



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H04L 27/26 (2006.01) H04J 11/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년11월29일 10-0651526 2006년11월22일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0052943 2005년06월20일 2005년06월20일	(65) 공개번호 (43) 공개일자
----------------------------------	---	------------------------

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 임은정
 경기도 성남시 분당구 정자동 한솔마을주공6단지아파트 601-1106

 하지원
 서울특별시 관악구 봉천11동 1711-2 301호

 노희진
 경기도 수원시 영통구 영통동 벽적골8단지 한신아파트 816동1002호

 박성진
 서울특별시 용산구 원효로1가 17-208호

(74) 대리인 이건주

(56) 선행기술조사문헌 JP2002026865 A KR1019990085750 A KR1020060066029 A * 심사관에 의하여 인용된 문헌	KR1019990075450 A KR1020050000260 A
--	--

심사관 : 유환철

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 직교주파수 분할 다중화 시스템에서 코히런트 복조를 위한채널 보상 및 디맵핑 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 직교주파수 분할 다중접속(OFDM) 수신 신호의 코히런트 복조시에, 추정된 채널 임펄스 응답을 이용하여 채널 특성을 보상하면서 채널 복조를 위한 연성값으로의 디맵핑을 수행하는 방법 및 장치에 대한 것이다. 상기 장치는, 수신 신호를 고속푸리에 변환하는 고속푸리에변환기(FFT)와, 상기 고속푸리에 변환된 수신 신호에, 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 채널 보상된 신호를 출력하고, 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하여 출력하는 채널 보상기와, 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점(a)으로 간주하고, 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분(X) 및 직교위상 성분(Y)과 상기 참조점

(a)을 이용하여, 채널 복호기의 입력이 되는, 상기 채널 보상된 신호에 대한 연성값들을 결정하는 심볼 복조기와, 상기 연성값들을 복호하여 정보 비트들을 복원하는 복호기를 포함한다. 여기서 채널 보상은 나뉜셈 연산기들을 필요로 하지 않으며, 1개의 복소 곱셈기만으로 구성될 수 있다.

대표도

도 4

특허청구의 범위

청구항 1.

OFDM 시스템에서 수신 신호의 채널 보상 및 심볼 디매핑 방법에 있어서,

고속푸리에 변환된 수신 신호에, 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 채널 보상된 신호를 출력하는 과정과,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하는 과정과,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점(a)으로 설정하고, 상기 채널 보상된 신호의 동위상성분(X)과 직교위상성분(Y) 및 상기 참조점(a)을 이용하여, 채널 복호기의 입력이 되는, 상기 채널 보상된 신호를 나타내는 연성값들을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 채널 보상된 신호를 출력하는 과정은,

상기 수신 신호의 동위상 성분과 직교위상 성분에 상기 채널 임펄스 응답의 동위상 성분과 직교위상 성분을 곱한 후, 상기 곱셈 결과들을 합산하여 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분으로서 출력하는 과정과,

상기 수신 신호의 동위상 성분과 직교위상 성분에 상기 채널 임펄스 응답의 직교위상 성분과 동위상 성분을 곱한 후, 상기 곱셈 결과들을 합산하여 상기 채널 보상된 신호의 직교위상 성분으로서 출력하는 과정으로 구성되는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 연성값들을 결정하는 과정은,

하기 수학적식에 의해 16QAM(16-ary Quadrature Amplitude Modulation)에 따른 4개의 연성값들을 결정하는 것을 특징으로 하는 상기 방법.

$$Z_k = |Y_k| - 2a$$

$$\Lambda(s_{k,2}) = SY_k + AZ_k, \text{ where } A = \begin{cases} 0, & \text{if } MSB(Z_k) = 1 \\ -1, & \text{if } MSB(Z_k) = 1 \text{ and } MSB(Y_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z_k) = 0 \text{ and } MSB(Y_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,0}) = Z_k$$

$$Z'_k = |X_k| - 2a$$

$$\Lambda(s_{k,3}) = SX_k + AZ'_k, \text{ where } A = \begin{cases} 0, & \text{if } MSB(Z'_k) = 1 \\ -1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 1 \text{ and } MSB(X_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 0 \text{ and } MSB(X_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,1}) = Z'_k$$

여기서, Y_k 와 X_k 는 상기 채널 보상된 신호의 직교위상성분과 동위상성분이며, 상기 $(S_{k,3})$, $(S_{k,2})$, $(S_{k,1})$, $(S_{k,0})$ 은 상기 연성값들이며, 상기 "a"는 상기 참조점이며, 상기 "S"는 16QAM 정상도에서 원점에 가장 가까운 신호점의 각 축에 대한 거리의, 신호점들간의 최소거리에 대한 배수를 나타내며, k는 심볼 인덱스를 나타냄.

청구항 4.

OFDM 시스템에서 수신 신호의 채널 보상 장치에 있어서,

수신 신호를 고속푸리에 변환하는 고속푸리에변환기(FFT)와,

상기 고속푸리에 변환된 수신 신호에, 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 채널 보상된 신호를 출력하고, 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하여 출력하는 채널 보상기와,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점(a)으로 간주하고, 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분(X) 및 직교위상 성분(Y)과 상기 참조점(a)을 이용하여, 채널 복호기의 입력이 되는, 상기 채널 보상된 신호를 나타내는 연성값들을 결정하는 심볼 복조기와,

상기 연성값들을 복호하여 정보 비트들을 복원하는 복호기를 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 상기 채널 보상기는,

상기 수신 신호의 동위상 성분과 직교위상 성분에 상기 채널 임펄스 응답의 동위상 성분과 직교위상 성분을 곱한 후, 상기 곱셈 결과들을 합산하여 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분으로서 상기 심볼 복조기로 출력하는 제1 복소 곱셈기와,,

상기 수신 신호의 동위상 성분과 직교위상 성분에 상기 채널 임펄스 응답의 직교위상 성분과 동위상 성분을 곱한 후, 상기 곱셈 결과들을 합산하여 상기 채널 보상된 신호의 직교위상 성분으로서 상기 심볼 복조기로 출력하는 제2 복소 곱셈기와,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하는 전력 계산기로 구성되는 것을 특징으로 하는 상기 장치.

