



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098552
(43) 공개일자 2008년11월10일

- (51) Int. Cl.
H04L 27/22 (2006.01) H04B 1/707 (2006.01)
H04L 23/02 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7024481(분할)
- (22) 출원일자 2008년10월07일
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2005-7017383
원출원일자 2005년09월16일
번역문제출일자 2008년10월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2003/031787
국제출원일자 2003년10월07일
- (87) 국제공개번호 WO 2004/039025
국제공개일자 2004년05월06일
- (30) 우선권주장
10/279,238 2002년10월24일 미국(US)

- (71) 출원인
인터디지털 테크놀로지 코퍼레이션
미국 텔라웨어 19810 월밍턴 실버사이드 로드
3411 콩코드 플라자 스위트 105 해글리 빌딩
- (72) 발명자
리 빈
미국 뉴욕주 11779 론콘코마 아파트먼트 25에이
페코닉 스트리트 500
디파지오 로버트 에이
미국 뉴욕주 11740 그린론 테니스 플레이스 15
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김태홍, 신정건

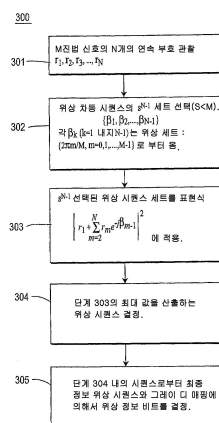
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 다중 부호 차동 검출용 알고리즘

(57) 요약

M진 (M-ary) 통신 데이터의 다중 부호 차동 검출 위상 평가의 방법은 M개의 전송 위상 중의 하나를 갖는 각각의 N개 순차적 부호 $r_1 \dots r_N$ 으로 구성된 데이터를 사용한다. N-1개 요소 중 선택된 시퀀스는 다중 부호 차동 검출기를 이용하여 가능 위상 차동 시퀀스로 계산되는 가능 위상 차동 시퀀스로 나타난다. 다음에, 각 위상 차동 추정치에 대한 기준으로서, r_1 을 사용하고, s^{N-1} 개 위상 차동 시퀀스는 상기 부호 세트를 계산하는 동안 ($i=1$ 내지 s) 형태($P_{2i}, P_{3i}, \dots, P_{Ni}$) 안에서 선택되고 여기에서 s 는 미리 결정되고, $1 \leq s \leq M$ 이다. 추정된 위상 차동 값 S의 세트는 실제 전송된 위상 차동 값의 근사값에 기초하여 선택하는 것이 좋다. 위상 차동 추정치는 통상의 차동 검출을 이용하여 최대값을 산출하는 것과 같이 수학적으로 결정될 수 있다.

대표도 - 도3a



(72) 발명자

그리코 도날드 엠

미국 뉴욕주 11030 맨하셋 쇼어 로드 18

제이라 아리엘라

미국 뉴욕주 11743 헌팅턴 이스트 넥 로드 106

특허청구의 범위

청구항 1

다중 부호 차동 검출을 사용하여 부호의 시퀀스를 검출하기 위한 방법으로서, 상기 부호들은 M개의 미리 결정된 위상값들 중 하나에 의해 나타내어지는 상기 방법은,

(a) $r_1 \dots r_N$ 부호의 시퀀스를 수신하는 단계와,

(b) 위상 차동값의 모든 가능한 시퀀스들의 서브세트인 위상 차동값의 후보 시퀀스들 $\{\beta_1, \beta_2 \dots \beta_{N-1}\}$ 을 생성하는 단계와,

(c) 상기 후보 시퀀스들 사이에서 실제 전송된 위상 차동 시퀀스에 최우도(maximum likelihood)를 갖는 하나의 시퀀스를 선택하는 단계

를 포함하는 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 후보 시퀀스들은 각 수신 위상 차동값에 대해 s 위상 차동값($s \leq M$)을 선택함으로써 생성되는 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 선택된 s 위상 차동값은 실제 위상 차동값에 최근사인 s 위상 차동값인 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 s 위상 차동값은 최대값을 산출하는 표현식 $\left| r_1 + r_{k+1} e^{-j\beta_k} \right|^2$ 에 의해 결정되는 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 두 근사 위상값이 각 수신 위상 차동값에 대해 선택되는 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, (c)단계에서, 모든 후보 시퀀스들은 표현식 $\left| r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-j\beta_{m-1}} \right|^2$ 에 적용되고, 상기 후보 시퀀스들 사이에서 최우도를 갖는 시퀀스가 선택되는 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

청구항 7

다중 부호 차동 검출을 사용하여 부호들의 시퀀스를 검출하기 위한 장치로서, 상기 부호들은 M개의 미리 결정된 위상값들 중 하나에 의해 나타내어지는 상기 장치는,

$r_1 \dots r_N$ 부호의 시퀀스를 수신하기 위한 수신기와,

위상 차동값의 모든 가능한 시퀀스들의 서브세트인 위상 차동값의 후보 시퀀스들 $\{\beta_1, \beta_2 \dots \beta_{N-1}\}$ 사이에서 실제 전송된 위상 차동 시퀀스에 최우도를 갖는 하나의 시퀀스를 선택하기 위한 결정 유닛

을 포함하는 다중 부호 차동 검출 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 후보 시퀀스들은 각 수신 위상 차동값에 대해 s 위상 차동값($s \leq M$)을 선택함으로써 생성되는 것인, 다중 부호 차동 검출 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 선택된 s 위상 차동값은 실제 위상 차동값에 최근사인 s 위상 차동값인 것인, 다중 부호 차동 검출 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 s 위상 차동값은 최대값을 산출하는 표현식 $\left| r_1 + r_{k+1} e^{-j\beta_k} \right|^2$ 에 의해 결정되는 것인, 다중 부호 차동 검출 장치.

