(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
H04B 7/216

(45) 공고일자 2005년01월13일
(11) 등록번호 10-0466106
(24) 등록일자 2005년01월04일

(21) 출원번호 10-1999-0034563
(22) 출원일자 1999년08월20일

(65) 공개번호 10-2000-0017420
(43) 공개일자 2000년03월25일

(30) 우선권주장 98306720.8 1998년08월21일 EP(EP)

(73) 특허권자 루센트 테크놀러지스 인크
미합중국 뉴저지 머레이 힐 마운틴 애비뉴 600 (우편번호 : 07974-0636)

(72) 발명자 브링크스테판텐
독일,알메르스바크71573,리크텐스타인베그8

(74) 대리인 이병호

심사관 : 전종성

(54) CDMA 시스템

요약

본 발명은 예를 들어 디지털 무선 통신 시스템에 사용하기 위한 송신기 및 수신기를 포함하는 CDMA 시스템에 관한 것이며, 특히 CDMA 신호들을 매핑(mapping) 및 디매핑(demapping)하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. CDMA 시스템은 송신기 및 수신기를 구비한다. 송신기는 전송될 CDMA 신호를 처리하기 위한 엔코더 및 비트 인터리버(bit interleaver), 상기 엔코더 및 비트 인터리버와 직렬로 접속된 매퍼(mapper) 및 상기 처리된 CDMA 신호를 전송하는 수단을 포함한다. 상기 수신기는 상기 전송된 CDMA 신호를 수신하는 수단과, 상기 수신된 CDMA 신호를 처리하는 비트 디인터리버(bit deinterleaver) 및 디코더와, 상기 비트 디인터리버 및 디코더와 직렬로 접속된 디매퍼(demapper)를 구비한다. 반복적인 디매핑은 상기 디코더의 출력을 상기 디매퍼로 다시 통과시킴으로써 상기 수신기에서 수행될 수 있다. 이에 대응하는 방법이 또한 개시된다.

대표도

도 3

색인어

멀티코드, 2진 랜덤 신호, 코딩된 비트 스트림, 비트 매핑 동작, 2진 안티포덜 채널화 코드(binary antipodal channelization code)

명세서

도면의 간단한 설명

도1은 직렬 연쇄 코딩 방식을 사용하는 송신기 및 수신기를 도시한 도면.
도2는 종래 멀티코드 CDMA(M-CDMA) 단일 사용자 송신기 및 수신기를 도시한 도면.

도3은 본 발명을 따른 멀티코드 CDMA(M-CDMA) 단일 사용자 송신기 및 수신기를 도시한 도면
* 도면의 주요 부분에 대하 부호의 설명 *
10 : 송신기 12 : 랜덤 비트 인터리버
14 : 매퍼 16 : 가산기

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 예를들어 디지털 무선 통신 시스템에 사용하기 위한 송신기 및 수신기를 포함하는 CDMA 시스템에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 CDMA 신호들을 매핑 및 디매핑하는 방법 및 장치에 관한 것이다.
최근 반복 디코딩 알고리즘(iterative decoding algorithms)은 디지털 통신 연구의 핵심적인 분야가 되었다. 반복 디코딩하는데 가장 먼저 발견되고 또한 가장 대중적으로 적합한 인코딩 방식은 1997년 9월 프랑스, 브레스트에서 개최된 터보 코드들(Turbo Codes)에 대한 심포지움에서 J. Hagenauer가 ' Turbo Principle : Tutorial Introduction and State of the Art'라고 발표한 바와 같은 '터보 코드들'이라 칭하는 병렬 연결된 두개의 순환적이고 규칙적인 컨볼루션 코드들(two recursive systematic convolutional codes)이다. 과거 수년간, 'Turbo Principle'의 다른 적용은 예를들어 1997년 10월 독일의 Proc. EPMCC'97, Bonn, pp.307-312에 G.Bauch, H.Khorram, J. Hagenauer가 발표한 'Iterative Equalization and Decoding in Mobile Communications Systems'에서 발견된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

채널 코딩은 전송된 디지털 정보 신호를 잡음에 대하여 보다 강하게 하는데 사용된다. 이를 위하여, 정보 비트 시퀀스는 채널 엔코더에 의해 송신기에서 엔코딩되고 채널 디코더에 의해 수신기에서 디코딩된다. 엔코더에서, 리던던트 정보(redundant information)는 이 정보 비트 시퀀스에 부가되어 디코더에서 에러 정정을 손쉽게 한다. 예를들어 계통적인 채널 엔코딩 방식에서, 리던던트 정보는 부가적으로 삽입된 코딩된 비트로서 상기 정보 비트 시퀀스에 부가된다. 비계통적인 엔코딩 방식에서, 인출하는 비트들 모두는 코딩된 비트들이고 '코딩되지 않은(naked)' 정보 비트들은 존재하지 않게 된다. 엔코더에 인입하는 비트들(정보 비트들)의 수는 인출하는 비트들(정보 비트들에 삽입 코딩된 비트들을 더한 것, 또는 모든 코딩된 비트들)의 수보다 작다. 인입/인출 비트들의 비를 소위 '부호화율 R'(전형적으로 R = 1/2)이라 한다.
연쇄 코딩(concatenate coding)방식은 적어도 두 개의 병렬 또는 직렬로 연결된 엔코더에 적용된다. 병렬 또는 직렬로 연결된 코딩 시스템을 위한 반복적인 디코딩 알고리즘이 존재하고 전형적인 '터보' 코드들은 병렬 연쇄 코드들이다.
도1은 블록마다 수행되는 전송과 더불어 순수한 직렬 연쇄 코딩 방식을 도시한다. 이 신호 시퀀스는 직렬 방식으로 송신기에서 두 번 엔코딩된다. 디지털 소스(예를 들어, 마이크로폰으로부터 나오는 아날로그 입력 신호를 갖는 아날로그 대 디지털 변환기)로부터 나오는 이진 신호는 우선 외부 엔코더에 의해 엔코딩된다. 외부 엔코더의 출력은 인입하는 비트 심볼들의 순서를 변경시켜 신호를 더욱 랜덤하게 나타내도록 하는 인터리버를 통해서 다음 처리 단계로 통과된다. 두번째로, 인터리버후, 신호는 ' 내부 엔코더'에 의해 엔코딩된다. 이에 대응하여, 수신기에서, 신호는 내부 디코더에 의해 우선적으로 디코딩되며, 디인터리빙되고 외부 디코더에 의해 디코딩된다. 외부 디코더로부터, 소프트 값들(soft values)이 부가적인 '사전(priori)' 입력으로서 내부 디코더로 피드백된다. 이 소프트한 값들은 디코딩된 신호 품질의 신뢰성 있는 값들이다. 이들 값들의 피드백은 부가적인 반복 디코딩 단계들에서 외부 디코더의 출력에서 하드 결정 값(hard decision values) 0,1 의 비트 에러율을 감소시키는데 유용하다. 특정 전송된 시퀀스의 반복적인 디코딩은 예를 들어 고정된 횟수로 반복된 후, 또는 어떤 비트 에러율이 도달될 때까지(종료 기준은 본 발명의 경우 전혀 중요하지 않다), 임의의 종료 기준에 따라서 중지된다. 내부 디코더로의 '사전' 소프트 값 입력은 전송된 비트 시퀀스(0번째 반복)의 첫 번째 디코딩을 위하여 제로로 설정된다는 것에 유의하여만 된다.
내부 및 외부 2진 코드들은 계통 또는 비계통적인 블록 또는 컨볼루션 코드등 임의적인 형태가 가능하다.
수신기에서, 두 개의 디코더들은 소프트-인/소프트-아웃 디코더(SISO-디코더)이다. 소프트 값은 각 비트 심볼의 비트 판단(0 인지, 1 인지)의 신뢰도를 표시한다. 소프트-인 디코더는 인입하는 비트 심볼들을 위한 소프트한 신뢰도 값들을 수용한다. 소프트-아웃 디코더는 인출하는 비트 심볼들에 대한 소프트한 신뢰도 출력값들을 제공한다. 소프트-아웃 신뢰도 값들이 송신기에서 각 엔코딩 단계에 부가되는 리던던트 정보를 근거로 한 디코딩 프로세스 동안 개선될 수 있기 때문에, 소프트-아웃 신뢰도 값들은 통상적으로 소프트-인 신뢰도 값들보다 정확하다.
신호를 반복적으로 디매핑하는 방법 및 장치는 1998년 4월 3일에 출원된 유럽 특허출원 제98302653.5호에 서술되어 있다. 이 특허출원의 내용들이 본원에 참조되어 있다.
CDMA(코드 분할 다중 접속) 시스템은 여러개의 코드들로 분할된 다수의 사용자를 갖는다. 사용자 k의 각 전송된 비트는 소위 '칩들(chips)'이라 칭하는 '보다 짧은' 비트들의 수 N_c 로 대체되는데, 이 칩들은 특정한 사용자 k의 '채널