청구항 6.

제 4 항에 있어서, 상기 심볼 복조기는,

하기 수학적식에 의해 16QAM(16-ary Quadrature Amplitude Modulation)에 따른 4개의 연성값들을 결정하는 것을 특징으로 하는 상기 장치.

$$Z_k = |Y_k| - 2a$$

$$\Lambda(s_{k,2}) = SY_k + AZ_k, \text{ where } A = \begin{cases} 0, & \text{if } MSB(Z_k) = 1 \\ -1, & \text{if } MSB(Z_k) = 1 \text{ and } MSB(Y_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z_k) = 0 \text{ and } MSB(Y_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,0}) = Z_k$$

$$Z'_k = |X_k| - 2a$$

$$\Lambda(s_{k,3}) = SX_k + AZ'_k, \text{ where } A = \begin{cases} 0, & \text{if } MSB(Z'_k) = 1 \\ -1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 1 \text{ and } MSB(X_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 0 \text{ and } MSB(X_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,1}) = Z'_k$$

여기서, Y_k 와 X_k 는 상기 채널 보상된 신호의 직교위상성분과 동위상성분이며, 상기 $(S_{k,3})$, $(S_{k,2})$, $(S_{k,1})$, $(S_{k,0})$ 은 상기 연성값들이며, 상기 "a"는 상기 참조점이며, 상기 "S"는 16QAM 성상도에서 원점에 가장 가까운 신호점의 각 축에 대한 거리의, 신호점들간의 최소거리에 대한 배수를 나타내며, k는 심볼 인덱스를 나타냄.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 직교주파수 분할 다중접속(Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 이하 OFDM이라 칭함) 시스템에 대한 것으로서, 특히 OFDM 수신 신호의 코히런트 복조시에 추정된 채널 임펄스 응답을 이용하여 채널 특성을 보상하면서 연성값(Soft Metric Value)으로의 디매핑을 수행하는 방법 및 장치에 대한 것이다.

OFDM 시스템은 주파수 대역을 복수의 부반송파대역으로 구분하고, 송신하고자 하는 서브채널 신호들을 역고속푸리에 변환(inverse Fast Fourier Transform: 이하 IFFT라 칭함)을 통해 복수의 부반송파들에 실으며, 수신되는 OFDM 신호를 고속푸리에 변환(FFT)을 통해 서브채널 신호들로 구분한다. OFDM 시스템은 무선채널을 이용하는 다른 시스템과 마찬가지로, 송신기로부터 수신기로의 채널 특성을 나타내는 채널 임펄스 응답 H를 추정하고, 상기 추정된 채널 임펄스 응답을 통해 수신 신호 Y의 채널 보상을 수행한다.

OFDM에서는 채널 보상을 위해 통상 ZF(Zero-Forcing)과 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방식과 같은 등화기(equalizer)를 사용한다. ZF 방식은 간단하지만 잡음에 대한 보상이 없어 그로 인한 성능 저하를 가져오고, MMSE는 잡음에 대한 보상이 있지만 잡음의 표준편차(variance)를 예측하여 적용해야 한다는 단점을 가지고 있다. 상기 두 가지 알고리즘은 수신 신호에 포함된 채널 특성을 보상하여 성상도 상의 신호점으로 매핑하는 방식이다.

도 1은 종래 기술에 따른 OFDM 시스템의 수신기 구조를 보여준다.

도 1을 참조하면, 안테나(102)를 통해 수신된 아날로그 수신 신호는 아날로그/디지털 변환기(Analog to Digital Converter: ADC)(104)에서 디지털 신호로 변환된 다음, 상기 디지털 신호는 FFT(106)에서 주파수 영역의 수신 신호로 변환된다. 상기 FFT(106)로부터 출력되는 수신 신호는 채널의 영향을 그대로 포함하고 있으므로, 복호기(decoder)(112) 이전에 상기 채널의 영향을 제거하기 위한 등화기(108)가 상기 FFT(106) 이후에 존재한다.

상기 등화기(108)는 나눗셈 연산을 통해 상기 수신 신호에 포함된 채널에 의한 영향을 제거한다. 심볼 디매퍼, 즉 심볼 복조기(110)는 미리 정의된 변조방식에 따른 성상도를 이용하여, 상기 등화기(108)로부터 출력되는 채널 보상된 신호에 대응하는 신호점(signal point)을 찾고, 상기 신호점을 나타내는 동위상(In phase: I) 채널과 직교위상(Quadrature phase: Q) 채널의 연성값(Soft Metric Value)들을 결정한다. 복호기(112)는 상기 연성값들을 복호하여, 원래의 정보 비트들을 복원한다.

이상에서 설명한 바와 같이, 상기 등화기(108)는 채널을 보상하기 위해서 나눗셈 연산을 수행한다. 여기서는 하드웨어 구현이 간단한 ZF 방식을 예로서 설명할 것이다. ZF 방식은 다음과 같은 <수학식 1>으로 표현된다.

수학식 1

$$y_k / \hat{H}_k = \hat{H}_k^* y_k / (\hat{H}_k^* \hat{H}_k)$$

도 2는 종래 기술에 따른 등화기의 상세 구조를 나타낸 도면이다.

도시한 바와 같이, k번째 변조 심볼에 해당하는 수신 신호의 I/Q 채널 성분에 해당하는 FFT_out_{k-I} 및 FFT_out_{k-Q}와, 채널 임펄스 응답 H의 I/Q 채널 성분에 해당하는 Ch_Est_out_{k-I} 및 Ch_Est_out_{k-Q}의 곱을 구하기 위한 하나의 복소 곱셈기(202,204)와, 상기 채널 임펄스 응답 H의 전력을 구하기 위한 복소 곱셈기(206) 및 상기 복소 곱셈기(202,204)의 복소 곱셈 결과를 상기 채널 임펄스 응답의 전력으로 나누어 채널 보상된 I/Q 채널 성분 Est_Sym_out_{k-I} 및 Est_Sym_out_{k-Q}를 출력하는 나눗셈 연산기들(208, 210)로 구성된다.