청구항 11

제9항에 있어서, 두 근사 위상값이 각 수신 위상 차동값에 대해 선택되는 것인, 다중 부호 차동 검출 장치.

청구항 12

제7항에 있어서, 상기 결정 유닛은 모든 후보 시퀀스들을 표현식 $\left| r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-j\beta_{m-1}} \right|^2$ 에 적용하고, 상기 후보 시퀀스들 사이에서 최우도를 갖는 시퀀스가 선택되는 것인, 다중 부호 차동 검출 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 통신 시스템의 다중 위상 편이 방식(MPSK) 변조의 차동 검파에 관련된 것이다. 본 발명은 일반적으로는 디지털 통신에 관한 것이지만 CDMA 시스템에 한정된 것은 아니다.

배경기술

- <2> 일반적으로, 통신 수신기는 2가지 종류(동기 검파와 차동 검파)의 MPSK 변조 신호 검파를 이용한다. 동기 검파(coherent detection)에 있어서, 반송파 위상 기준은 수신기에서 검출되는데, 이 수신기에서 실제 정보 위상을 측정하기 위해 연속 부호 위상등을 비교한다. 차동 검파는 2개의 연속 부호의 수신된 위상차를 처리하여 실제 위상을 결정한다. 2개의 연속 부호중 처음 부호의 위상을 기준으로 삼아, 위상 차를 얻을 수 있다. 비록 차동 검파기는 수신기에서 반송파 위상 기준 처리의 필요성을 배제하지만, 소정의 부호 에러율이 높은 신호대 잡음비를 필요로 한다.
- <3> 부가적인 백색 가우시안 잡음(AWGN) 채널에서의 차동 검파는 구현의 간소화와 강건함이 수신기 감도 성능보다 우선할 때 동기 검파보다 바람직하다. 차동 검파는 동기 복조 기준 신호를 생성하기 어려울 때도 바람직하다. 다중 위상 편이 방식 변조(MPSK)의 차동 검파의 경우, 입력 위상 정보는 송신기에서 차동적으로 인코딩된 다음에, 연속 부호 간격 사이에 수신된 위상을 비교함으로써 구현된다. 따라서, 적절한 동작에 있어서, 수신된 반송파 기준 위상이 적어도 2개의 부호 간격에 걸쳐서 일정해야 한다.
- <4> 다중 부호 차동 검파(MSDD)는 2개 이상의 연속 부호를 사용하며, 오직 2개의 연속 부호를 사용하는 통상의 차동 검파(DD) 보다 양호한 에러율을 제공할 수가 있다. DD의 경우에서와 같이, MSDD는 수신된 반송파 기준 위상이 프로세스에서 사용된 연속 부호 간격에 걸쳐서 일정할 것을 필요로 한다.
- <5> MSDD와 다중 부호 검파(MSD)에 대한 상세한 논의는 "Multiple-symbol Differential Detection of MPSK"(Divesalar et al., IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol.38, No.3, March 1990) 및 "Multiple-symbol Detection for Orthogonal Modulation in CDMA System"(Liet al., IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, Vol.50, No.1, January 2001)에서 찾을 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 이후 일반적인 MPSK MSDD에 대해서 다음의 도 1 및 도 2와 연결하여 설명된다. 도 1은 MPSK 신호 시퀀스 r을 가진 AWGN 통신 채널(101)을 도시하는데, 시퀀스 r은 수신기(110)에 의해 수신된 N개의 연속 부호 r₁ ... r_N을 포함한다. 부호 r_k는 N개의 시퀀스 r의 컴포넌트 kth를 나타내고, 여기에서 1≤k≤N이다.

<7> r_k 값은 방정식(1)에 의해 표시된 벡터이다.

$$r_k = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} e^{j\phi_k + j\theta_k} + n_k$$

<8> 식.(1)

<9> 여기서 E_s는 부호 에너지, T_s는 부호 간격이고 ϕ_k는 전송 위상이고, j=√-1이다. n_k값은 제로 평균화한, 고정 복소 백색 가우시안 잡음 처리로 부터 얻은 샘플이다. θ_k값은 채널에서 도입된 임의의 랜덤 채널 위상 편이이고, 간격(-π, π)에서 균등하게 분배된다고 가정한다. 채널 위상 편이 값 θ_k는 알지 못하지만, 일반적으로 차동 검파는 θ_k가 관측된 부호 r₁에서 r_N 사이의 간격에 걸쳐 일정하다는 것을 가정하여 연산한다. 차동 MPSK(DMPSK)의 경우, 위상 정보는 송신기에서 차동적으로 인코딩되고, 전송된 위상 ϕ_k는 다음과 같이 표현된다.

<10> 식(2) ϕ_k = ϕ_{k-1} + Δϕ_k

<11> 여기에서 Δϕ_k는 그레이 매핑 방법에서와 같이 단위원 둘레의 세트 Ω = {2πm/M, m=0, 1, ..., M-1} 안에서 M 균등하게 분배된 값들 중의 하나를 취하는 kth 전송 간격에 대응하는 전송된 정보 위상 차동 값이다. 예를 들어, QPSK에서, M=4 이고 1에서 N까지 각각의 k에 대해 Δϕ_k = 0, π/2, π, 3π/2 이다.

<12> 간소화를 위해 임의의 위상 값 θ_k은 관측된 시퀀스의 N 길이에 걸쳐서 일정(θ_k=θ)하다고 가정한다.

