로 분류⁵⁾되는데, 여기서 비 선형 방식은 주로 수신된 신호에서 간섭성분을 추정한다음 그 추정된 간섭성분들을 수신신호에서 빼주는 방식이다. 다중 전송률 CDMA 시스템에서 SIC와 PIC를 결합한 하이브리드 간섭제거기(HIC)를 이용하여 다중접속 간섭을 제거하기 위한 많은 연구⁶⁾가 수행되었는데, 여기서 사용자들은 동일 전송률을 갖는 그룹들로 나누어, 그룹간에는 순차간섭제거기법을 사용하고 그룹 내에서는 병렬 간섭제거 기법을 사용하여 간섭을 제거하였다. 그러나 이러한 간섭제

거기법들은 구성복잡도의 증가, 단말기의 처리능력 및 모든 사용자에 대한 정보 등이 필요하다는 문제점을 갖고 있어 하향링크 수신기인 단말기에는 부적합하다고 볼 수 있다⁷⁾.

사용자들을 그룹화하여 다중전송률 시스템을 구현하는 많은 연구들이 발표되었지만, 이러한 방식들은 코드에 따른 그룹화가 아니라 사용자 신호를 전송률, 동일한 확산이득 또는 수신전력에 따라 그룹화하는 방법이다⁶⁾. 문헌 [8]에서는, WCDMA 하향링크에서 OVFS 코드 그룹화 기법을 사용하여 대표 코드로 그룹화 하였으며 수신단말에서 다중경로로 인해 생기는 간섭잡음을 추정 및 제거 하였다. 그러나 본 연구에서는 코드정보만을 가지고 신호를 검출해 낸다는 것이 다른 점이다.

본 연구에서는 가변확산이득을 갖는 WCDMA 하향링크에서 동일한 대표코드를 갖는 사용자들을 그룹으로 분류한다. 수신측에서는 제안된 방법에 따라 타 사용자들에 대한 정확한 정보 없이도 원하는 사용자의 코드정보만을 가지고 타 그룹 및 인접 사용자의 간섭을 제거하면서 원하는 사용자의 신호를 검출해 낸다. 대표코드를 이용하여 일차적으로 그룹간 간섭을 제거한 후 사용자의 코드정보를 이용하여 그룹내 간섭 사용자의 신호를 차례로 제거해 나가면서 원하는 그룹의 사용자 신호를 검출한다. 이러한 그룹 단위의 처리를 통하여 제안된 수신기는 기존 방식들 보다 다중경로 인한 그룹간의 간섭을 보다 쉽고 간단하게 제거함으로써 성능을 향상시킬 것이다.

II. OVFS Code

그림 1은 W-CDMA 하향링크에서 채널화코드로 사용되는 OVFS 코드의 생성트리를 보여주고 있다⁹⁾. 그림 1에서 c_i^j 은 i 번째 레이어(layer)의 j 번째 코드를 의미하며 코드의 길이는 2^i 이다. 코드의 발생원리에 따르면 $c_2^1 = \{c_1^1, c_1^1\}$ 이고 $c_2^2 = \{c_1^1, -c_1^1\}$ 이다. 이것은 발생한 자코드가 모코드와 부호로 완벽히 표현하는 것이 가능하다는 것을 의미한다. 그러므로 셀 내에 사용되는 모든 사용자의 코드가 어느 레이어 이하일 경우 상위 레이어를 선택하면 그 레이어의 코드들로 셀 내에 존재하는 모든 사용자의 코드를 추정할 수 있으므로 상위 코드로 하위 레이어에 존재하는 코드들의 그룹화가능하다⁸⁾. 여기서 그룹의 대표코드는 코드트리의 최상위 레이어

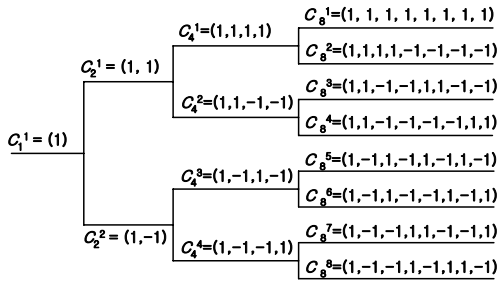


그림 1. OVSF 코드의 생성트리

의 코드들로 구성되며, 대표코드의 수는 최상위 레이어 코드의 길이와 같다. 여기서 사용자의 원 코드의 길이는 대표코드의 길이의 배수로 표현된다.