심볼 복조기(110)는 미리 저장된 신호 성상도(signal constellation)와 상기 신호 성상도의 참조점 a를 기준으로 상기 Est_Sym_out_{k-I} 및 Est_Sym_out_{k-Q}에 대응하는 연성 결정값들을 결정한다. 도 3에 변조방식의 일 예로서, 16QAM 매핑 및 디매핑을 위해 사용되는 신호 성상도를 나타내었다. 도시한 바와 같이 각 4비트인 16개의 변조 심볼들에 대응하는 신호점들은 I/Q 평면 상에서 상호간에 2a의 최소거리를 가진다. 여기서 a는 앞서 언급한 바와 같이 신호 성상도의 참조점이라 칭한다.

심볼 복조기(110)는 상기 Est_Sym_out_{k-I} 및 Est_Sym_out_{k-Q}와 상기 a 값을 이용하여, 상기 연성값들을 결정한다. 여기에서는 16QAM의 경우를 도시하였으나, 위와 같은 구조는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 이상의 고차(high order) 변조방식에 대해 모두 적용된다.

상기와 같이 구성되는 종래의 발명은 2가지 문제점을 가지고 있다. 첫번째 문제점은 나눗셈 연산을 필요로 하는 것이다. 하드웨어로 나눗셈 연산을 구현하기 위해서는 곱셈에 비해 5배 정도의 복잡도를 요구한다. 또 하나의 문제점은 수신 신호를 채널 전력으로 나누어주는 연산을 함으로써 복호기의 입력에 적합하지 않은 신뢰도(reliability)를 부여하게 된다는 것이다. 즉, 크기는 작고 잡음의 크기가 큰 채널 환경에 영향을 받은 수신 신호(신뢰도가 낮은 신호)를 채널 전력으로 나누게 되면 복호기에서 상기 수신 신호를 신뢰도가 높은 신호로 오해하게 되어 복호기 출력에 오류를 발생시켜, 높은 신호대 잡음비(Signal to Noise Ratio: SNR) 환경에서도 에러 플로우(error flow)를 발생한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 상기한 바와 같이 동작되는 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 창안된 본 발명은, OFDM 시스템에서 수신 신호의 채널 보상이 나눗셈 연산으로 인한 하드웨어의 복잡도 증가와 성능 저하를 방지하는 채널 보상 및 심볼 디매핑 방법 및 장치를 제공한다.

본 발명의 바람직한 실시예는, OFDM 시스템에서 수신 신호의 채널 보상 및 심볼 디매핑 방법에 있어서,

고속푸리에 변환된 수신 신호에, 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 채널 보상된 신호를 출력하는 과정과,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하는 과정과,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점(a)으로 설정하고, 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분(X)과 직교위상 성분(Y) 및 상기 참조점(a)을 이용하여, 채널 복호기의 입력이 되는, 상기 채널 보상된 신호에 대한 연성값들을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 바람직한 다른 실시예는, OFDM 시스템에서 수신 신호의 채널 보상 장치에 있어서,

수신 신호를 고속푸리에 변환하는 고속푸리에변환기(FFT)와,

상기 고속푸리에 변환된 수신 신호에, 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 채널 보상된 신호를 출력하고, 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산하여 출력하는 채널 보상기와,

상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점(a)으로 간주하고, 상기 채널 보상된 신호의 동위상 성분(X) 및 직교위상 성분(Y) 과 상기 참조점(a)을 이용하여, 채널 복호기의 입력이 되는, 상기 채널 보상된 신호에 대한 연성값들을 결정하는 심볼 복조기와,

상기 연성값들을 복호하여 정보 비트들을 복원하는 복호기를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세히 설명한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

후술되는 본 발명의 요지는 OFDM 시스템의 수신기에서 채널 보상 및 심볼 디매핑시 채널 임펄스 응답의 전력을 이용하는 것이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 OFDM 시스템의 수신기 구조를 나타낸 것이다.

도 4를 참조하면, 안테나(202)를 통해 수신되고 도시하지 않은 RF(Radio Frequency) 유닛에 의해 주파수 변환된 아날로그 수신 신호는 아날로그/디지털 변환기(ADC)(104)에서 디지털 신호로 변환되며, 상기 디지털 신호는 FFT(406)에서 주파수 영역의 수신 신호로 변환된다. 상기 FFT(406)로부터 출력되는 수신 신호는 채널의 영향을 그대로 포함하고 있으므로, 복호기(412) 이전에 상기 채널의 영향을 제거하기 위한 채널 보상기(408)가 상기 FFT(406) 이후에 존재한다.

도 4를 도 1과 비교하여 보면, 도 1의 등화기(108)는 채널 보상기(408)로 대체되었으며, 심볼 복조기(410)는 채널 보상기(408)로부터 제공되는 채널 임펄스 응답의 노르마(norm), 즉 전력을 a로 간주하여, 연성값들을 계산한다. 복호기(412)는 상기 연성값들을 이용하여 정보 비트들을 복원한다. 이와 같이, a를 송수신기 사이에 약속된 고정값을 사용하는 대신, H의 전력을 이용함으로써, 순시적인 수신 신호의 변화에 적응하는 연판정 값을 얻는다.

상기 채널 보상기(408)는 상기 FFT(406)로부터 출력되는 수신 신호에, 도시하지 않은 채널 추정기에 의해 추정된 채널 임펄스 응답을 곱하여 상기 수신 신호에 포함된 채널에 의한 영향을 제거한다. 심볼 복조기(410)는 미리 정의된 변조방식에서 a에 의해 변형된 성상도를 이용하여, 상기 채널 보상기(408)로부터 출력되는 채널 보상된 신호에 대응하는 신호점을 찾고, 상기 신호점을 나타내는 동위상(I) 채널과 직교위상(Q) 채널의 연성값들을 결정한다. 복호기(112)는 상기 연성값들을 복호하여, 원래의 정보 비트들을 복원한다.