<13> 수신기에서, 다중 부호 차동 검파(MSDD)를 사용한 최적의 검파는 위상 차동`

<14> {dϕ̂₁, dϕ̂₂, ..., dϕ̂_{N-1}}의 추정된 시퀀스를 선택함으로써 성취되며, 추정된 시퀀스는 다음의 판별 통계치를 최대화한다.

<15> 식) (3)
$$\eta = \max_{d\hat{\phi}_1, d\hat{\phi}_2, \dots, d\hat{\phi}_{N-1} \in \Omega} \left| r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-jd\hat{\phi}_{m-1}} \right|^2$$

<16> 식 (3)에 의해서, 수신된 신호는 최적의 추정 위상 시퀀스 {dϕ̂₁, dϕ̂₂, ..., dϕ̂_{N-1}}를 동시적으로 선택하는 동안 N 부호 시간 간격에 걸쳐서 관측된다.

<17> N길이 신호 시퀀스 r_k의 최대화된 벡터 합은 최우도 검출(maximum-likelihood detection)을 제공하고, 추정된 위상 차동 dϕ̂_m는 추정된 위상 ϕ̂_{m+1}와 제1 위상 ϕ̂₁의 추정치 사이의 차이값이다.

<18> 식 (4)
$$d\hat{\phi}_m = \hat{\phi}_{m+1} - \hat{\phi}_1.$$

<19> 전송된 정보 위상 시퀀스 {Δϕ̂₁, Δϕ̂₂, ..., Δϕ̂_{N-1}}의 추정치는 방정식(5)를 사용하여 추정된 위상 시퀀스 {dϕ̂₁, dϕ̂₂, ..., dϕ̂_{N-1}}로부터 얻어진다.

<20> 식 (5)
$$d\hat{\phi}_m = \sum_{k=1}^m \Delta\hat{\phi}_k$$

<21> 값 $\Delta\hat{\phi}_k$ 는 전송된 위상 차동 $\Delta\phi_k$ 의 추정치이다. $d\hat{\phi}_k$ ($1 \leq k \leq N-1$) 는 M개의 균등하게 분배된 값 $\{2\pi m/M, m=0, 1, \dots, M-1\}$ 중 하나를 취하기 때문에, 통상적인 MSDD 검파는 모든 가능한 위상 차동 시퀀스를 검색하고, 그 위상들은 M^{N-1} 개이다. 에러율 성능은 관측된 시퀀스 길이 N이 증가함에 따라 향상되고, N=4 혹은 N=5가 되도록 선택하는 것이 바람직하다. 예를 들어, N=5인 16PSK 변조의 경우, 검색할 위상 차동 시퀀스의 수는 $16^4=65536$ 개이다. 이 고려할 많은 수의 시퀀스에 의해 명백한 바와 같이, 바람직한 에러율 성능을 달성하기 위해서 검색 시퀀스의 간소화는 희생된다.

<22> 도 2는 알고리즘(200)의 처리 흐름도를 도시하며, 통상적인 MSDD를 수행한다. 단계(201)에서 시작되고, $k = 1$ 내지 N의 N개 연속 부호 r_k 가 관측된다. 다음에, 위상 차동 시퀀스 $\{d\hat{\phi}_1, d\hat{\phi}_2, \dots, d\hat{\phi}_{N-1}\}$ 의 가능 세트의 각 $d\hat{\phi}_k$ ($k=1$ 내지 $N-1$) 는 세트 $\Omega = \{2\pi m/M, m=0, 1, \dots, M-1\}$ 안에서 M 개의 균일 분배 위상 값의 세트중의 하나이다. 가능 세트는 M^{N-1} 개이다. 도 5는 이러한 세트의 배열의 예를 도시하며, 여기에서 N=4 이고 M=4 이며, 가능 위상 차동 시퀀스 $4^{4-1}=64$ 개의 세트를 도시한다. 단계(203)에서, 각 가능 위상 시퀀스는 전체 M^{N-1} 개의 값을 부여하는 $\left| r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-jd\hat{\phi}_{m-1}} \right|^2$ 로 표현된다. 다음에, 단계(204)에서는 단계(203)에 대한 최대 값을 찾을 수 있고, 이 최대값은 최상의 추정 위상 차동 시퀀스이다. 마지막으로, 단계(205)에서는, 최종 정보 위상 시퀀스 $\{\Delta\hat{\phi}_1, \Delta\hat{\phi}_2, \dots, \Delta\hat{\phi}_{N-1}\}$ 는 방정식(5)를 사용하여 $\{d\hat{\phi}_1, d\hat{\phi}_2, \dots, d\hat{\phi}_{N-1}\}$ 로 부터 추정되고, 정보 비트는 위상과 비트 사이에서 그레이 디 맵핑으로부터 얻어진다.

과제 해결수단

<23> MSDD가 통상적인 DD(Symbol-by-symbol)보다 더 향상된 에러 성능을 제공하지만, MSDD의 복잡도는 현저하게 크다. 그러므로, 덜 복잡한 MSDD 시스템과 향상된 방법을 제공하는 것이 바람직하다.