본 연구에서는 그림 1의 OVSF 생성트리를 그림 2로 바꾸어 생각하기로 한다. 이것은 어떠한 변형을 가한 것이 아니라 간단한 가정에 의해서 만들어 질 수 있다. 우선 대표코드는 알고 있는 것 이므로 c_2^1 과 c_2^2 를 대표코드로 가정한다면 $(1, 1) = (A)$, $(1, -1) = (B)$ 로 두기로 한다. layer-3 이후에서 나타나는 E라는 문자는 Equal의 약자로서 앞(前)의 비트와 같다는 의미로 나타냈다. 즉 E_2 는 “앞의 2비트와 같다”라는 의미이다. 또한 \bar{E}_2 는 “앞의 2비트와 반대”라는 의미이다. 이것은 이전의 비트가 X라면 \bar{E} 는 $-X$ 를 의미한다. 한 예로 $A\bar{E}_2\bar{E}_4$ 라면 A는 (11)을 나타내고 \bar{E}_2 는 이전 2비트와 반대임을 표시하므로 $(-1-1)$ 이 되며, \bar{E}_4 는 이전 4비트 $(11-1-1)$ 와 반대임을 표시하므로 $(-1-111)$ 이 된다. 그러므로 $A\bar{E}_2\bar{E}_4$ 는 $(11-1-1-1-111)$ 을 표시한다. 반대로 생각하면, 사용자에게 할당된 코드가 $(1-11-1-11-11)$ 라면 대표코드 $B(1-1)$ 를 시작으로 이전 2비트와 같으므로 E_2 , 이전 4비트와

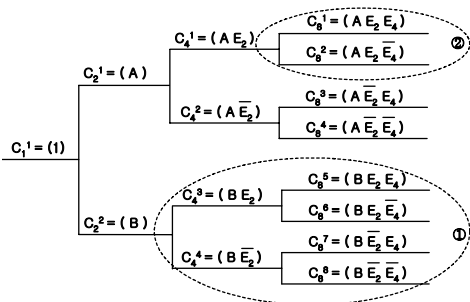


그림 2. OVSF 코드를 문자로 대체

반대 이므로 \bar{E}_4 로 $BE_2\bar{E}_4$ 임을 쉽게 알 수 있다. 모든 코드의 최상위 2비트의 대표코드를 기준으로 2^n , ($n=1,2,\dots$)비트씩 조사하면 간단히 그림1과 그림 2는 쉽고 간단히 교환될 수 있다.

III. 가변확산이득 WCDMA System

본 연구에서는 WCDMA 시스템에서 제공하는 다양한 서비스를 지원하기 위해 OVSF 코드의 가변적인 확산이득을 이용한다. $g(g > 1)$ 전송률을 사용하는 사용자수, 전송률, 그리고 비트주기를 각각 K_g, R_g, T_g 로 나타내자. 여기서 g 전송률 사용자의 전송률은 $R_g = PR_1$ 이며 R_1 은 최소 전송률, P 는 2^p ($p=1,2,\dots$)인 정수이다. 여기서 R_1 의 전송률을 사용하는 사용자를 저 전송률 사용자라 할 것이며 R_g 의 전송률을 사용하는 사용자를 고 전송률 사용자라 할 것이다. 그러므로 저 전송률 사용자의 비트 간격 (T_1)동안 $T_g = T_1/P$ 의 비트간격을 갖는 R_g 전송률 사용자는 P 비트를 전송한다.