보다 구체적으로 설명하면, 종래의 등화기와 달리 채널 보상기에서 나누기 연산을 하지 않도록 하기 위해서, 채널 보상기(408)는 채널 임펄스 응답의 전력 값을 심볼 디매퍼(410)의 참조점 a로서 알려주고 나누기 연산을 하지 않은 하기 <수학식 2>와 같은 채널 보상된 신호를 출력한다.

수학식 2

$$\hat{H}_k^* y_k = \hat{H}_k^* H_k x_k + \hat{H}_k^* n_k$$

이때, 참조점 a의 값은 다음 <수학식 3>과 같다.

수학식 3

$$a = (\hat{H}_k^* \hat{H}_k)$$

채널 보상기(408)는 예측된 채널 임펄스 응답과 FFT(406)로부터 출력되는 신호를 곱()하여 출력하고 채널의 전력을 참조점으로 출력한다. 심볼 복조기(110)는 상기 채널 보상기(408)의 출력과 상기 참조점을 입력으로 하여 하나의 변조 심볼을 나타내는 각 비트의 연성값을 계산한다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널 보상 동작의 흐름도를 나타낸 것이다.

도 5를 참조하면, 과정(502)에서 채널 보상기는 FFT(406)의 출력인 수신 신호를 입력받고, 과정(504)에서 채널 임펄스

응답의 컨쥬게이트(\hat{H}_k^{**})를 계산한다. 여기서 " $\hat{}$ "은 추정된 값을 의미한다. 과정(506)에서는 수신 신호에 상기 채널 임펄스 응답의 컨쥬게이트를 곱하여 그 동위상성분(X)과 직교위상성분(Y)을 출력하며, 과정(508)에서는 상기 채널 임펄스 응답에 상기 채널 임펄스 응답의 컨쥬게이트를 곱하여 상기 채널 임펄스 응답의 노르마(norm) 즉 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 계산한다. 과정(510)에서 상기 채널 임펄스 응답의 전력은 심볼 복조기(410)로 연성값들의 결정을 위한 참조점 a값으로서 제공된다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널 보상기(408)의 상세 구조를 나타낸 도면이다.

도 6에 도시한 바와 같이, k번째 변조 심볼에 해당하는 수신 신호의 I/Q 채널 성분에 해당하는 FFT_outk_I 및 FFT_outk_Q와, 채널 임펄스 응답 H의 I/Q 채널 성분에 해당하는 Ch_outk_I 및 Ch_outk_Q의 곱을 구하여 심볼 복조기(410)로 입력되는 채널 보상된 I 채널 성분 Est_Sym_outk_I 및 Q 채널 성분 Est_Sym_outk_Q를 출력하는 복소 곱셈기들(602,604)와, 상기 채널 임펄스 응답 H의 전력을 구하기 위한 전력 계산기(606)로 구성된다. 상기 전력 계산기(606)는 상기 채널 임펄스 응답의 전력을 참조점 Est_Sym_ref로서 출력된다.

심볼 복조기(610)는 미리 저장된 신호 정상도와 상기 참조점 Est_Sym_ref을 이용하여 상기 Est_Sym_outk_I 및 Est_Sym_outk_Q 에 대응하는 연성 결정값들을 결정한다. 심볼 복조기(610)는 상기 Est_Sym_outk_I 및 Est_Sym_outk_Q와 상기 Est_Sym_ref 값을 이용하여, 상기 연성값들을 결정한다.

위와 같은 구조는 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 이상의 고차(high order) 변조방식에 대해 모두 적용된다. 하기에 16QAM의 경우에 대해, 복조기(412)의 입력이 되는 연성값들의 계산 예를 설명하기로 한다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 16QAM 변조방식을 사용하는 통신시스템에서 채널 복조기(412)로 입력되는 네 개의 연성값들을 결정하기 위한 디매핑 동작을 도시하고 있는 흐름도이다. 상기 도 7에 나타낸 이중최소매트릭법에 의한 연성값 계산 동작은 크게 두 개의 과정으로 구분하여 생각할 수 있다. 첫 번째 과정(701 내지 709, 711 내지 719)은 직교 위상 신호에 따라 변수 A를 결정하고, 동위상 신호에 따라 변수 B를 결정하며, 두 번째 과정(710, 720)은 수신신호와 상기 첫 번째 과정에서 얻어진 변수 A, B 값을 가지고 각 복조심볼들에 대한 연성값을 출력한다.

상기 도 7을 참조하면, 심볼 복조기는 701단계에서 동위상 성분(X_k)과 직교위상 성분(Y_k)으로 구성되는 2차원 수신신호 (R_k)와 상기 채널 임펄스 응답의 전력으로 계산되는 참조점(a) 및 상기 정상도에서 원점에 가장 가까운 신호점의 각 축에

대한 거리의, 신호점들간의 최소거리에 대한 배수를 나타내는 S 를 이용하여, $Z_k = |Y_k| + (S+1)a$ 를 계산한다. 여기서 상기 X_k, Y_k, Z_k 는 부호 비트를 포함하는 디지털 값으로 표현된다. 그리고 703단계에서 상기 계산된 결과값 Z_k

가 양의 값을 가지는지를 검사한다. 구체적으로, 상기 703단계에서는 상기 결과값 Z_k 의 최상위비트(즉 부호비트)가 0인지를 검사한다. 여기서 최상위비트가 0이라 함은 양의 값을 의미하고, 1이라 함은 음의 값을 의미한다. 상기 결과값 Z_k 가 양의 값을 가지는 경우 705단계로 진행하고, 그렇지 않은 경우 709단계로 진행하여 변수 A를 0으로 설정한다.