효과

<24> 본 발명에 따른 다중 부호 차동 검출용 알고리즘에 따르면, 검색하기 위한 위상 차동 시퀀스의 수는 상당히 감소되어, 처리 속도는 빨라진다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<25> M진 (M-ary) 통신 데이터의 다중 부호 차동 검파 위상 평가 방법이 이용되며, 통신 데이터는 M개의 전송 위상 중의 하나를 갖는 각각의 N개 순차적 부호 $r_1 \dots r_N$ 으로 구성된다. 가능한 차동 위상의 시퀀스를 나타내는 N-1 개 요소의 선택된 시퀀스는 다중 부호 차동 검파 방법을 이용하여 평가된다. 다음에, 각 위상 차동 추정치에 대한 기준으로서, r_1 을 사용하고, S^{N-1} 개 위상 차동 시퀀스가 상기 부호 세트의 계산을 위해 $i= 1$ 내지 s 에 대해 형태 $(P_{2i}, P_{3i}, \dots, P_{Ni})$ 로 선택되는데, 여기에서 s 는 미리 결정되고, $1 < s < M$ 이다. 추정하는 동안 M개의 가능 위상 차동 값 중 하나씩 모두를 구하는 것보다, s 위상 차동 추정 값의 감소된 서브세트를 실제 전송된 위상 차동 값의 근사값을 기초로 하여 선택하는 것이 좋다. s 위상 차동 추정치는 차동 검출 표현식 $\left| r_1 + r_{k+1} e^{-j\beta_k} \right|^2$ 의 최대값을 산출하여 수리적으로 결정될 수 있다.

<26> 각각의 S^{N-1} 개의 위상 차동 시퀀스는 MSDD 를 사용하여 계산하여, 최종의 최우도 위상 시퀀스를 결정한다. 결과의 최종 위상 시퀀스를 사용하여 그레이 디맵핑 방법에 의해 위상 정보 비트와 정보 위상 추정치를 결정한다.

<27> 도 3a는 서브세트 검색 개념을 이용한 MSDD 알고리즘(200)의 검색 복잡성을 감소시킨 MSDD 알고리즘(300)을 도시한다. 먼저, 단계(301)에서, N 연속 부호 r_k 를 $1 \leq k \leq N-1$ 에 대해 관측한다. 단계(302)에서, 알고리즘(200)에서 시도된 M^{N-1} 개의 위상 추정치의 전체 세트 중에서 최적 추정치로서 s^{N-1} 개 위상 차동 추정 시퀀스 세트 $\{\beta_1,$

$\beta_2, \dots, \beta_{N-1}$ 를 선택한다. 도 3b에서는, 단계(302)를 더 자세히 설명한다. 단계(302a)에서, 초기 수신된 신호 r_1 를 r_1 과 각 후속 시퀀스 r_k 사이의 위상 차이를 판정하기 위한 바람직한 기준으로서 선택한다. 단계(302b)에 있어서, s 차동 위상의 작은 후보 서브세트는 모든 M 가능 위상 ($2\pi k/M, k=0,1,\dots,M-1$)중에서 $\{\beta_{k1}, \beta_{k2}, \dots, \beta_{ks}\} (1 \leq k \leq N-1)$ 를 추정하는데, 여기에서 $1 \leq s \leq M$ 이고 s 는 미리 결정된다. 선택된 s 위상 추정치는 실제 위상 차 $\Delta\phi_k$ 의 근사값이다. 위상 차동 추정치의 근사값을 얻기 위하여, 각 β_k 는 최대 결과값을 산출하는 s 위상 차동

측정치 $\{\beta_{k1}, \beta_{k2}, \dots, \beta_{ks}\}$ 를 선택하여 통상적인 DD 표현식 $|r_1 + r_{k+1}e^{-j\beta_k}|^2$ 에 적용된다. 이 부호 단위의 DD의 산입은 단계(302b)에서 처리되고, 알고리즘(300)은 MSDD와 DD 처리의 조합임을 알 수 있다. 단계(302c)에서, s^{N-1} 개의 최적 위상 차동 시퀀스 세트가 있으며, 여기서 $P_k = \{\beta_{k1}, \beta_{k2}, \dots, \beta_{ks}\}$ 이다. 다시 도 3a로 돌아가서, 단계(302)의 결과는 s^{N-1} 개의 위상(P_1, P_2, \dots, P_{N-1})의 시퀀스이다. 최우도 위상 차동 후보가 있게 된다.

즉, P_1 에 대한 s 값은 실제 위상 차동 $\Delta\phi_1$ 의 근사값이고, P_2 에 대한 s 값은 실제 위상 차동 $\Delta\phi_2$ 값의 근사값, 등등이다.

<28> 단계(303)에서, s^{N-1} 개의 모든 가능 위상 시퀀스(P_1, P_2, \dots, P_{N-1})는 표현식 $|r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-j\beta_{m-1}}|^2$ 으로 표현된다.

위상 후보 세트는 $s < M$ 이고 $s^{N-1} < M^{N-1}$ 이기 때문에, 알고리즘(200)과 비교하여 그 수가 현저하게 감소된다. s 가 매우 작을 때, 검색하기 위한 위상 차동 시퀀스의 수는 더 작아지고, 현저하게 복잡성이 줄어든다. 예를 들어, $s=2, N=4$ 및 $M=4$ 에 대해 결과의 위상 차동 시퀀스는 8개 세트가 된다. 이것은 도 5에 도시된 64개의 위상 차동 시퀀스보다 더 작은 서브세트이고, 알고리즘(200)과 같은 통상적인 MSDD 알고리즘에 의해 처리된다.

<29> 단계(304)에서 단계(303)의 최대값 결과 벡터는 최적 위상 차동 시퀀스 $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N-1}\}$ 를 결정한다. 조합의 단계(303, 304)는 다음의 결정 통계치에 의해 표현될 수 있다.

<30> 식 (6)
$$\eta^{new} = \max_{\beta_1 \in P_1, \dots, \beta_{N-1} \in P_{N-1}} \left| r_1 + \sum_{m=2}^N r_m e^{-j\beta_{m-1}} \right|^2$$

<31> $s=M$ 일때, 통계치는 간단히 $\eta^{new} = \eta$ 이다.