본 연구에서는 WCDMA 시스템에서 2개의 그룹이 있고 각 그룹은 여러 전송률을 가질 수 있다고 가정한다. 이 경우 전송되는 신호는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$s(t) = \sum_{k_1=1}^{K_1} d_{k_1}(t)c_{SF}^{k_1}(t)\cos(\omega_c t + \theta_{k_1}) + \sum_{k_2=1}^{K_2} d_{k_2}(t)c_{SF}^{k_2}(t)\cos(\omega_c t + \theta_{k_2}) \quad (1)$$

여기서 K_1 및 K_2 는 각각 그룹 G_1, G_2 의 사용자수이다. 또한 $d_{k_1}(t)$ 는 G_1 그룹의 사용자 k_1 의 정보 신호이며 $c_{SF}^{k_1}(t)$ 는 그룹 G_1 내의 사용자 k_1 이 갖는 확산부호로서 사용자의 전송률에 따라 가변확산이득을 만족하는 서로 다른 확산계수를 갖는다는 코드를 의미한다. 전송되는 신호는 단일 경로에 대하여 각 부 반송파 주파수와 사용자에게 따라 각각 다른 값을 가지므로 다음과 같은 임펄스응답을 갖는 채널을 통과한다고 가정한다.

$$h_k(t) = \alpha_k e^{j\phi_k} \quad (2)$$

여기서 α_k 과 ϕ_k 는 각각 사용자 k 에 대한 감쇄성분과 위상변이 성분이다. α_k 는 레일리 페이딩분포를

가지며 ϕ_k 는 구간 $[0, 2\pi)$ 에서 균일분포를 갖는다고 가정한다. 이러한 신호들이 수신기에 입력되는 경우 수신신호 $r(t)$ 는 식 (3)과 같다.

$$r(t) = \sum_{k_1=1}^{K_1} \alpha_{k_1} d_{k_1}(t - \tau_{k_1}) c_{SF}^{k_1}(t - \tau_{k_1}) \cos(\omega_c t + \psi_{k_1}) + \sum_{k_2=1}^{K_2} \alpha_{k_2} d_{k_2}(t - \tau_{k_2}) c_{SF}^{k_2}(t - \tau_{k_2}) \cos(\omega_c t + \psi_{k_2}) + n(t) \quad (3)$$

여기서 $\psi_k = \theta_k + \phi_k - \omega_c \tau_k$ 는 위상왜곡성분, τ_k 는 사용자 k 의 수신신호의 지연시간으로 $[0, T_b]$ 에서 균일한 분포를 갖는다. $n(t)$ 는 단측 전력밀도 스펙트럼이 N_0 인 가산성 백색 가우시안(AWGN) 잡음이다.

IV. 간섭제거를 위한 규칙

CDMA 시스템의 하향링크에서 사용자들은 상호 직교적인 코드를 통해 서로 구분되며 이상적인 경우 서로 간섭을 일으키지 않는다. 그러나 실제적인 경우 전송채널에는 다중경로 페이딩이 존재하며 이로 인해 칩간의 간섭이 생기게 된다. 이러한 칩간의 간섭은 채널화 코드간의 직교성을 열화시키고 서로 다른 사용자간에 다중사용자 간섭 또는 다중경로 간섭을 일으키며 게 된다. 간섭제거기법은 타 사용자 간섭성분을 단순히 잡음성분으로 간주하지 않고 모든 사용자의 신호를 동시에 검출함으로써 MAI를 추가적인 정보로 활용하는 기법이다. 본 연구에서 모든 사용자들은 소속되어있는 OVSF 코드 트리의 동일한 대표코드를 사용하는 사용자들에 따라 그룹화 하였다. 수신측에서는 검출하고자 하는 사용자에 게 할당된 코드정보는 알고 있으므로 단지 이 정보만으로 그룹간 간섭 및 그룹내 간섭을 제거하고 사용자 신호를 검출 할 수 있는데, 이것은 다음과 같은 간단한 규칙에 의해서 수행된다.

검출 사용자 코드에 해당되는 문자를 차례로 하나씩 늘려가면서 표 1에 따라 각 문자에 서로 쌍대의 문자에 해당하는 코드를 이용하여 간섭제거 및 신호를 검출하는 것이다. 예를 들어 사용자의 코드가 그림 3에서와 같이 $A \overline{E}_2 \overline{E}_4(11-1-1-1-111)$ 라 하자.