상기 705단계에서 심볼 복조기는 상기 직교위상 성분(Y_k)이 양의 값을 가지는지 즉, 상기 Y_k 의 최상위비트가 0인지를 검사한다. 만일, 상기 Y_k 가 양의 값을 가지는 경우 708단계로 진행하여 상기 변수 A를 "1"로 설정하고, 그렇지 않은 경우 707단계로 진행하여 상기 변수 A를 "-1"로 설정한다. 이후, 상기 심볼 복조기는 710단계에서 상기 수신신호(R_k)의 직교위상 성분을 나타내는 세 번째 복조심볼($S_{k,2}$)의 연성값을 $SY_k + AZ_k$ 로 판정하고, 첫 번째 복조심볼($S_{k,0}$)의 연성값을 Z_k 로 판정한다.

이상은, 직교위상성분을 나타내는 세 번째 및 두 번째 복조심볼들에 대한 연성값을 판정하는 절차를 설명하고 있다. 다음으로 동위상성분을 나타내는 두 번째 및 첫 번째 복조심볼들의 연성값을 판정하는 절차를 살펴본다.

심볼 복조기는 711단계에서 동위상성분(X_k)과 직교위상성분(Y_k)으로 구성되는 2차원 수신신호(R_k)와 상기 참조점 a 및 S를 가지고 Z'_k 를 계산한다. 그리고, 713단계에서 상기 계산된 결과값 Z'_k 가 양의 값을 가지는지 즉, 상기 결과값 Z'_k 의 최상위비트(즉 부호비트)가 "0"인지를 검사한다. 만일, 상기 결과값 Z'_k 가 양의 값을 가지는 경우 715단계로 진행하고, 그렇지 않은 경우 719단계로 진행하여 변수 B를 "0"으로 설정한다.

상기 715단계에서 상기 동위상성분(X_k)이 양의 값을 가지는지를 검사한다. 즉, 상기 X_k 의 최상위비트가 "0"인지를 검사한다. 만일, 상기 X_k 가 양의 값을 가지는 경우 718단계로 진행하여 상기 변수 B를 "1"로 설정하고, 그렇지 않은 경우 717단계로 진행하여 상기 변수 B를 "-1"로 설정한다. 이후, 상기 심볼 복조기는 720단계에서 상기 수신신호(R_k)에 대응하는 복조심볼들 중 동위상성분을 나타내는 네 번째 복조심볼($S_{k,3}$)의 연성값을 $SX_k + BZ'_k$ 로 판정하고, 두 번째 복조심볼($S_{k,1}$)의 연성값을 Z'_k 로 판정한다.

상기 도 11에 나타난 16QAM 복조심볼들의 연성값을 결정하는 절차를 수식으로 나타내면, 하기 <수학식 4> 및 <수학식 5>과 같다.

수학식 4

$$Z_k = |Y_k| - 2a$$

$$0, \text{ if } MSB(Z_k) = 1$$

$$\Lambda(s_{k,2}) = SY_k + AZ_k, \text{ where } A = \begin{cases} -1, & \text{if } MSB(Z_k) = 1 \text{ and } MSB(Y_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z_k) = 0 \text{ and } MSB(Y_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,0}) = Z_k$$

수학식 5

$$Z'_k = |X_k| - 2a$$

$$0, \text{ if } MSB(Z'_k) = 1$$

$$\Lambda(s_{k,3}) = SX_k + AZ'_k, \text{ where } A = \begin{cases} -1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 1 \text{ and } MSB(X_k) = 1 \\ 1, & \text{if } MSB(Z'_k) = 0 \text{ and } MSB(X_k) = 0 \end{cases}$$

$$\Lambda(s_{k,1})=Z'_k$$

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 16QAM을 사용하는 데이터 통신 시스템에서 채널복호기로 입력하기 위한 연성값을 결정하여 출력하는 심볼 복조기를 하드웨어로 구현한 장치를 보여준다. 하기에서는 동위상성분(X_k) 혹은 직교위상성분(Y_k)에 대해 해당하는 복조심볼들을 위한 연성값을 결정하는 부분만을 도시하였다. 이하에서는 직교위상성분(Y_k)에 대한 구조와 동작을 설명할 것이나, 동일한 구조 및 설명이 동위상성분(X_k)에 대해서도 적용되는 물론이다. 이하 설명되는 수신신호(R_k), 동위상성분(X_k), 직교위상성분(Y_k), 변수 Z_k , 변수 Z'_k 는 부호비트를 포함하는 디지털 값이다. 또한 하기에서는 심볼 인덱스 k 를 생략하기로 한다.

상기 도 8을 참조하면, 절대값(Absolute value: ABS) 계산기(819)는 입력되는 수신신호(R)의 한 위상성분(Y 혹은 X , 하기에서는 Y 에 대하여 설명한다.)(803)의 절대값 $|Y|$ 을 계산하여 출력한다. 제1 계산기(821)는 상기 직교위상성분의 절대값 $|Y|$ 에, 채널 임펄스 응답의 전력으로 계산되는 참조점 a 와 S 값에 따른 $(S+1)a$ (801)를 감산하여 $Z=(|Y|-(S+1)a)$ 를 출력한다. 곱셈기(823)는 상기 제1 계산기(821)로부터의 상기 Z 값에 "-1"을 곱하여 상기 Z 의 부호를 반전시켜 출력한다. 제1 최상위비트(MSB) 추출기(811)는 상기 직교위상성분(Y)의 최상위비트를 추출하여 제1 선택기(817)를 위한 제1 선택신호로서 출력한다. 제2 최상위비트 추출기(813)는 상기 Z 의 최상위비트를 추출하여 제2 선택기(815)를 위한 제2 선택신호로서 출력한다.

상기 제1 선택기(817)는 상기 제1 계산기(821)로부터의 상기 Z 와 상기 곱셈기(823)로부터의 상기 $-Z$ 를 입력받으며, 상기 제1 최상위비트 추출기(811)로부터의 상기 제1 선택신호에 의해 상기 입력들 중 하나를 선택하여 출력한다. 구체적으로 상기 제1 선택신호가 0이면 상기 Z 를 선택하고 상기 제1 선택신호가 1이면 상기 $-Z$ 를 선택한다. 상기 제2 선택기(815)는 상기 제1 선택기(817)로부터의 출력과 "0"을 입력받으며, 상기 제2 최상위비트 추출기(812)로부터의 상기 제2 선택신호에 의해 상기 입력들 중 하나를 선택하여 출력한다. 구체적으로 상기 제2 선택신호가 0이면 상기 제1 선택기(817)의 출력을 선택하고 상기 제2 선택신호가 1이면 상기 "0"을 선택한다.