화 코드(channelization code)'에 따라서 선택된다. 점유된 대역폭이 이와같은 '대체'후 N_c의 인자만큼 확장되기 때문에, 이 공정을 소위 '확산'이라 칭하고 CDMA 시스템을 종종 '확산 스펙트럼 시스템'이라 칭한다. 확산 후, 각각의 사용자를 위한 신호는 전체 활용가능한 대역폭 B를 점유한다. 수신기에서, 소망의 사용자는 적절한 채널화 코드와의 상관에 의해 검출된다.

멀티코드 CDMA는 CDMA 시스템에서 단일 사용자에게 보다 높은 데이터 율을 제공하는 방법이다. 특정한 사용자는 종래의 CDMA 시스템에서 처럼 단지 하나의 코드를 갖는 것이 아니라, N개의 채널화 코드들을 할당받는다. 그러므로, '멀티코드' 사용자는 '단일-코드' 사용자보다 N배 높은 데이터율로 전송할 수 있다. 단일 코드 경우를 위한 2진 안티포덜 신호(antipodal signal) 대신에, N개의 2진 안티포덜 코드들(N binary antipodal codes)이 멀티코드 송신기에서 합산되어 N+1 레벨의 진폭 변조된 신호를 형성한다.

도2는 종래의 멀티코드 CDMA(M-CDMA) 단일 사용자 송신기/수신기를 도시한다. 디지털 소스(예를 들어, 마이크로폰으로부터 나오는 아날로그 입력 신호를 갖는 아날로그 대 디지털 변환기)로부터 나오는 2진 신호는 채널 엔코더에 의해 우선적으로 엔코딩된다. 채널 엔코더의 출력은 인입하는 비트 심볼들의 순서를 변경시켜 신호를 더욱 랜덤하게 나타내도록 하는 인터리버를 통해서 다음 처리 단계로 통과된다. 인터리버 후, 코딩된 비트 스트림은 디멀티플렉서(직렬 대 병렬 변환)에 의해 N개의 병렬 비트 스트림들로 분할된다. 각각의 비트 스트림 1,...,N은 길이 N_c 칩들의 2진 안티포덜 채널화 코드(코드워드 1,...,N)에 의해 확산(즉, 승산)된다. 전형적으로, N개의 채널 코드들은 직교화된다. 확산 후, N개의 2진 대향되는 칩 스트림들은 칩 속도에서 부가되어 진폭 변조된(N+1 레벨) 칩 심볼들을 형성한다. 그러므로, N개의 코딩된 비트 심볼들은 N_c 칩 심볼들로 된다. N_c 칩 심볼들의 각 블록을 합성 멀티코드 CDMA 심볼(composite multicode CDMA symbol)이라 칭한다. 선택적으로, 이 신호를 보다 더 랜덤하게 하기 위하여 칩 속도에서 스크램블링이 적용될 수 있다. 전형적으로, 스크램블링 시퀀스는 2진 안티포달 의사-랜덤 시퀀스이다. 그리고나서, 합성 신호는 전송 채널에 놓이게 된다. 도2는 단지 기저대 처리만을 도시한 것이고 무선 주파수로의 상향 변환(up-conversion)등은 간단하게 하기 위하여 생략된다. 이 설명을 간결하게 하기 위하여, 실수 신호 처리를 가정한다. 그러나, 실수 채널화 코드들은 또한 복소 채널화 코드일 수 있거나 복소 스크램블링 시퀀스일 수 있다.

채널상의 신호는 부가적인 잡음 또는 그외 다른 임의의 잡음 형태에 의해 왜곡된다.

대응적으로, 수신기에서, 이 신호는 (선택적으로) 디스크램블링되고 N개의 채널화 코드들(코드워드들 1,...,N)과 상관된다. 이 상관은 각 채널화 코드들과의 승산 및 N_c 칩들에 대한 누산을 포함한다. 다중화(병렬 대 직렬 변환) 및 디인터리빙후, N 상관 결과는 채널 디코더에 놓인다. 최종적으로, 정보 비트들은 디코더의 출력 또는 하드 결정 장치 각각에서 활용된다.

상술된 바와같은 종래의 CDMA 및 M-CDMA 시스템은, 예컨데 반복 디코딩의 경우에서도 비트 에러율(BER) 감소를 고려하지 않는다. 따라서, CDMA 또는 M-CDMA 시스템에서 개선된 BER을 성취할 필요성이 있다.