A	\overline{E}_2	\overline{E}_4
①	②	③

그림 3. 간섭제거방법의 예

표 1. 간섭제거 규칙

규칙
$A \leftrightarrow B$
$E_x \leftrightarrow \overline{E}_x$

처음 A 코드의 쌍대인 B 코드에 의해서 일차적으로 그룹간 간섭을 제거(그림 2의 ①)할 수 있으며, 다음 \overline{E}_2 의 쌍대가 되는 E_2 에 의한 $A E_2$ 에 의해서 그룹내 간섭이 제거(그림 2의 ②)된다. 이러한 형태로 간섭이 제거된 후 마지막으로 사용자 신호인 $A \overline{E}_2 \overline{E}_4$ 에 의해서 원하는 사용자 신호가 검출된다. 만약 사용자의 코드길이가 더 긴 코드라 할지라도 동일한 방법을 통해서 계속적으로 간섭을 제거해 나갈 수 있다.

V. 그룹단위 간섭제거기

그림 4는 제안된 시스템에서 사용자의 코드정보를 이용하여 신호를 검출하기 위한 간섭제거기의 계통도를 보여주고 있다.

일차적으로 그룹간 간섭제거는 수신신호로부터 재생된 간섭 그룹사용자들의 다중사용자 칩 시퀀스를 제거하면 되는데, 이 간섭 그룹 사용자들의 다중 사용자 칩 시퀀스는 수신신호로부터 모든 간섭 사용자 신호를 추정하고, 간섭 사용자들의 대표코드를 곱해서 얻을 수 있다. 여기서 코드그룹 간섭제거기는 간섭을 제거하는 과정에서 간섭사용자들이 사용한 정확한 코드정보나 그 사용여부를 요구하지 않는다. 만약 단말기에서 검출하려고 하는 사용자가 G_1 그룹의 상용자인 경우, 간섭사용자들의 대표코드인 c_2^* 과 수신신호 $r(t)$ 간에 상관을 취한다. 여기

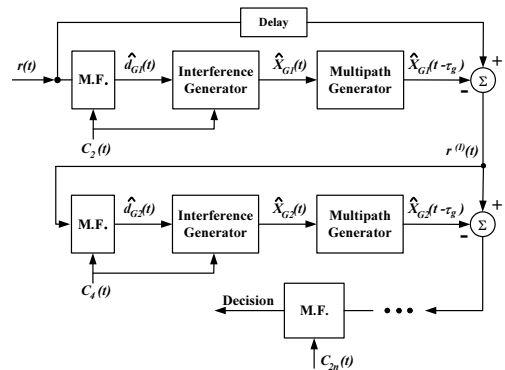


그림 4. 코드그룹화를 이용한 간섭제거기

서 상관을 취하는 주기는 각 부주기(대표코드)의 지속시간으로 하며 여기서는 2-chip이다. 상관의 결과는 간섭사용자들의 다중사용자 비트시퀀스가 되며 추정신호 각 대표코드를 이용한 상관결과를 이용하여 판정기를 거치면 식 (5)와 같다.

$$\hat{Z} = \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^{L_k-1} \frac{1}{T_{C_2}} \int_{T_{C_1}} r(t) c_2^2(t-\tau_{k_1}) \cos(\omega_c t + \psi_{k_1}) dt \quad (4)$$

$$d_{G_2}(\hat{t}) = \sum_{k_2=1}^{K_2} \widehat{d}_{k_2}(\hat{t}) = \text{sgn}(\hat{Z}) \quad (5)$$

여기서 L_k 는 사용자 k 에 할당된 원 코드주기에 존재하는 부주기의 수이며 T_C 는 칩 주기이다. 여기서 $\widehat{d}_{k_2}(t)$ 는 추정에러 확률(probability of estimate error) Pr_{k_2} 을 갖는 $d_{k_2}(t)$ 의 추정값이다[10]. 이를 바탕으로 간섭 사용자의 다중 사용자 칩 시퀀스는 판정기를 거친 데이터에 간섭그룹의 대표코드를 곱하면 얻을 수 있다. 이를 이용하여 G_2 그룹의 사용자 k_2 의 간섭성분을 재생하면 다음과 같다.