비트 천이기(805)는 상기 직교위상성분(Y)(803)을 입력받으며, S 에 따라 상기 Y 를 바이패스하거나 1비트 혹은 2비트만큼 천이시켜 SY 를 출력한다. 구체적으로 상기 S 가 1이면 상기 Y 를 바이패스하며, 2이면 1비트만큼 천이시키고, 4이면 2비트만큼 천이시킨다. 제2 계산기(807)는 상기 비트 천이기(805)로부터의 $3Y$ 에 상기 제2 선택기(815)의 출력을 가산하여 세 번째 복조심볼의 연성값(809)을 출력한다. 한편, 상기 제1 계산기(821)에서 계산된 상기 Z 값은 첫 번째 복조심볼의 연성값(825)으로서 출력된다. 마찬가지로 동위상성분(X)에 대해 네 번째 및 두 번째 복조심볼의 연성값들이 획득된다.

도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비트에러율(BER)을 종래기술과 비교한 것이다.

도시한 바와 같이, 채널 부호화를 사용하지 않는 ZF(ZF(uncoded)라 표기함)와 비터비 복호를 사용하는 ZF(ZF(Viterbi)라 표기함)의 비트에러율을 나타내었으며, 또한 채널 부호화를 사용하지 않는 본 발명의 채널 보상(Conj ch(uncoded)라 표기함)과 비터비 복호를 사용하는 본 발명의 채널 보상(Conj ch(Viterbi)라 표기함)에 대한 비트에러율을 나타내었다. 이들을 비교하여 보면, 채널 임펄스 응답의 전력으로서 계산된 참조점을 이용하여 비터비 복호를 위한 참조점들을 결정하는 본 발명은 다른 경우들에 비하여 월등히 낮은 비트에러율을 가짐을 알 수 있다.

한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

이상에서 상세히 설명한 바와 같이 동작하는 본 발명에 있어서, 개시되는 발명중 대표적인 것에 의하여 얻어지는 효과를 간단히 설명하면 다음과 같다.

본 발명은 OFDM 시스템의 수신기에서 ZF 등화기에 의한 나뉜셈 연산을 제거함으로써 해서 하드웨어 복잡도가 감소하고, 채널 임펄스 응답의 전력으로서 계산된 참조점을 이용하여 채널 복호를 위한 연성값들을 결정함으로써 성능 향상을 가져온다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래기술에 따른 OFDM 시스템의 수신기 구조를 간략히 도시한 도면.

도 2는 종래 기술에 따른 ZF 등화기의 내부 구조를 간략히 도시한 도면.

도 3은 16QAM 매핑 및 디매핑을 위한 정상도의 일 예를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 OFDM 시스템의 수신기 구조를 간략히 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널 보상 동작을 나타낸 흐름도.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 채널 보상기의 내부 구조를 간략히 도시한 도면.

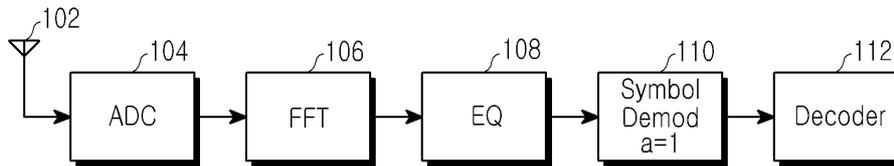
도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 채널 복호기로 입력되기 위한 16QAM 연성값을 결정하는 디매핑 동작을 나타낸 흐름도.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 16QAM 연성값을 결정하는 복조기의 내부 구조를 간략히 도시한 도면.

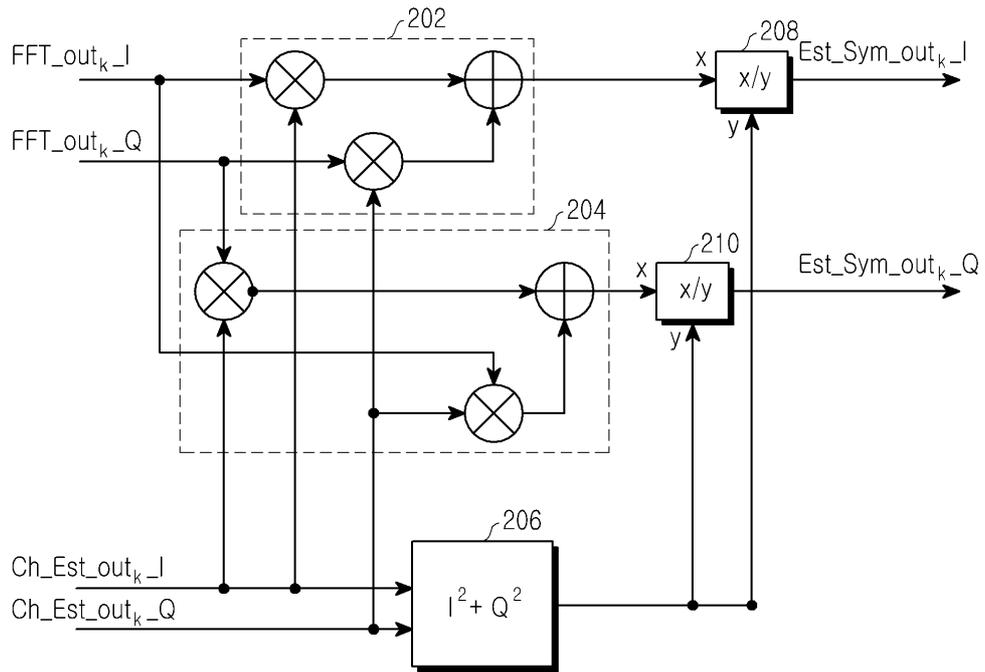
도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 비트에러율을 종래기술과 비교한 도면.