본 발명의 제 1 특징을 따른 송신기 및 수신기를 포함하는 CDMA 시스템은, 상기 송신기는, 신호를 엔코딩하기 위한 제 1 엔코더, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하기 위한 인터리버(interleaver), 및 상기 인터리빙된 신호를 더 엔코딩하기 위한 제 2 엔코더를 포함하고, 상기 제 2 엔코더는, 상기 인터리빙된 신호의 성분들을 원하는 매핑된 신호의 성분들에 매핑하기 위한 매퍼(mapper) 수단에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들은 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매퍼 수단과, 각각의 매핑된 성분을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 확산 수단을 포함하며, 상기 수신기는, 수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산하기 위한 디스프레딩(despreading) 수단, 상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 가능한 값(likely value)을 추정하기 위한 디매퍼(demapper) 수단, 상기 제 1 엔코더에 의해 제공된 엔코딩을 디코딩하기 위한 디코더 수단에 연결되고, 상기 추정된 성분 값들을 디인터리빙하기 위한 디인터리버(deinterleaver), 및 상기 수신기가 반복 디코딩을 실행할 수 있도록, 상기 디코더로부터 인터리버를 포함하여 디매퍼 수단까지의 피드백 경로를 포함합니다.

본 발명의 제 2 특징을 따른 CDMA 시스템용 송신기는,신호를 엔코딩하기 위한 제 1 엔코더, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하기 위한 인터리버(interleaver), 및 상기 인터리빙된 신호를 더 엔코딩하기 위한 제 2 엔코더를 포함하고, 상기 제 2 엔코더는, 상기 인터리빙된 신호의 성분들을 매핑된 신호의 매핑된 성분들에 매핑하기 위한 매퍼(mapper) 수단에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들은 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매퍼 수단과, 각각의 매핑된 성분을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 확산 수단을 포함합니다.

본 발명의 제 3 특징을 따른 CDMA 시스템용 수신기는 인터리빙 이전에 제 1 엔코딩 및 매핑과 직교 확산 코드들을 갖는 제 2 엔코딩을 구비한 직렬 엔코딩된 신호를 수신하기 위한 CDMA 시스템용 수신기에 있어서, 수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산하기 위한 디스프레딩(despreading) 수단, 상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 가능한 값을 추정하기 위한 디매퍼(demapper) 수단, 상기 수신된 신호 성분들의 추정된 값들을 디인터리빙하기 위한 디인터리버(deinterleaver), 상기 수신된 신호의 상기 제 1 엔코딩을 디코딩하기 위한 디코더, 및 상기 수신기가 반복 디코딩을 실행할 수 있도록, 상기 디코더로부터 인터리버를 포함하여 디매퍼 수단까지의 피드백 경로를 포함합니다.

수신기에서, 반복적인 디매핑은 디코더의 출력을 디매퍼로 다시 통과시킴으로써 수행된다. 이 시스템은 멀티유저 CDMA 시스템(multi-user CDMA system)일 수 있으며, 이 경우에는, N개의 병렬 채널화 코드들은 최대 N개의 다른 사용자들의 채널화 코드로서 간주된다. 이 시스템은 멀티코드 CDMA 시스템일 수도 있으며, 이 경우에는 N개의 채널화 코드들은 적어도 하나의 사용자에게 속한다.

본 발명의 제 4 특징을 따른 CDMA 신호를 전송하는 방법은 신호의 제 1 엔코딩을 실행하고, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하고, 상기 인터리빙된 신호의 제 2 엔코딩을 실행하는 단계로서, 상기 제 2 엔코딩 단계는 상기 인터리빙된 신호의 성분들을 매핑된 신호의 매핑된 성분들에 매핑에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들이 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매핑을 포함하는, 상기 제 1 엔코딩, 인터리빙, 및 제 2 엔코딩 단계, 및 각각의 매핑된 성분

을 직교 확산 코드로 확산시키는 단계를 포함합니다.
상술된 바와 같이 전송된 CDMA 신호를 수신하는 방법은 인터리빙 이전에 제 1 엔코딩 및 매핑과 직교 확산 코드들을 갖는 제 2 엔코딩을 구비한 직렬 엔코딩된 신호를 수신하고, 상기 수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 상기 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산함으로써 상기 수신된 신호의 디스프레딩을 실행하는 단계와, 상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 상기 가능한 값을 추정하여, 상기 수신된 신호를 디매핑하는 단계, 상기 수신된 신호 성분들의 상기 추정된 값들을 디인터리빙하는 단계, 상기 수신된 신호의 상기 제 1 엔코딩을 디코딩하는 단계, 및 반복 디코딩을 할 수 있도록, 상기 디매핑에 대한 선험 지식으로서 상기 디코딩된 값들을 피드백하는 단계를 포함합니다.
CDMA 신호는 비트 디인터리빙, 디코딩 및 디매핑 단계들을 반복함으로써 반복적으로 디매핑된다.
디멀티플렉서 및 종래 송신기의 N개의 병렬 CDMA 채널의 직교 확산간에 매퍼를 삽입함으로써, 반복적인 디코딩을 통한 비트 에러율 감소는 수신기에서 성취될 수 있다. 이를 위하여, 수신기는 디스프레딩 후 디매핑 동작을 수행하여야만 한다. 디매퍼는 반복적인 디매핑 및 디코딩을 가능케 하는 채널 디코더에 의해 얻어진 선험 지식을 활용할 수 있다.
'수정(modified)' 매핑은 임의적으로 가능하지만 '동일(identical)' 매핑과 다르게 될 필요성이 있다. 그러나, 성취가능한 성능(performance) 이득은 선택된 '수정' 매핑에 크게 의존된다. 매퍼는 리던던시를 신호에 부가하지 않고 직교 CDMA 확산과 결합하여 속도 1의 2진 블록 엔코더로서 해석될 수 있다. 그러나, 확산은 반드시 직교될 필요는 없다.
반복 디매핑 및 디코딩은 보통의 채널 코딩을 사용하는 멀티코드 CDMA 링크들의 비트 에러율을 감소시킨다.
CDMA를 위한 반복 디매핑 및 디코딩은 엔코더와 확산/매핑간에 적어도 하나의 비트 심볼 인터리버가 존재하는 한 동작하게 된다.
확산 코드들의 직교성이 유지되기 때문에, 이 방법은 예를 들어 무선 통신 링크에서 동기식 멀티-유저 다운 링크 통신(기지국에서 이동 단말, 멀티-유저 송신기로)에 적합하게 될 뿐만 아니라 비동기 업-링크 통신(이동 단말에서 기지국, 단일 사용자 송신기로)에 적합하게 된다.
본 발명의 일실시예가 첨부된 도면을 참조하여 이하에 설명된다.