$$\widehat{X}_{k_2}(t) = \sum_{i=0}^{L_{k_2}-1} \alpha_{k_2} d_{k_2}(\widehat{t-\tau_{k_2}}) c_2^2(t-\tau_{k_2}) \cos(\omega_c t + \psi_{k_2}) \quad (6)$$

수신된 신호에서 재생된 간섭사용자들의 다중사용자 칩 시퀀스를 제거하면 우리가 검출하고자 하는 사용자가 속한 코드그룹에 대한 다중사용자 칩 시퀀스를 얻을 수 있다. 그룹 G_2 사용자들에 대한 다중접속 간섭신호가 제거된 신호는 식 (7)과 같다.

$$r^{(J)}(t) = r(t) - \sum_{k_2=1}^{K_2} \widehat{X}_{k_2}(t-\tau_{k_2}) \quad (7)$$

여기서 위첨자 (J)는 간섭 제거과정을 나타낸다. 이와 같이 그룹간 간섭이 제거된 후, 그룹내 간섭 사용자들의 영향을 제거하기 위해 상기와 마찬가지로 방법으로 수행된다. 그림 3에서 설명했듯이 사용자 코드에 해당되는 문자를 차례로 하나씩 늘려가면서 각 문자에 서로 쌍대의 문자에 해당하는 코드를 이용하여 계속해서 간섭을 제거해 나간다. 상기와 같은 방법으로 수행되지만 문자를 하나씩 늘려가는 계산에서 사용하는 대표코드의 지속시간은 2^n ($n=1,2,\dots$)씩 늘어나는 점이 다르다. 그룹내의 간섭 성분을 추정하기 위해 간섭 가지(branch)의 대표코드와 수신신호성분과 상관을 취한다.

$$\widehat{Z}^{(J)} = \sum_{i=0}^{L_i-1} \frac{1}{T_{C_4}} \int_{T_{C_1}} r^{(J)}(t-4iT_{C_2}-\tau_k) c_4^k(t-\tau_k) \cdot \cos(\omega_c t + \psi_k) dt \quad (8)$$

여기서 상관을 취하는 주기는 각 부주기의 지속시간으로 하며 여기서는 4-chip이다. 상관의 결과는 그룹내 간섭 가지 사용자들의 다중사용자 비트시퀀스가 된다. G_1 그룹이라 할지라도 검출 사용자가 속한 가지와 그렇지 않은 가지가 있으므로 G_1 은 다시 부 그룹로 나누어지며 각 그룹의 사용자는 각각 K_{11}, K_{12} 로 가정한다. 마찬가지로의 방법으로 그룹내 가지간의 간섭을 제거한 신호는 식 (9)와 같다.

$$r_{11}^{(J)}(t) = r(t)^{(J)} - \sum_{k_{12}=1}^{K_{12}} \widehat{X}_{k_{12}}(t-\tau_{k_{12}}) \quad (9)$$

여기서

$$\widehat{X}_{k_{12}}(t-\tau_{k_{12}}) = \sum_{i=0}^{L_{k_{12}}-1} \alpha_{k_{12}} d_{k_{12}}(\widehat{t-\tau_{k_{12}}}) c_4^{k_{12}}(t-\tau_{k_{12}}) \cos(\omega_c t + \psi_{k_{12}}) \quad (10)$$

이다. 이와 같이 그룹내 간섭들이 제거된 후, 관심사용자가 포함된 가지그룹의 다중사용자 칩 시퀀스와 관심사용자의 코드를 상관시키면 관심사용자의 데이터를 복구할 수 있다. G_1 그룹의 사용자 i 가 8비트의 확산코드를 갖는다면, 사용자 i 의 신호를 검출하기 위한 결정변수는 식 (11)과 같다.