도면

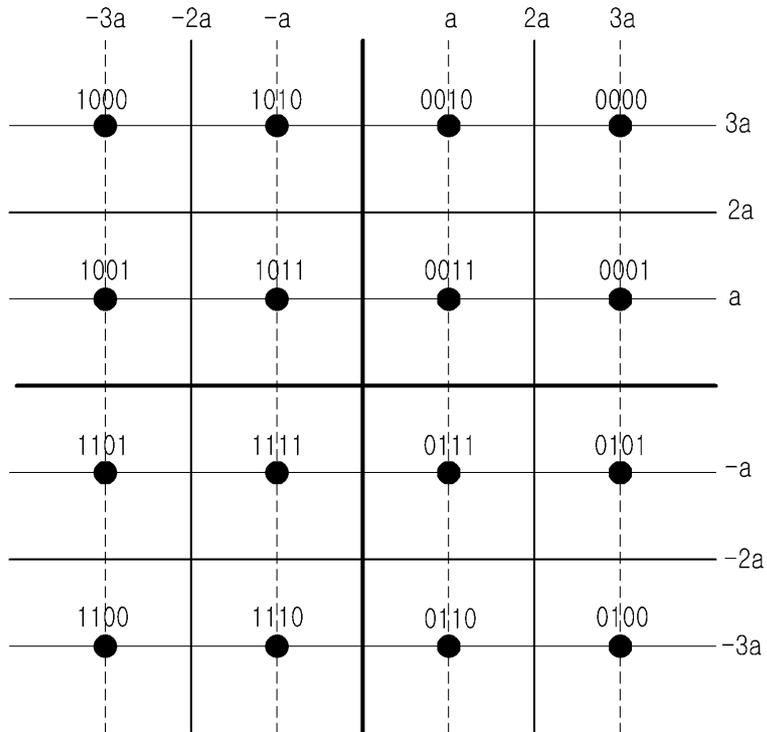
도면1



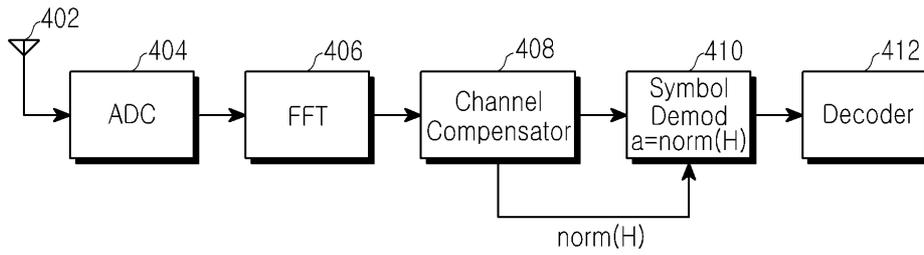
도면2



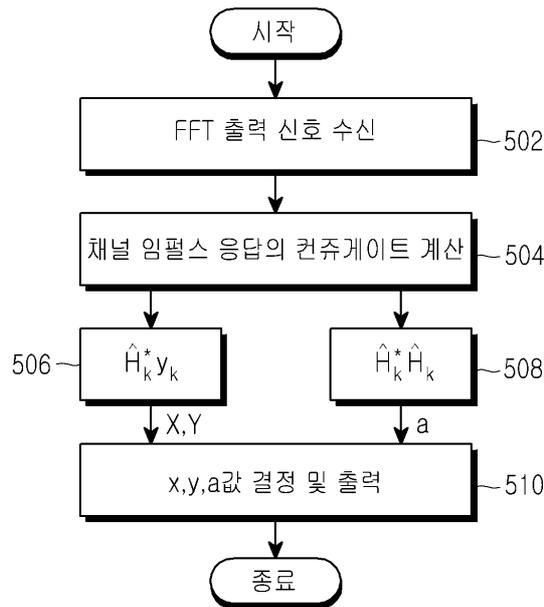
도면3