발명의 구성 및 작용

도3의 송신기(10)에서, 2진 랜덤 신호는 컨볼루션 엔코딩되어(11) 비트 심볼들(컨볼루션 코드들 뿐만아니라 임의의 채널 코드가 사용될 수 있고 임의의 코드율이 사용될 수 있다)을 인터리빙하는 랜덤 비트 인터리버(12)에 공급된다. 인터리버 다음에, 코딩된 비트 스트림은 직렬 대 병렬 변환을 수행하는 디멀티플렉서(13)에 의해 N개의 병렬 비트 스트림들로 분할된다.
매퍼(14)는 N 비트 대 N 비트 매핑 동작을 수행한다. 매핑한 후, 각 비트 스트림(1,...,N)은 길이 N_C 칩들의 2진 안티포덜 채널화 코드(코드워드 1,...,N)에 의해 확산(즉, 승산기들(15$_1$ 내지 15$_N$)에 의해 승산됨)된다. 전형적으로, N 채널화 코드들은 직교화된다. 확산 후, 코드워드들은 칩 속도에서 가산기(16)에 의해 합산된다. 선택적으로, 2진 대향되는 스크램블링 시퀀스는 신호를 훨씬 더 랜덤하게 하기 위하여 적용될 수 있다(17).
채널상에, 심볼들은 부가적인 잡음(가산기(18)에 의해 도시됨) 또는 그외 다른 어떤 잡음 형태들에 의해 왜곡된다.
수신기(20)에서, 신호는 디스크램블되고(21), (이는 선택적임), N 채널 코드들(코드워드 1,..,N)과 상관된다. 이 상관은 승산기(22$_1$ 내지 22$_N$)에 의해 각 채널화 코드와의 승산 및 누산기(23$_1$ 내지 23$_N$)에서의 N_C 칩들에 대한 누산을 포함한다. N 개의 상관 결과들은 디매퍼(24)에 의해 활용되어 N개의 멀티코드 CDMA 채널들의 전송되어 코딩된 비트들 $x_0,\ldots, x_{N-1}$ 의 로그-확률비(log-likelihood ratios)(또한 L 값들이라 칭함)를 계산한다.
로그 확률 비 값들은 멀티플렉서(25)에서 다중화되며, 비트 디인터리버(26)에 의해 디인터리빙되고 귀납적 확률 계산기(A Posteriori Probability calculator)(27)(APP) 또는 그외 다른 임의의 SISO-디코더에 놓여진다. 디코딩 후, 전송된 정보 비트들에 대한 추정은 정보 비트들에 대한 APP-소프트 출력 값들의 부호를 취함으로써 하드 결정 장치의 출력에서 활용될 수 있다.
반복 디매핑/디코딩 경로에서, '외부 정보'는 비트 인터리버(28)를 통과하여 선험적 지식으로서 입력(29)에서의 디매핑 장치(24)로 피드백된다. 외부 정보는 디코더에서 소프트 입력/소프트 출력 값들의 차분이고 디코딩 처리에 의해 얻어지는 새롭고 통계학상 독립된 정보를 (적어도 제 1 반복 동안) 나타낸다. 디매핑 장치는 디코더로부터의 선험 정보를 활용하여 부가적인 반복 디코딩 단계들을 위하여 자체의 출력을 정확하게 한다.
반복적인 디코딩은 칩율보다는 오히려 비트율을 토대로 수행되고 이에 따라서 복잡도는 낮게 된다.
간결성을 위하여, 다음 설명은 실수의 신호 처리, 신호 전파 경로 및 부가적인 잡음을 취한다. 복소 신호 처리, 다중경로 전파 및 그외다른 잡음 형태들로의 확장은 간단하게 된다. 하나의 특정한 합성 멀티코드 CDMA 심볼 $\mathbf{Z}$ (N_C 원소들을 갖는 벡터)이 고려된다.
주의 : 볼드체 활자는 벡터들을 표시
송신기에서,

N : N 매퍼는 N 코딩된 비트들(벡터 $\mathbf{X}$)를 매핑된 코딩된 비트 벡터 $\mathbf{x}_M = map(\mathbf{x}),\ \mathbf{x} = (x_0,\ldots,x_{N-1})$ 로 매핑을 수행한다.

$$\mathbf{x}_M = (x_{M,0},\ldots,x_{M,N-1});\ x_i,\ x_{Mj} \in \{-1,+1\}$$

비트 벡터들 $\mathbf{x}$, $\mathbf{x}_M$ 은 0 내지 2 ^{N} -1의 범위의 값들을 갖는 정수로서 해석되고 예를들어 $\mathbf{x}$ 에 대해 $\sum_{i=0}^{N-1}\frac{(x_i+1)}{2}\cdot 2^i$ 으로서 계산되며($\mathbf{x}_M$ 각각에 대하여), N = 3에 대한 임의의 매핑이 다음과 같이 규정될 수 있다.

입력 $\mathbf{x}$ 매핑된 출력 $\mathbf{x}_M$
0 5
1 2
2 7
3 1
4 0
5 6
6 3
7 4

매핑 후, 왈시-코드(Walsh-code) 매트릭스 $\mathbf{W}=(\mathbf{w}_0,\ldots,\mathbf{w}_{N-1})$ 와의 직교 확산 및 시퀀스 $\mathbf{s}$ 와의 스크램블링이 수행된다. 전송된 신호는 $\mathbf{y}=(\mathbf{x}_M\cdot\mathbf{W})\circ\mathbf{s}$ 이다.
여기서:

로우 벡터들 $\mathbf{w}_i, i=0..N-1$ 은 길이 N $_C$ 칩들의 왈시-벡터들의 사용을 표시한다.
통상적으로, '서클-승산(circle-multiplication)'은 두 개의 벡터들의 성분마다의 승산을 표시한다.
$\mathbf{s}$ 는 스크램블링 시퀀스 벡터이다.
채널의 출력에서 수신된 부가적인 잡음 영향받는 합성 멀티코드 CDMA 심볼은:

$\mathbf{z}=(\mathbf{x}_M\cdot\mathbf{W})\circ\mathbf{s}+\mathbf{n}$ 이며, 여기서 $\mathbf{n}$ 은 잡음 벡터이다.

수신기에서,

합성 멀티코드 CDMA 심볼 $\mathbf{z}$ 내에서 전송되는 각 코딩된 비트 $x_0,\ldots,x_{N-1}$ 에 대하여, 디매퍼는 $\mathbf{z}$ 에 대해 조건화된 각 비트의 로그-확률 비(L-값)를 계산한다. L-값의 절대값은 비트 판단의 신뢰도를 표시한다. 예를들어, 비트 x_k 인 경우, 디매퍼 소프트 출력은 L-값이 된다.

$$L(x_k|\mathbf{z})=L_a(x_k)+\ln\frac{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1}p\left(\mathbf{z}\middle|x_k=1,x_{j,j=0..N-1,j\neq k}\equiv\mathrm{bin}(i)\right)\cdot\exp\sum_{\substack{j=0,j\neq k\\ \mathrm{btst}(i,\tilde{j})=1}}^{N-1}L_a(x_j)}{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1}p\left(\mathbf{z}\middle|x_k=0,x_{j,j=0..N-1,j\neq k}\equiv\mathrm{bin}(i)\right)\cdot\exp\sum_{\substack{j=0,j\neq k\\ \mathrm{btst}(i,\tilde{j})=1}}^{N-1}L_a(x_j)}$$

여기서, $x_{j,j=0..N-1,j\neq k}\equiv\mathrm{bin}(i)$ 는 i의 2진 분해(binary decomposition)에 따라서 값들 0, 1을 취하는 변수들 $x_{j,j=0..N-1,j\neq k}$ 의 조인트 이벤트(joint event)를 표시한다. 예를들어, N=4, k=1, i=5인 경우, x $_3$ =1, x $_2$ =0 및 x $_0$ =1을 갖는다. 함수 btst $(i,\tilde{j})$ 는 비트 수 $\tilde{j}$ 가 i의 2진 분해에서 설정되는 경우 값 '1'을 취하고, 그렇치 않으면 '0'이 된다.

