(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[7]
H04M 11/00

(45) 공고일자 2004년07월21일
(11) 등록번호 10-0440833
(24) 등록일자 2004년07월08일

(21) 출원번호 10-2001-7003993
(22) 출원일자 2001년03월28일
번역문 제출일자 2001년03월28일
(86) 국제출원번호 PCT/DE1999/002752
(86) 국제출원출원일자 1999년09월01일
(65) 공개번호 10-2001-0075443
(43) 공개일자 2001년08월09일
(87) 국제공개번호 WO 2000/19675
(87) 국제공개일자 2000년04월06일

(81) 지정국 국내특허 : 중국, 일본, 대한민국, 미국,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴,

(30) 우선권주장 19844460.5 1998년09월28일 독일(DE)

(73) 특허권자 인피니언 테크놀로지스 아게
독일 뮌헨 장크트 마틴 슈트라쎄 53 (우:81669)

(72) 발명자 쉔크,하인리히
독일,데-81476뮌헨,파티마스트라세3

(74) 대리인 이후동
이은경

심사관 : 최정윤

(54) 이산 멀티톤 변조를 이용하여 발생시킨 신호를 위한디지탈 수신기

요약

본 발명은 이산 멀티톤 변조로 발생시킨 신호가 공급되는 아날로그-디지탈 변환기 및 상기 아날로그-디지탈 변환기의 하류에 탑재된 시간영역 이퀄라이저를 구비한, 이산 멀티톤 변조에 의해 발생된 신호를 위한 디지탈 수신기에 관한 것이다. 본 발명에 따른 시간영역 이퀄라이저는 고정계수를 가진 디지탈 필터를 갖추었다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 특허문서 EP-A-0725509에 개시된 바와 같이, 특허청구범위의 제1항의 전제부에 따른 이산 멀티톤 변조를 이용하여 발생시킨 신호를 수신하기 위한 디지탈 수신기에 관한 것이다.

배경기술

미국 특허 제5,694,422호에는 고정 이퀄라이저 및 이에 따른 이퀄라이저 조작방법이 개시되어 있다. 특히, 이 특허 공보에는 시간영역 이퀄라이저를 갖춘 디지탈 수신기에서 조정 가능한 고정계수를 가지며 아날로그-디지탈 변환기 상류에 연결되는 디지탈 필터에 대해 기술되어 있다. 필터는 로우패스 혹은 하이패스 필터 중 임의의 것이 이용되며 다수의 디지탈 필터로 구성되기도 한다. 이산 멀티톤 변조(DMT) - 또는 멀티캐리어 변조라고 함 - 는 선형 왜곡(linear distortion) 현상이 발생하는 채널을 통해 데이타를 전송하기에 특히 적합한 변조방식이다. 소위 진폭변조와 같이 단 1개의 캐리어 주파수만 갖는 단일-캐리어 방식과 달리, 이산 멀티톤 변조는 다수의 캐리어 주파수를 사용한다. 각각의 개별 캐리어 주파수의 진폭 및 위상은 직교 진폭변조(QAM: quadrature amplitude modulation)를 이용하여 변조한다. 따라서 다수의 QAM-변조 신호가 발생한다. 각각의 경우에 캐리어 주파수당 특정수의 비트(bit)가 전송될 수 있다. 이산 멀티톤 변조는, OFDM(직교주파수 분할 멀티플렉스)이라 지칭되는 디지탈 오디오방송(DAB: digital audio broadcast)에 사용되고, 또한 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line: 비대칭 디지탈 가입자 회선)이라 지칭되는 전화 회선을 통해 데이타를 전송하는데 사용된다.

ADSL에서, DMT-변조 신호는 교환국으로부터 가입자 회선을 통해 아날로그 접속 방식의 가입자에게 데이타를 전송하는데 이용된다. 이 경우, ETSI 및 ANSI 표준에서는 각 캐리어 주파수가 약 4khz의 대역폭을 가지며, 1Hz에 대해 초당 최대 15비트(15bits/sec)의 전송률로 전송하는 것을 규정한다. 1Hz에 대해 초당 실질 비트수는 각 캐리어 주파수에 따라 다르며, 따라서 데이타 속도 및 전송 스펙트럼이 전송채널에 매치될 수 있다.

DMT 전송시스템은 블록(block)을 형성할 수 있도록, 전송하고자 하는 직렬 디지탈 데이타 신호의 비트수를 합산하는 코더를 구비한다. 각 경우에, 블록 내의 특정 비트수는 해당 복소수를 갖는다. 복소수는 캐리어 주파수 $f_i = i/T$ (여기서, 이산 멀티톤 변조에 있어서 i = 1,2 ...., N/2)를 표시하는데 사용되며, 모든 캐리어 주파수 f_i는 등간격으로 분포된다. T는 블록의 시간간격이다. 복소수로 표시되는 캐리어 주파수를 시간영역으로 변환시키기 위해 푸리에 역변환(Inverse Fourier transformation)이 이용되며, 전송대상 DMT 신호의 N개의 샘플을 직접 표시한다. 고속푸리에 역변환(IFFT)을 이용하기 위해, N에 대해서 제곱값이 선택된다. 이는 고속푸리에 역변환의 복잡성을 줄이기 위한 것이다.