<32> 단계(305)에서 최종 정보 위상 시퀀스 $\{\Delta\hat{\phi}_1, \Delta\hat{\phi}_2, \dots, \Delta\hat{\phi}_{N-1}\}$ 는 방정식 (7)을 사용한 최적 위상 차동 시퀀스 $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N-1}\}$ 로부터 추정되고, 위상 정보 비트는 그레이 디매핑으로부터 얻는다.

<33> 식 (7)
$$\beta_m = \sum_{k=1}^m \Delta\hat{\phi}_k$$

<34> 도 4는 MSDD 병렬 구현예(400)의 블럭도를 도시하고, 여기에서 $N=4, s=2$ 이다. $N=4$ 이므로, 후보 위상의 s^{N-1} 개의 (즉, 8) 서브세트(P_1, P_2, P_3)를 결정하기 위한 $N-1=3$ 개의 병렬 선택 회로(401,402,403)가 있게된다. 선택 회로(401)는 지연 블럭(410,411)을 포함하고, 콘주게이터(412), 곱셈기(413), 곱셈기(415_k)($k=1$ 내지 $N-1$), 증폭 블럭(416_k)($k=0$ 내지 $N-1$), 판단 블럭(417), 곱셈기(418,419) 및 스위치(450)을 포함한다. 입력 신호 r_{k+3} 는 기준 부호로서 확정 r_k 를 위상차를 추정하는 연속 부호로서 r_{k+1} 을 수립하기 위해 지연부(410,411)를 통과한다. 콘주게이터(412)의 출력은 곱셈기(413)에 의해 연속 부호 r_{k+1} 가 곱해질 때, 위상 차동 값을 산출하는 콘주게이트 r_k^* 를 산출한다. 다음에, 위상 차이는 세트 β_k 의 각 위상에 곱셈기(415_k)에 의해 곱해지는데, 여기에서 $\beta_k = (2\pi k/M, k=0,1,\dots,M-1)$ 이다. 다음에, 곱셈값은 증폭 블럭(416_k)를 거쳐 판단 블럭(417)에 입력되고, 이 판단 블럭에서 서브세트 $P1=[\beta_{k1}, \beta_{k2}]$ 에 대해서 최대값 $s=2$ 입력 값을 선택한다. 블럭(410)의 출력값은 곱셈기

(418,419)에 의해 출력된 $r_{k+1}e^{-j\beta_k}$ 와 $r_{k+1}e^{-j\beta_k}$ 의 곱이다.

<35> 판단 회로 (402,403)는 묘사된 블럭(401)과 유사한 요소의 병렬 세트를 포함한다. 판단 회로 (402)는 기준 부호 r_k 와 r_{k+2} 지연 블럭(402,421)을 포함하는데, 이 지연 블럭은 기준 부호 r_k 와 부호 r_{k+2} 의 처리를 가능하게 함으로써 판단 블럭(427)은 후보 위상 $P_2=[\beta_{k3}, \beta_{k4}]$ 을 선택한다. 마찬가지로, 블럭(403)은 지연 블럭(431)을 포함함으로써, 판단 블럭(437)으로 하여금 기준 부호 r_k 와 부호 r_{k+3} 에 대해 위상 차동 후보 $P_3=[\beta_{k5}, \beta_{k6}]$ 의 선택을 가능하게 한다. 합산기(404)는 각각 스위치(450,451,452)에 의해 교번된 블럭(401,402,403)의 출력값의 교번적 조합 값 플러스 기준 부호 r_k 를 가산한다. $s=2$ 이므로, 스위치(450, 451, 452)에 의해 산출된 위상 차동 시퀀스(P_1, P_2, P_3)의 $2^3=8$ 조합이 있다. 판단 블럭(405)은 최적 위상 차동 시퀀스($\beta_1, \beta_2, \beta_3$)를 선택하며, 최적 위상 차동 시퀀스는 최대 합을 산출하는 위상 차동 시퀀스(P_1, P_2, P_3)이다.

<36> 도 6은 16PSK에 대한 MSDD 알고리즘의 부호 에러율(SER) 성능을 도시하는데, 차동 부호 관측 길이 $N=3, 4, 5$ 에 대해서 $s=2$ 이다. 도 6에서 도시된 바와 같이, 복잡성이 감소된 MSDD 알고리즘(300)($s=2$)은 본래의 MSDD 알고리즘(200)($s=M$)과 거의 같은 성능을 제공한다. 이것은 MSDD 알고리즘(300)이 방정식(6)의 통계치를 최대화하기 위해서 벡터 $r_{k+1}e^{-j\beta_k}$ ($1 \leq k \leq N-1$)와 r_1 사이에서 2개의 근사 위상 중의 하나를 선택하기 때문이다. 그러므로, $2 < s < M$ 에 대해, 성능은 $s=2$ 와 본질적으로 같고, $s > 2$ 에서 알고리즘(300)의 복잡성의 증가 이익은 없음을 의미한다. 그래서, 최적값은 s 에 대해 가장 간소한 가능 선택을 이용하여 얻을 수 있고, $s=2$ 이다.

<37> 표 1은 부호 관측 길이 $N=5$ 에 대해 $s=2$ 인 알고리즘(300)과 알고리즘(200)의 복잡성 비교를 도시한다. 검색하기 위한 위상 차동 시퀀스의 수는 상당히 감소됨에 따라, 처리 속도는 빨라진다.