여기서 $\tilde{j}=\begin{cases}j & ,j<k\\ j-1 & ,j\geq k\end{cases}$

실제 부가적인 화이트 가우스 잡음 채널의 경우에,

$\tilde{p}(\mathbf{z}|\hat{\mathbf{x}})=\exp\left[\frac{1}{\sigma^2}\cdot\hat{\mathbf{x}}_M\cdot\mathbf{corr}\right]$ 이며,

이에 의해,

$\mathbf{corr}=(\mathbf{z}\circ\mathbf{s})\cdot\mathbf{W}^T=\mathbf{x}_M\cdot\mathbf{W}\cdot\mathbf{W}^T+(\mathbf{n}\circ\mathbf{s})\cdot\mathbf{W}^T=N_c\cdot\mathbf{x}_M+\tilde{\mathbf{n}}$ 는 디매퍼에 입력되는 수신기에서 N 상관 결과들의 벡터를 표시한다.

주의 : $\hat{\mathbf{x}}_M=map(\hat{\mathbf{x}})$ 는 고려된 멀티코드 CDMA 심볼의 가정적으로 수신된 매핑된 코딩된 비트 벡터이고 $\mathbf{x}_M=map(\mathbf{x})$ 는 실제로 전송된 벡터이다.

부가적인 주석:
σ ^{2} 는 채널상의 부가적인 잡음의 파워가 된다.
'ln'은 자연 대수를 표시하며, 'exp'는 지수 함수이다.

예를들어 매핑되지 않은 코딩된 비트 x_k 에 대한 선험적 L-값은 $L_a(x_k) = \ln \frac{P[x_k = 1]}{P[x_k = 0]}$ 이다.

제1 디코딩 통과후, 비트 $x = (x_0, \ldots, x_{N-1})$ 의 '선험' L-값들은 SISO 디코더에 의해 소프트한 디매핑 장치의 입력으로서 제공된다는 것에 주의하라. 가장 처음 디코딩 통과하는 경우, 이들 값은 제로로 설정된다.
$L_\alpha(x_k)$(도3 참조)의 감산후, 소위 디매퍼의 '외부 정보'는 디인터리버 및 채널 SISO-디코더상으로 보내진다. 복잡한 신호 처리(I-/Q-채널)로의 확장은 간단하게 된다. 채널화 코드들은 직교화될 필요가 없다. 게다가, 다중경로 채널 환경(전형적인 무선 통신 채널의 경우)에서의 적용은 당업자에게 명백할 것이다. 레이크 수신기(rake receiver)는 다중 경로 전파를 보상하기 위하여 적용된다. 코히런트 검출을 위한 레이크 수신기는 다수의 '핑거-상관기(finger-correlators)(이상적으로 다중경로 콤포넌트당 하나의 핑거)를 포함한다. 그리고나서, 핑거-상관기들의 출력들은 '최대 비 결합기'에서 결합된다. 그리고나서, 디매핑은 최대 비 결합기 다음에 수행되며, 결합된 상관 결과들을 토대로 작업한다. 멀티코드 CDMA 신호 또는 멀티-유저 CDMA 신호 각각에서 N개의 병렬 CDMA 채널들의 수는 매핑이 수행되는 비트수와 동일하게 될 필요가 없다. 게다가, 매핑된 비트들의 수는 N 보다 작거나 크게 된다. 수학적인 설명 및 숫자들의 적절한 변경은 당업자에게 명백할 것이다.

발명의 효과

이상과 같은 본원 발명의 구성에 의하여 CDMA 또는 M-CDMA 시스템에 있어서 비트 에러율(BER)을 개선시키게 된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

송신기 및 수신기를 포함하는 CDMA 시스템에 있어서,
상기 송신기는, 신호를 엔코딩하기 위한 제 1 엔코더, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하기 위한 인터리버(interleaver), 및 상기 인터리빙된 신호를 더 엔코딩하기 위한 제 2 엔코더를 포함하고,
상기 제 2 엔코더는,
상기 인터리빙된 신호의 성분들을 원하는 매핑된 신호의 성분들에 매핑하기 위한 매퍼(mapper) 수단에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들은 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매퍼 수단과,
각각의 매핑된 성분을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 확산 수단을 포함하며,
상기 수신기는,
수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산하기 위한 디스프레딩(despreading) 수단,
상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 가능한 값(likely value)을 추정하기 위한 디매퍼(demapper) 수단,
상기 제 1 엔코더에 의해 제공된 엔코딩을 디코딩하기 위한 디코더 수단에 연결되고, 상기 추정된 성분 값들을 디인터리빙하기 위한 디인터리버(deinterleaver), 및
상기 수신기가 반복 디코딩을 실행할 수 있도록, 상기 디코더로부터 인터리버를 포함하여 디매퍼 수단까지의 피드백 경로를 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 2.

CDMA 시스템용 송신기에 있어서,
신호를 엔코딩하기 위한 제 1 엔코더, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하기 위한 인터리버(interleaver), 및 상기 인터리빙된 신호를 더 엔코딩하기 위한 제 2 엔코더를 포함하고,
상기 제 2 엔코더는,
상기 인터리빙된 신호의 성분들을 매핑된 신호의 매핑된 성분들에 매핑하기 위한 매퍼(mapper) 수단에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들은 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매퍼 수단과,
각각의 매핑된 성분을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 확산 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 송신기.

청구항 3.