$$\begin{aligned} \widehat{Z}_i^{(J)} &= \frac{1}{T_b} \int_{T_b} r_{11}^{(J)}(t-\tau_k) c_8^i(t-\tau_i) \cos(\omega_c t + \psi_i) dt \\ &= \frac{1}{2} \alpha_i d_i(t) + \frac{1}{2} \sum_{k_{11}=1, k_{11} \neq i}^{K_{11}} \alpha_{k_{11}} \overline{I_{k_{11},i}} \\ &\quad + \frac{1}{2} \sum_{k_{12}=1}^{K_{12}} \alpha_{k_{12}} \overline{I_{k_{12},i}} + \frac{1}{2} \sum_{k_2=1}^{K_2} \alpha_{k_2} \overline{I_{k_2,i}} + \eta \end{aligned} \quad (11)$$

여기서

$$\overline{I_{k,i}}(t) = \frac{1}{T_b} \int_{T_b} d_k(t-\tau_k) c_{SF}^k(t-\tau_k) \cdot c_8^i(t-\tau_i) \cos(\psi_k - \psi_i) dt \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \widehat{I_{k,i}}(t) &= \frac{1}{T_b} \int_{T_b} [d_k(t-\tau_k) - d_k(\widehat{t-\tau_k})] c_{SF}^k(t-\tau_k) \cdot \\ &\quad c_8^i(t-\tau_i) \cos(\psi_k - \psi_i) dt \end{aligned} \quad (13)$$

이다. 여기서 η 은 평균이 0이고 분산이 $N_0 T_b/4$ 인 AWGN 잡음이다. 상관기 출력은 크게 사용자 신호, MAI 및 잡음성분의 합으로 구성되는데, 여기서 MAI는 다중사용자 간섭성분들로서 동일그룹 및 타 코드그룹과의 상호상관에 의해 발생된다. 물론 정확한 추정 및 송수신기간의 동기가 정확히 일치한다면 MAI의 두 번째 및 세 번째 항은 OVFS코드 특성에 의해 0이 될 것이다.

본 연구에서는 비동기 WCDMA 시스템을 고려하며, 시스템의 오류성능을 구하기 위하여 간섭 잡음은 가우시안 랜덤변수로 근사화 시킨다. 여기서 MAI 및 잡음성분들은 서로 상관되지 않은 가우시안 랜덤변수이므로 이들의 합 역시 가우시안랜덤변수가 된다. 전체 간섭잡음(ξ)에 대한 분산은 식 (14)와 같이 표현될 수 있다.

$$\xi = \frac{(K_{11}-1)}{12N} \sum_{k_{11}=1, k_{11} \neq i}^{K_{11}} E[\alpha_{k_{11}}^2] + \frac{K_{12}}{12N} \sum_{k_{12}=1}^{K_{12}} E[\alpha_{k_{12}}^2] Pr_{k_{12}} + \frac{K_2}{12N} \sum_{k_2=1}^{K_2} E[\alpha_{k_2}^2] Pr_{k_2} + \frac{N_0}{4T_b} \quad (14)$$

VI. 성능분석

본 논문에서는 가변 처리이득기법을 사용하는 다중 전송률을 갖는 비동기 WCDMA 시스템을 고려하였다. 성능분석을 위해 제안된 시스템은 BPSK 변조방식을 사용하였으며 2개의 그룹을 갖는 것으로 하였다. 각 그룹에는 서로 다른 전송률을 갖는 사용자가 존재하며 사용자의 전송률에 따라 가변전송률을 만족하는 코드를 할당받는다. 간섭제거방법에 의해서 사용자가 할당받는 코드의 길이에 따라 임의의 그룹은 또 다른 부 그룹으로 분리될 수 있다. 여기서 각 사용자에 대한 완전한 전력제어(power control)가 이루어진 것으로 가정하였다.