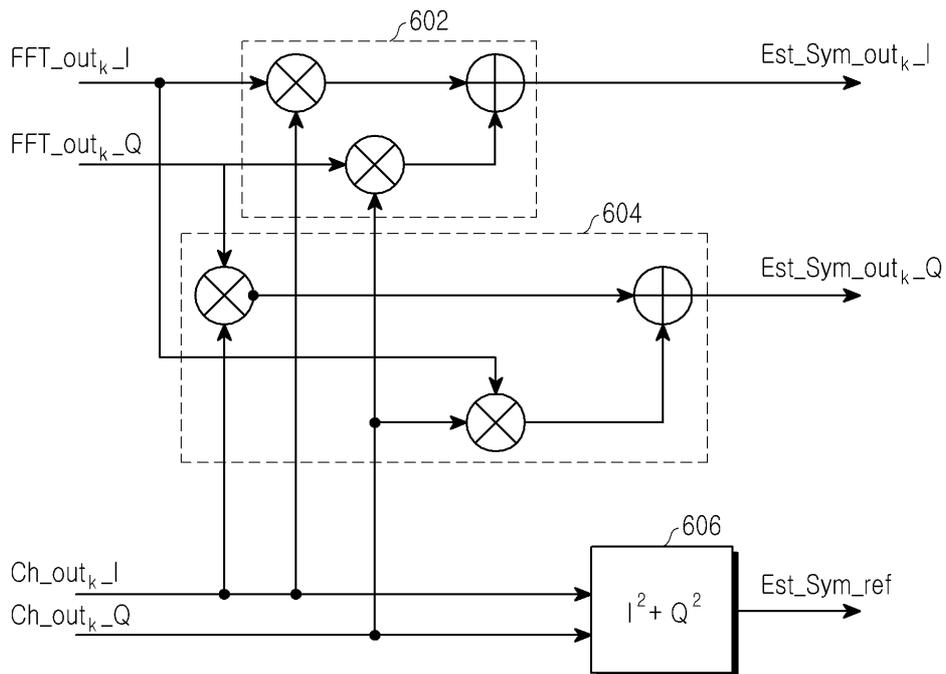
도면4



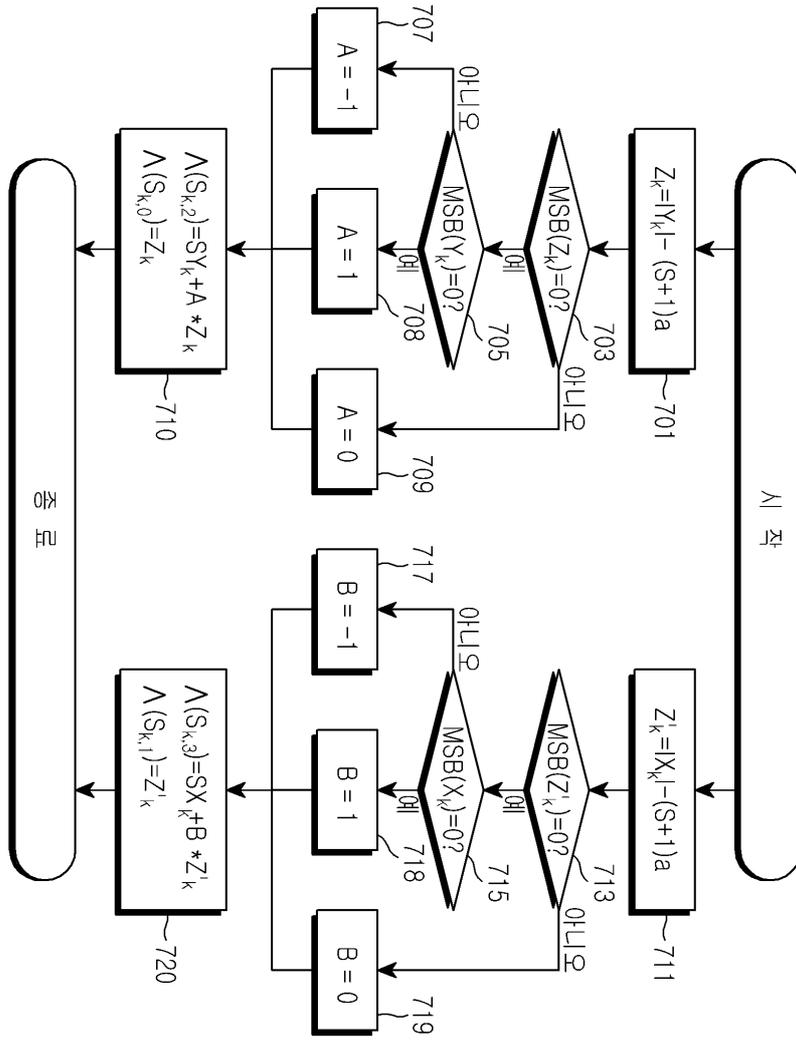
도면5



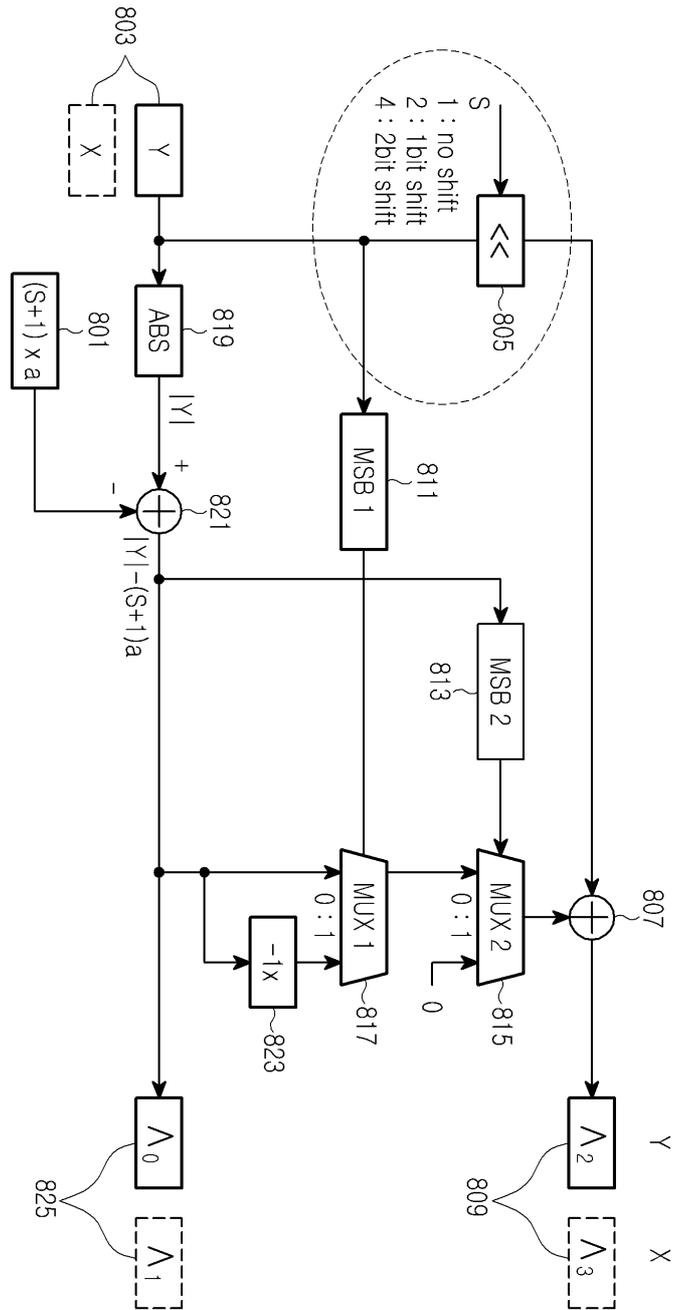
도면6



도면7



도면8



도면9