표 1

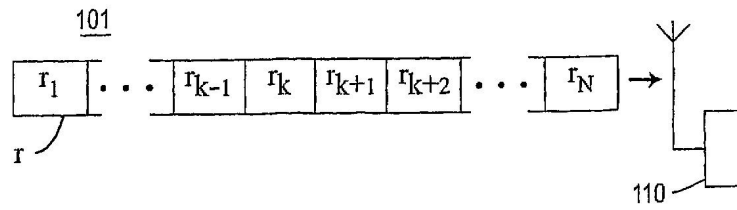
M	변조	MSDD(200)에 대해서 검색하기 위한 위상 차동 시퀀스 수(M^{N-1})	MSDD(300)에 대해서 검색하기 위한 위상 차동 시퀀스 수(S^{N-1})	축소 요소	속도 요소 (X배 더 빠름)
4	4PSK	256	16	16	12
8	8PSK	4096	16	256	229
16	16PSK	65536	16	4096	3667

도면의 간단한 설명

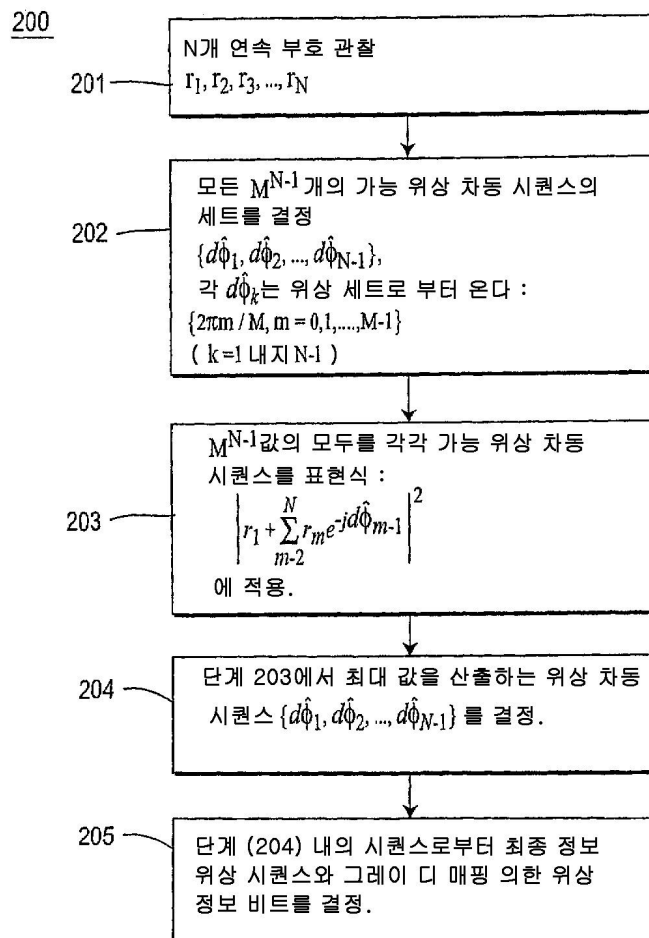
- <39> 도 1은 수신기의 채널 부호 흐름을 도시하는 도면이다.
- <40> 도 2는 일반적인 MSDD의 알고리즘(200) 처리 흐름도이다.
- <41> 도 3a는 복잡도가 감소된 MSDD의 알고리즘(300) 처리 흐름도이다.
- <42> 도 3b는 도 3a의 단계(302)의 상세한 처리 흐름도이다.
- <43> 도 4a,4b,4c는 복잡도가 감소된 MSDD의 알고리즘 실행 블럭도이다.
- <44> 도 5는 통상의 MSDD 알고리즘에 의해 처리된 가능한 위상 시퀀스 표이다.
- <45> 도 6은 통상의 간략화된 MSDD 알고리즘의 부호 에러율 성능을 비교한 그래프이다.