인터리빙 이전에 제 1 엔코딩 및 매핑과 직교 확산 코드들을 갖는 제 2 엔코딩을 구비한 직렬 엔코딩된 신호를 수신하기 위한 CDMA 시스템용 수신기에 있어서,
수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산하기 위한 디스프레딩(despreading) 수단,
상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 가능한 값을 추정하기 위한 디매퍼(demapper) 수단,
상기 수신된 신호 성분들의 추정된 값들을 디인터리빙하기 위한 디인터리버(deinterleaver),
상기 수신된 신호의 상기 제 1 엔코딩을 디코딩하기 위한 디코더, 및
상기 수신기가 반복 디코딩을 실행할 수 있도록, 상기 디코더로부터 인터리버를 포함하여 디매퍼 수단까지의 피드백 경로를 포함하는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 4.
제1항에 있어서,
상기 인터리빙된 신호의 성분들을 병렬 경로 상에 분할하기 위한 디멀티플렉서를 포함하며,
상기 매퍼 수단은 상기 매핑된 성분들을 상기 병렬 경로 상에 매핑하도록 동작하고, 상기 확산 수단은 각각의 병렬 경로에서 상기 매핑된 성분들을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 수단을 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 5.
제2항에 있어서,
상기 인터리빙된 신호의 성분들을 병렬 경로 상에 분할하기 위한 디멀티플렉서를 포함하며,
상기 매퍼 수단은 상기 매핑된 성분들을 상기 병렬 경로 상에 매핑하도록 동작하고, 상기 확산 수단은 각각의 병렬 경로에서 상기 매핑된 성분들을 각각의 직교 확산 코드로 확산시키기 위한 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 송신기.

청구항 6.
제4항에 있어서,
상기 확산 신호 성분들을 결합하기 위한 수단, 및 상기 결합된 신호를 전송에 앞서 스크램블링하기 위한 스크램블링 수단을 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 7.
제5항에 있어서,
상기 확산 신호 성분들을 결합하기 위한 수단, 및 상기 결합된 신호를 전송에 앞서 스크램블링하기 위한 스크램블링 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 송신기.

청구항 8.
제1항에 있어서,
상기 제 1 엔코더는 엔코딩된 신호를 디지털 비트들의 형태로 제공하며, 상기 인터리버는 비트 인터리버이고, 상기 매퍼 수단은 상기 인터리빙된 신호의 벡터 성분들을 상기 매핑된 신호의 매핑된 벡터 성분들에 매핑하는, CDMA 시스템.

청구항 9.
제2항에 있어서,
상기 제 1 엔코더는 엔코딩된 신호를 디지털 비트들의 형태로 제공하며, 상기 인터리버는 비트 인터리버이고, 상기 매퍼 수단은 상기 인터리빙된 신호의 벡터 성분들을 상기 매핑된 신호의 매핑된 벡터 성분들에 매핑하는, CDMA 시스템용 송신기.

청구항 10.
제1항에 있어서,
상기 수신기는 상기 스크램블링된 수신 신호를 디스크램블링하기 위한 디스크램블링 수단을 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 11.
제3항에 있어서,
상기 수신기는 상기 스크램블링된 수신 신호를 디스크램블링하기 위한 디스크램블링 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 12.
제1항에 있어서,
복수의 병렬 경로들로 이루어지며, 각각은 상기 수신된 신호를 각각의 직교 코드에 승산하기 위한 승산 수단을 포함하는 디스프레딩 수단을 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 13.
제3항에 있어서,
복수의 병렬 경로들로 이루어지며, 각각은 상기 수신된 신호를 각각의 직교 코드에 승산하기 위한 승산 수단을 포함하는 디스프레딩 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 14.
제12항에 있어서,
상기 디매퍼 수단은 상기 신호 성분들의 상기 가능한 값들을 추정하기 위해 상기 병렬 경로들에 연결된 각각의 입력들을 가지며, 상기 추정된 값들은 상기 디인터리버에 전송하기 위해 멀티플렉서 수단에 제공되는, CDMA 시스템.

청구항 15.
제13항에 있어서,
상기 디매퍼 수단은 상기 신호 성분들의 상기 가능한 값들을 추정하기 위해 상기 병렬 경로들에 연결된 각각의 입력들을 가지며, 상기 추정된 값들은 상기 디인터리버에 전송하기 위해 멀티플렉서 수단에 제공되는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 16.
제1항에 있어서,
상기 디코더는 소프트 결정을 제공하기 위하여 APP 계산기, 및 그것으로부터 하드 결정을 제공하기 위한 수단을 포함하는, CDMA 시스템.

청구항 17.

제3항에 있어서,
상기 디코더는 소프트 결정을 제공하기 위하여 APP 계산기, 및 그것으로부터 하드 결정을 제공하기 위한 수단을 포함하는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 18.
제1항에 있어서,
상기 매퍼 수단은 N 코딩된 비트들(벡터 x)을 상기 매핑되어 코딩된 비트 벡터

$$\mathbf{x}_M = \left(x_{M,0},\ldots,x_{M,N-1}\right); x_i,\ x_{Mj} \in \{-1,+1\}$$

에 매핑을 실행하는, CDMA 시스템.

청구항 19.
제2항에 있어서,
상기 매퍼 수단은 N 코딩된 비트들(벡터 x)을 상기 매핑되어 코딩된 비트 벡터

$$\mathbf{x}_M = \left(x_{M,0},\ldots,x_{M,N-1}\right); x_i,\ x_{Mj} \in \{-1,+1\}$$

에 매핑을 실행하는, CDMA 시스템용 송신기.

청구항 20.
제1항에 있어서,
상기 디매퍼 수단은 상기 수신된 성분들의 추정된 값들 L을

$$L(x_k|z) = L_a(x_k) + \ln \frac{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1} p\left(z|x_k = 1, x_{j,j=0..N-1,j\neq k} \equiv \mathrm{bin}(i)\right) \cdot \exp \sum_{\substack{j=0,j\neq k \\ \mathrm{bin}(i,j)=1}}^{N-1} L_a(x_j)}{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1} p\left(z|x_k = 0, x_{j,j=0..N-1,j\neq k} \equiv \mathrm{bin}(i)\right) \cdot \exp \sum_{\substack{j=0,j\neq k \\ \mathrm{bin}(i,j)=1}}^{N-1} L_a(x_j)}$$

로서 제공하는, CDMA 시스템.

청구항 21.
제3항에 있어서,
상기 디매퍼 수단은 상기 수신된 성분들의 추정된 값들 L을

$$L(x_k|z) = L_a(x_k) + \ln \frac{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1} p\left(z|x_k = 1, x_{j,j=0..N-1,j\neq k} \equiv \mathrm{bin}(i)\right) \cdot \exp \sum_{\substack{j=0,j\neq k \\ \mathrm{bin}(i,j)=1}}^{N-1} L_a(x_j)}{\sum_{i=0}^{2^{N-1}-1} p\left(z|x_k = 0, x_{j,j=0..N-1,j\neq k} \equiv \mathrm{bin}(i)\right) \cdot \exp \sum_{\substack{j=0,j\neq k \\ \mathrm{bin}(i,j)=1}}^{N-1} L_a(x_j)}$$