그림 5는 제안된 시스템의 간섭제거 전 후의 성능을 보여주고 있다. 여기서 검출 사용자의 확산코드의 길이는 8로 하였으며 간섭그룹 사용자들에 대한 비트추정(bit estimate)은 정확하다고 가정하였다. 또한 각 그룹 사용자수(K_1, K_2)는 각각 10명으로 하였으며 검출 사용자가 속해 있는 그룹은 2개의 부 그룹으로 분리되며 경우 각 부 그룹의 사용자 수(K_{11}, K_{12})는 각각 5명이라고 가정했다. 그림 5에서 보듯이 간섭제거기를 사용한 경우가 사용하지 않은 경우보다 성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

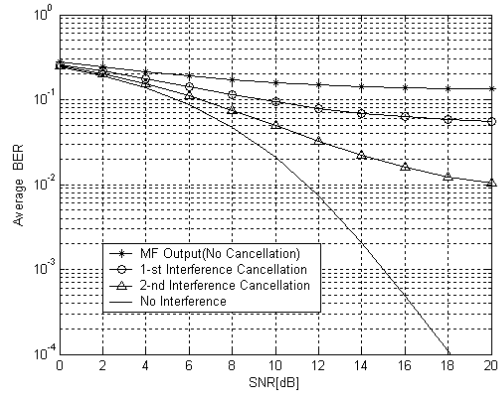


그림 5. 제안된 시스템의 간섭제거 전, 후 성능

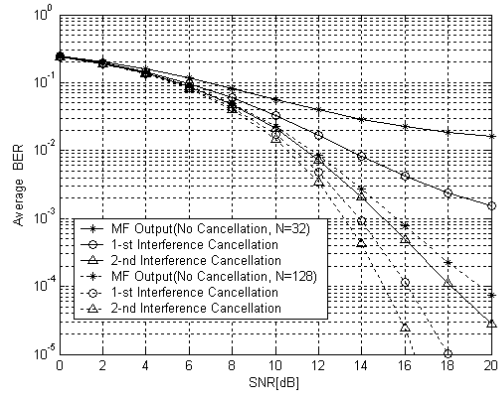


그림 6. 처리이득에 따른 성능비교

검출 사용자의 확산코드의 길이가 8이므로 2번의 간섭제거로서 간섭신호가 제거된다고 볼 수 있다. 즉 1차 간섭제거 및 2차 간섭제거로서 각각 그룹간 간섭 및 그룹내 간섭의 영향이 제거되는 것이다. 그러므로 그림 5의 4번째의 성능은 간섭의 영향이 없을 때의 성능이라 할 수 있다. 그림 6은 그림 5의 성능분석과 같은 파라미터를 가지면서 처리이득(N)의 변화에 따라 시스템의 성능을 분석하였다. 처리이득이 작은 경우보다 처리이득이 큰 경우의 성능이 좋은 것을 알 수 있으며 간섭제거기의 차수가 늘어남에 따라서 간섭성분의 영향이 제거되면서 성능이 향상될 것이다.

그림 7은 비트추정이 완벽하지 않은 상태에서 비트추정 에러확률(Pr)의 변화에 따라서 제안된 시스템의 성능을 분석하였다. 여기서 각 그룹의 사용자 수와 확산이득은 상기 성능분석의 파라미터와 동일하며 신호대 잡음비(E_b/N_0)는 10dB로 가정하였다.

참고 문헌

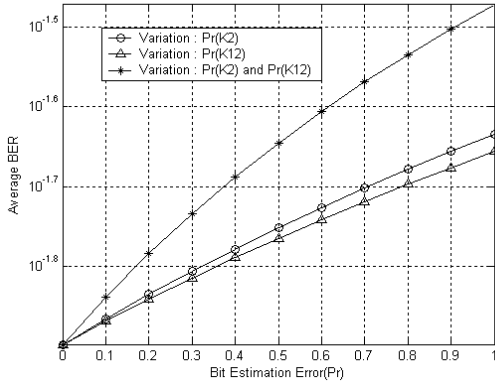


그림 7. 비트 추정오류확률에 따른 평균 오류율

타 그룹의 불완전한 비트추정($Pr(K_2)$)만 존재할 경우, 그룹내 불완전한 비트추정($Pr(K_{12})$)만 존재할 경우 및 두 경우($Pr(K_2)$, $Pr(K_{12})$) 모두 존재하는 경우로 나누어서 영향을 분석했다. 성능분석결과 두 경우의 비트 추정이 정확치 않다면 성능은 심각하게 감소하는 것을 알 수 있으며, 그룹내 간섭신호의 영향보다 그룹간 간섭신호의 영향이 조금 더 큰 것을 알 수 있다.