도면

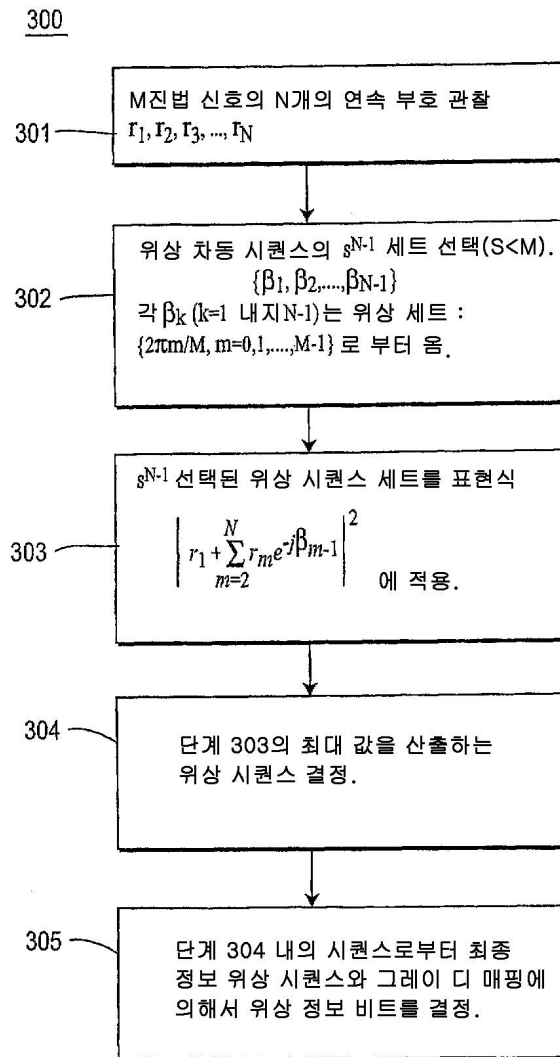
도면1



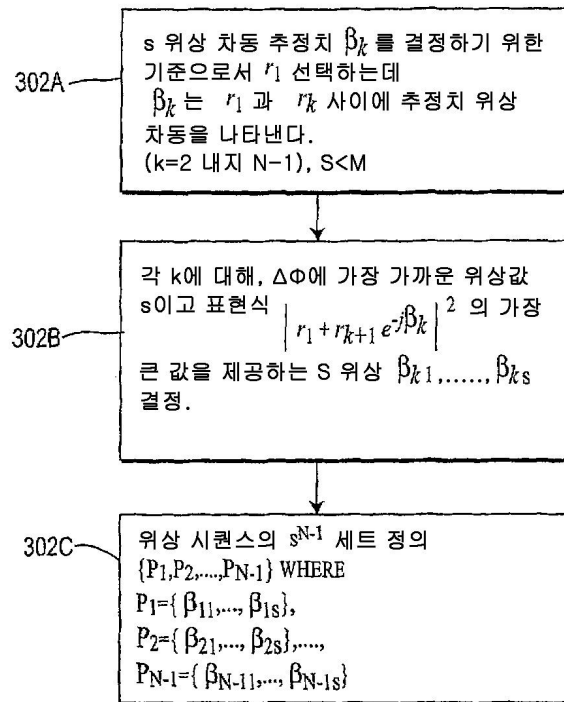
도면2



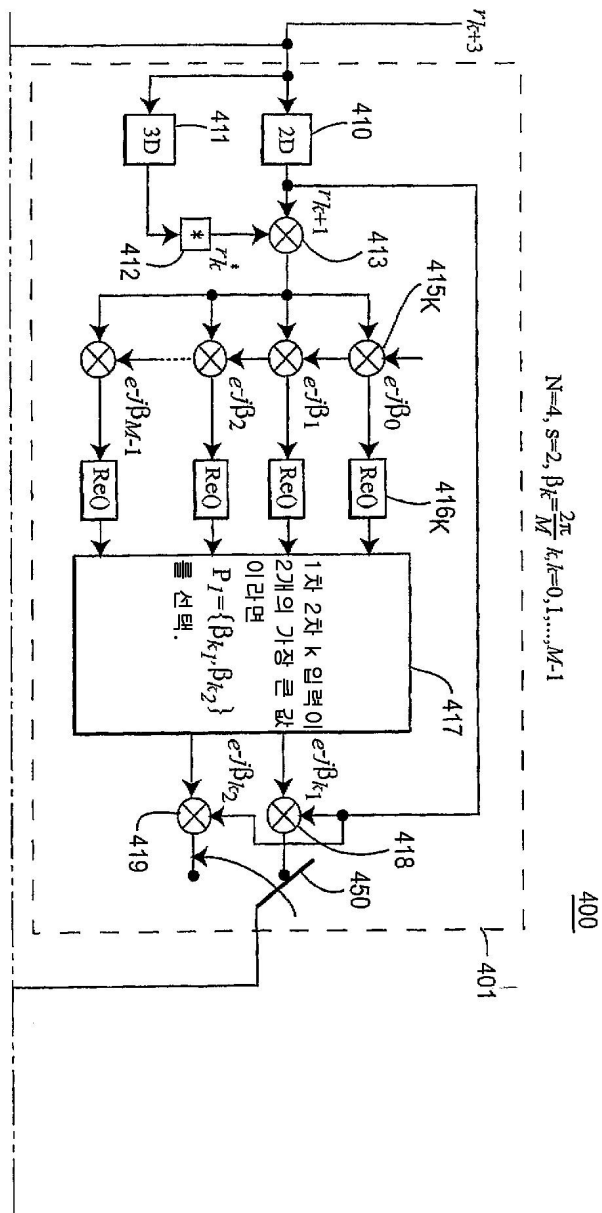
도면3a



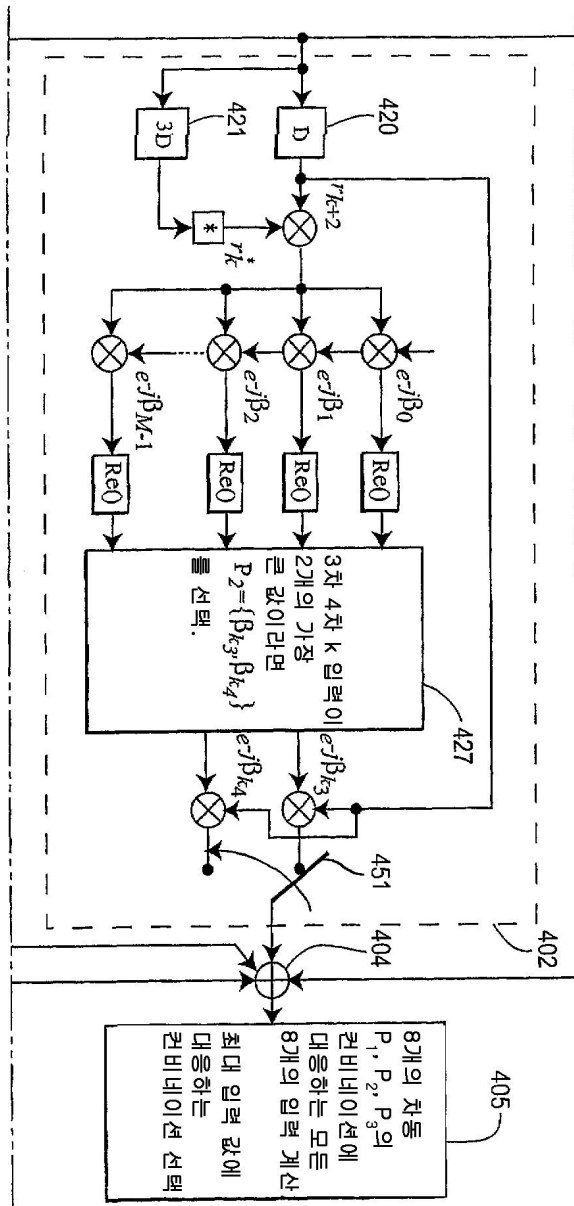
도면3b



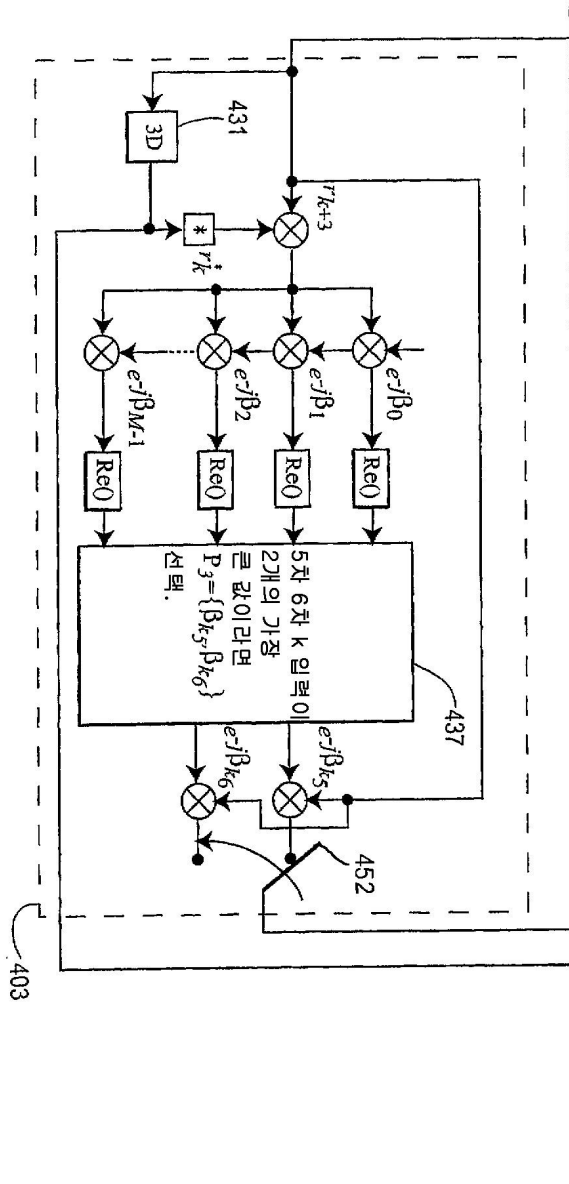
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

$(0, 0, 0)$	$(0, 0, \pi/2)$	$(0, 0, \pi)$	$(0, 0, 3\pi/2)$
$(0, \pi/2, 0)$	$(0, \pi/2, \pi/2)$	$(0, \pi/2, \pi)$	$(0, \pi/2, 3\pi/2)$
$(0, \pi, 0)$	$(0, \pi, \pi/2)$	$(0, \pi, \pi)$	$(0, \pi, 3\pi/2)$
$(0, 3\pi/2, 0)$	$(0, 3\pi/2, \pi/2)$	$(0, 3\pi/2, \pi)$	$(0, 3\pi/2, 3\pi/2)$
$(\pi/2, 0, 0)$	$(\pi/2, 0, \pi/2)$	$(\pi/2, 0, \pi)$	$(\pi/2, 0, 3\pi/2)$
$(\pi/2, \pi/2, 0)$	$(\pi/2, \pi/2, \pi/2)$	$(\pi/2, \pi/2, \pi)$	$(\pi/2, \pi/2, 3\pi/2)$
$(\pi/2, \pi, 0)$	$(\pi/2, \pi, \pi/2)$	$(\pi/2, \pi, \pi)$	$(\pi/2, \pi, 3\pi/2)$