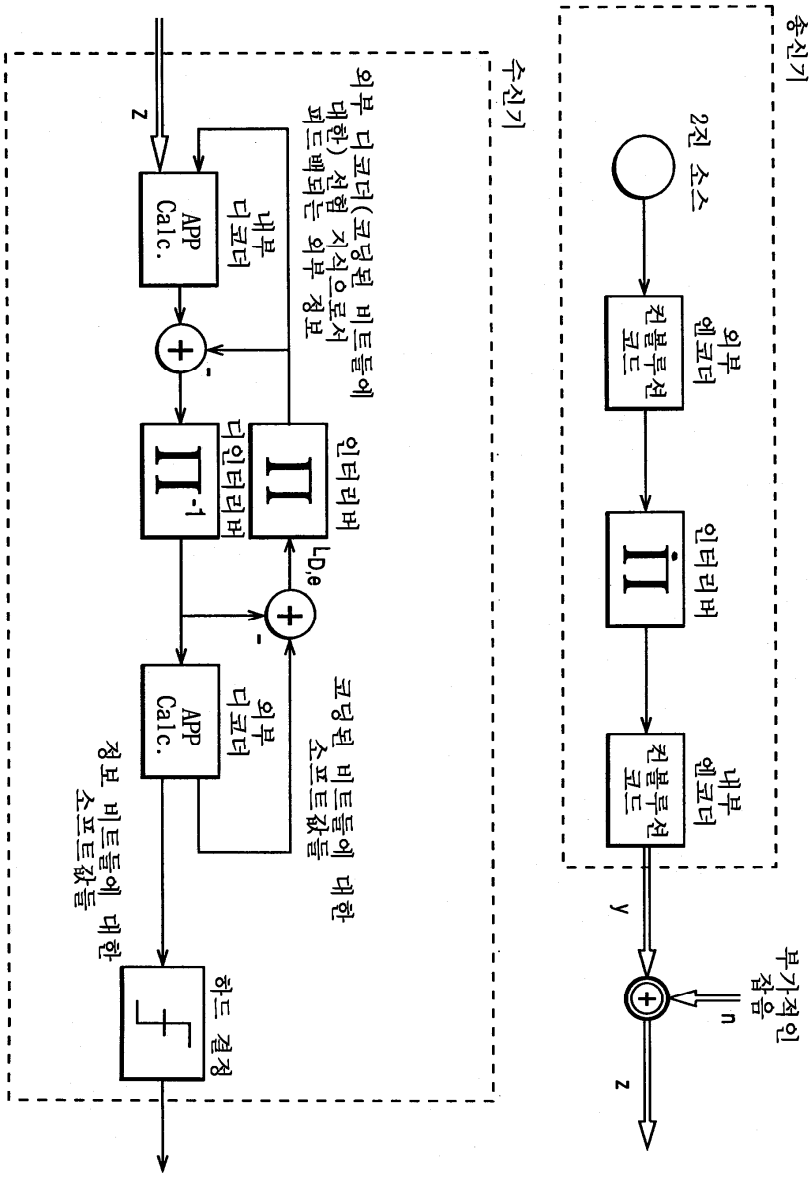
로서 제공하는, CDMA 시스템용 수신기.

청구항 22.
CDMA 신호를 전송하는 방법에 있어서,
신호의 제 1 엔코딩을 실행하고, 상기 엔코딩된 신호를 인터리빙하고, 상기 인터리빙된 신호의 제 2 엔코딩을 실행하는 단계로서, 상기 제 2 엔코딩 단계는 상기 인터리빙된 신호의 성분들을 매핑된 신호의 매핑된 성분들에 매핑에 의하여, 상기 매핑된 신호 성분들이 상기 인터리빙된 신호의 성분들에 의존하는, 상기 매핑을 포함하는, 상기 제 1 엔코딩, 인터리빙, 및 제 2 엔코딩 단계, 및
각각의 매핑된 성분을 직교 확산 코드로 확산시키는 단계를 포함하는, CDMA 신호 전송 방법.

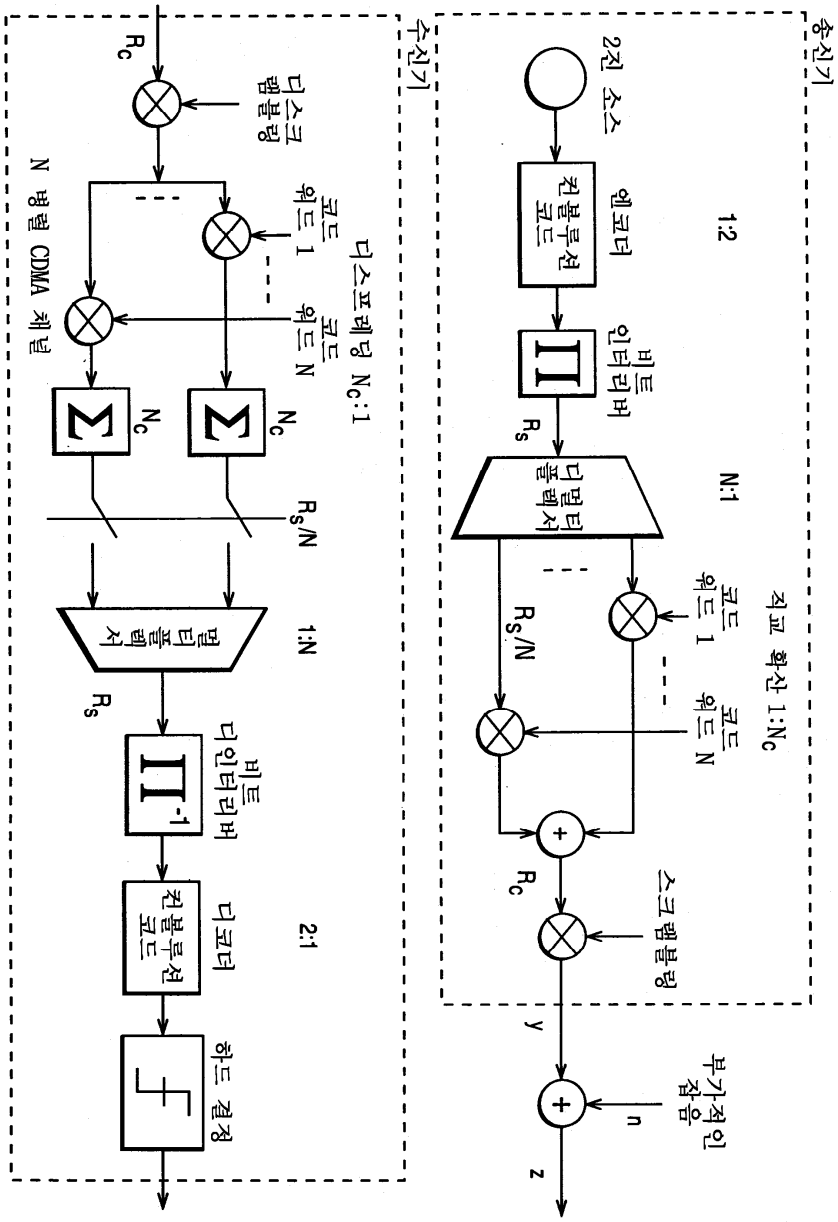
청구항 23.
CDMA 신호를 수신하는 방법에 있어서,
인터리빙 이전에 제 1 엔코딩 및 매핑과 직교 확산 코드들을 갖는 제 2 엔코딩을 구비한 직렬 엔코딩된 신호를 수신하고, 상기 수신된 신호의 성분들을 제공하기 위해 상기 수신된 신호에 상기 직교 확산 코드들을 승산함으로써 상기 수신된 신호의 디스프레딩을 실행하는 단계와,
상기 매핑을 리버싱하고 상기 수신된 신호 성분들의 상기 가능한 값을 추정하여, 상기 수신된 신호를 디매핑하는 단계,
상기 수신된 신호 성분들의 상기 추정된 값들을 디인터리빙하는 단계,
상기 수신된 신호의 상기 제 1 엔코딩을 디코딩하는 단계, 및
반복 디코딩을 할 수 있도록, 상기 디매핑에 대한 선험 지식으로서 상기 디코딩된 값들을 피드백하는 단계를 포함하는, CDMA 신호 수신 방법.