VII. 결론

본 논문에서는 WCDMA시스템에서 OVSF 코드의 대표코드를 이용하여 사용자들을 그룹화하고 수신측에서는 제안된 방법에 따라 그룹간 및 그룹내의 간섭을 제거하는 간섭제거방법을 제시하였다. 제안된 간섭제거방법은 다른 사용자들에 대한 정확한 코드정보 없이도 원하는 사용자의 코드정보만을 가지고 인접 사용자의 간섭을 제거하면서 원하는 사용자의 신호를 검출해 낸다. 대표코드를 이용하여 일차적으로 그룹간 간섭을 제거한 후 사용자의 코드정보를 이용하여 그룹내 간섭 사용자의 신호를 차례로 제거하는 방법이다.

성능분석 결과 다중접속방식에서 타 사용자에 의한 간섭 신호가 전체 시스템 성능에 많은 영향을 미치고 있었으며, 제안된 간섭제거방법을 통해 간섭의 영향을 많이 감소시킬 수 있었다. 이러한 그룹단위의 처리를 통하여 제안된 수신기는 기존 방식들 보다 다중경로 인한 그룹간의 간섭을 보다 쉽고 간단하게 제거하는 효율적인 시스템을 구현할 수 있는 장점을 갖는다.

- [1] E. Dahlman, et al., "UNTS/IMT-2000 based on wideband CDMA," IEEE Commum. Mag., vol. 36, pp. 70-80, Sept. 1998.
- [2] T. Ottoson and A. Svensson, "Multi-rate Schemes in DS/CDMA Systems," Proceedings IEEE VTC'95, Chicago, pp. 1006-1010, July 1995.
- [3] A. Baier, et al., "Design Study of a CDMA-based Third Generation Mobile Radio System," IEEE J. Sel. Area Commun., vol. SAC-12, pp. 733-743, May 1994.
- [4] Ariyavisitakul and Li. Fing. Chang, "Signal and Interference Statistics of a CDMA System with Feedback Power Control," IEEE Trans. Commun., vol. 41, Issue 11, pp. 1626-1634, Nov. 1993.
- [5] M. Juntti and M. Latva-aho, "Multiuser Receivers for CDMA Systems in Rayleigh Fading Channels," IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 49, No. 3, pp.885-899, May 2000.
- [6] C.S. Wijting, T. Ojanpera, M. Juntti, K. Kansanen and R. Prasad, "Groupwise serial multiuser detectors for multirate DS-CDMA," VTC '99, Vol. 1, pp. 836-840, May 1999.
- [7] M. Madkour et al., "Successive Interference Cancellation Algorithm for downlink W-CDMA Communications," IEEE Teans. on Commun., Vol. 1, No. 1, pp. 169-177, Jan. 2002.
- [8] W. Ha, J. Bae and J. Park, "A Code Grouping Interference Cancellation Receiver in OVSF DS-CDMA Downlink," The 8th ICCS 2002, pp.697-700, 2002
- [9] F. Adachi, et al., "Tree-structured generation of orthogonal spreading codes with different lengths for forward link of DS-CDMA mobile radio," Electron Lett., vol. 33, pp. 27-27, Jan. 1997
- [10] Gao Xue and Li Chengshu, "Performance of Partial Interference Cancellation in DS-CDMA System with Delay Estimation Errors," PIMRC 2000, Vol. 2, pp.1518-1521, Aug. 2000.

김 남 선 (Nam-sun Kim)

정회원



1991년 8월 한양대학교 전자통신공학과 (공학석사)

1995년 8월 한양대학교 전자통신공학과 (공학박사)

1996년 3월~현재 대전대학교 통신공학과 교수

<관심분야> 멀티미디어 이동통신, 무선 통신시스템

신, 무선 통신시스템