$(\pi/2, 3\pi/2, 0)$	$(\pi/2, 3\pi/2, \pi/2)$	$(\pi/2, 3\pi/2, \pi)$	$(\pi/2, 3\pi/2, 3\pi/2)$
$(\pi, 0, 0)$	$(\pi, 0, \pi/2)$	$(\pi, 0, \pi)$	$(\pi, 0, 3\pi/2)$
$(\pi, \pi/2, 0)$	$(\pi, \pi/2, \pi/2)$	$(\pi, \pi/2, \pi)$	$(\pi, \pi/2, 3\pi/2)$
$(\pi, \pi, 0)$	$(\pi, \pi, \pi/2)$	(π, π, π)	$(\pi, \pi, 3\pi/2)$
$(\pi, 3\pi/2, 0)$	$(\pi, 3\pi/2, \pi/2)$	$(\pi, 3\pi/2, \pi)$	$(\pi, 3\pi/2, 3\pi/2)$
$(3\pi/2, 0, 0)$	$(3\pi/2, 0, \pi/2)$	$(3\pi/2, 0, \pi)$	$(3\pi/2, 0, 3\pi/2)$
$(3\pi/2, \pi/2, 0)$	$(3\pi/2, \pi/2, \pi/2)$	$(3\pi/2, \pi/2, \pi)$	$(3\pi/2, \pi/2, 3\pi/2)$
$(3\pi/2, \pi, 0)$	$(3\pi/2, \pi, \pi/2)$	$(3\pi/2, \pi, \pi)$	$(3\pi/2, \pi, 3\pi/2)$
$(3\pi/2, 3\pi/2, 0)$	$(3\pi/2, 3\pi/2, \pi/2)$	$(3\pi/2, 3\pi/2, \pi)$	$(3\pi/2, 3\pi/2, 3\pi/2)$

도면6