도면

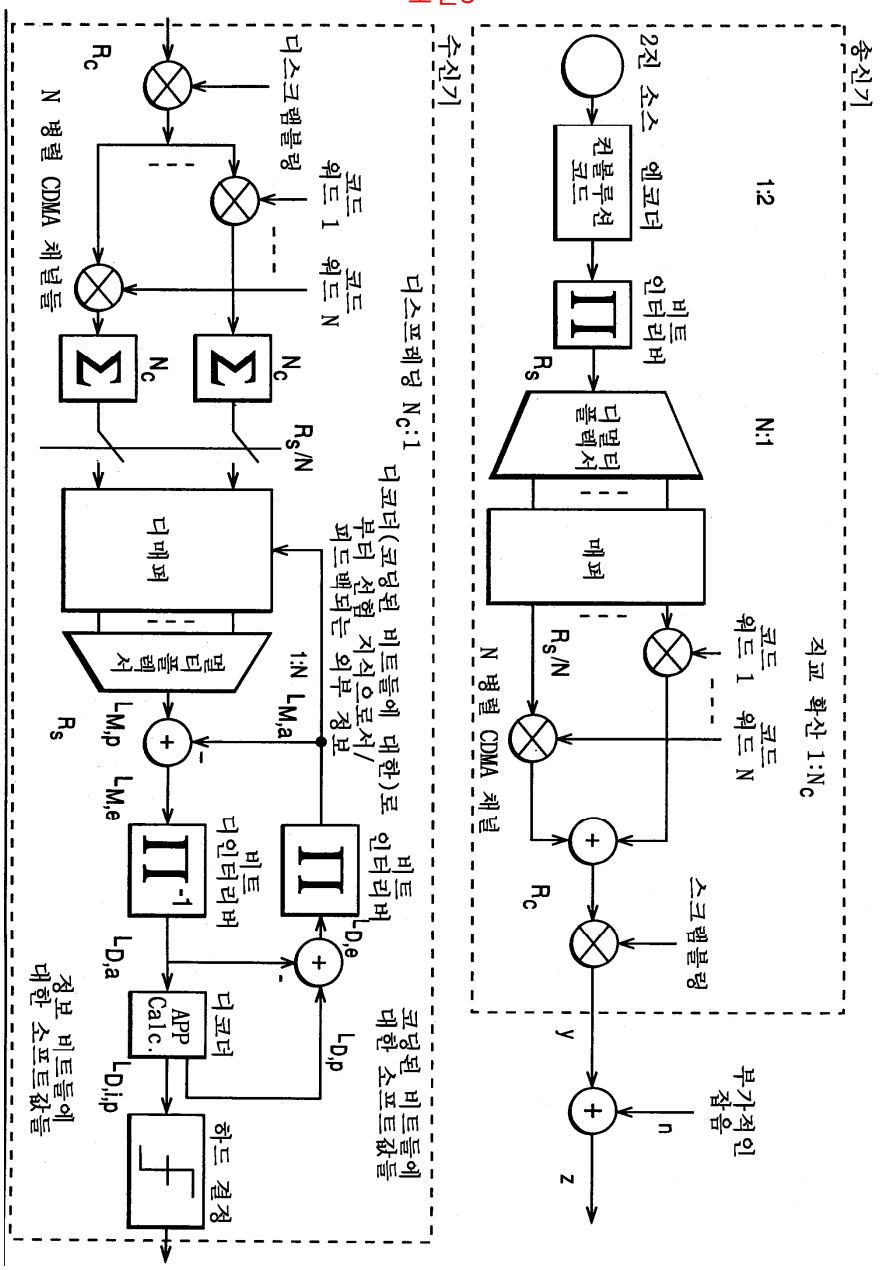
도면1


송신기
2진 소스
외부 엔코더
컨볼루션 코드
인터리버
내부 엔코더
컨볼루션 코드
y
부가적인 잡음
n
z
수신기
z
외부 디코더(코딩된 비트들에 대한) 선험 지식으로서 피드백되는 외부 정보
내부 디코더
APP Calc.
인터리버
디인터리버
$L_{D,e}$
외부 디코더
APP Calc.
코딩된 비트들에 대한 소프트값들
정보 비트들에 대한 소프트값들
하드 결정

도면2


송신기
2진 소스
엔코더
컨볼루션 코드
1:2
비트 인터리버
N:1
디멀티플렉서
직교 확산 1:Nc
코드 워드 1
코드 워드 N
스크램블링
부가적인 잡음
n
y
z
수신기
디스크램블링
코드 워드 1
코드 워드 N
N 병렬 CDMA 채널
디스프레딩 Nc:1
멀티플렉서
1:N
비트 디인터리버
디코더
2:1
하드 결정

도면3


송신기
직교 확산 1:Nc
2진 소스
엔코더
컨볼루션 코드
1:2
비트 인터리버
N:1
멀티플렉서
매퍼
Rs
Rs/N
코드 워드 1
코드 워드 N
N 병렬 CDMA 채널
Rc
스크램블링
부가적인 잡음
n
y
z
수신기
디스프레딩 Nc:1
디스크램블링
코드 워드 1
코드 워드 N
N 병렬 CDMA 채널들
Nc
Rc
Rs/N
디매퍼
멀티플렉서
1:N
LM,a
LM,p
LM,e
Rs
비트 디인터리버
LD,a
디코더
APP Calc.
LD,i,p
하드 결정
정보 비트들에 대한 소프트값들
디코더(코딩된 비트들에 대한) 로부터 선험 지식으로서/피드백되는 외부 정보
비트 인터리버
LD,e
LD,p
코딩된 비트들에 대한 소프트값들