고속푸리에 역변환 후, 시클릭 프리픽스(cyclic prefix)를 실행하고 이때 샘플의 최종 M(M<N)은 블록의 시작부에 다시 부착된다. 시간 $T \cdot M/N$에 대응되는 M 샘플 이후에 전송채널에 의해 형성된 전이과정이 소멸되고 나면, 수신기에 대해 주기신호가 시뮬레이트 된다. 수신기의 복조(demodulation) 후에, 전송채널 내의 선형 왜곡을 보상하는 데에는 전송채널의 전달함수의 역을 곱하는 것밖에 필요하지 않으므로, 수신기의 이퀄라이제이션 복잡도(equalization complexity)는 시클릭 프리픽스에 의해 크게 감소될 수 있다. 이것은 각 캐리어 주파수에 대해 4개의 실수 곱셈 혹은 1개의 복소수 곱셈처리를 필요로 한다.

ADSL에서, 물리적인 전송채널은 전화선망의 2중-와이어 라인(2중 코어 구리케이블)이다. 2중-와이어 라인은 블록의 길이와 비교하여 장시간의 전이과정을 필요로 한다. 다른 한편으로, 시클릭 프리픽스의 결과로 요구되는 부가적인 전송 용량은 가능한 한 낮아야 한다.

N=512 의 블록길이에 대하여, ADSL에서 M = 32 의 시클릭 프리픽스가 정의된다. 그러나, 2중-와이어 라인 상의 전이과정은 M=32값 이후에도 여전히 소멸되지 않게 된다. 그래서 수신기에는 또 다른 오류가 발생되며, 이들 오류는 주파수 영역 이퀄라이저에 의해 보상될 수 없다.

이러한 부가적인 오류는 수신기에서의 특수 신호처리 방식을 이용하여 감쇠시킬 수 있다.

이를 위해서, 시간영역 이퀄라이저(TDEQ)가 복조기의 상류에 접속된다. 시간영역 이퀄라이저는 디지탈 횡방향 필터의 형태로서 그 계수의 조정이 가능하다. 시간영역 이퀄라이저의 목적은 전송채널의 전이과정을 단축시키는 것이다. 이러한 시간영역 이퀄라이저의 설계는 Al-Dhahir, N., Cioffi, J.M.('Optimum Finite-Length Equalization for Multicarrier Transceivers', IEEE Trans.on Comm., Vol. 44, No.1, Jan 1996 참조)에서 소개되어 있다. 그러나, 디지탈 횡방향 필터를 시간영역 이퀄라이저로 사용하는 경우 다수의 계수가 발생하며, 이러한 디지탈 횡방향 필터의 적응(adaptation)이 복잡하다는 단점이 있다. 20 내지 40개의 계수를 갖는 필터 길이는 초당 약 5천만 내지 1억 개의 곱셈연산처리를 수행해야 한다는 것을 의미한다. 또한, 각 계수는 디지탈 횡방향 필터에 적응될 수 있게 조정되어야 한다.

본 발명은 이러한 기술적 문제에 근거하여 이산 멀티톤 변조방식을 이용하여 발생한 신호를 위한 디지탈 수신기를 구현하며, 이러한 수신기는 보다 신속하게 적응될 수 있고 초당 더 적은 수의 곱셈연산을 수행하는 시간영역 이퀄라이저를 구비한다.

상기의 문제는 본 발명의 특허청구범위의 제1항의 특징을 갖는, 이산 멀티톤 변조 방식을 이용하여 생성한 신호를 위한 디지탈 수신기를 제공함으로써 해결될 수 있다. 유익한 개선사항들은 각각의 종속항에 기재되어 있다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 이산 멀티톤 변조를 이용하여 생성한 신호를 위한 디지탈 수신기에 관한 것이다. 디지탈 수신기는, 이산 멀티톤 변조로 생성된 신호가 공급되는 아날로그/디지탈 변환기 및 아날로그/디지탈 변환기로부터 하류에 접속되는 시간영역 이퀄라이저를 구비한다. 시간영역 이퀄라이저는 고정계수를 가진 디지탈 필터를 구비한다. 적응성 디지탈 필터에 필요하며 적응에 특별한 노력이 들지 않으므로 디지탈 필터의 고정계수는 본 경우에 이점을 갖는다.

디지탈 필터는 시프트연산(shift operation)에 의해 고정계수로 표시될 수 있는 값을 갖는다. 이것은 곱셈연산을 시프트연산으로 대체하여 훨씬 간단하게 만들어주는 장점이 있다.

특별히 바람직한 한가지 구현예에서, 디지탈 필터는 고정계수로서 정수값을 갖는다. 정수 연산은 변동점 연산보다 훨씬 덜 복잡하다는 장점이 있다.
한 구현예에서, 디지탈 필터는 0Hz 에서 0의 값을 가지며, 따라서 전송 시스템의 임펄스 응답을 크게 단축할 수 있다.
또 다른 구현예에서, 디지탈 필터는 하이패스 전달함수(high pass transfer function)를 갖는다.
그 밖의 특히 바람직한 구현예에서, 디지탈 필터는 다수의 1차(first-order) 디지탈 필터로 구성된 직렬회로를 갖는다. 1차 필터는 매우 간단하게 생성할 수 있다는 장점을 갖는다.
또한 다른 바람직한 구현예에서, 각각의 1차 디지탈 필터는 고정메모리, 시프트 레지스터, 디지탈 감산회로 및 디지탈 가산회로를 구비한다. 본 경우에, 각각의 1차 필터의 간단한 구성은 복잡한 곱셈 단계를 필요로 하지 않으므로 이점이 있다.
본 발명에 있어서 상기한 장점과 그 밖의 특징은 다음과 같이 첨부도면과 함께 구체적인 실시예를 통하여 더욱 상세히 기술된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 이산 멀티톤 변조를 이용하여 생성한 신호를 위한 디지탈 수신기에서의 전송경로를 도시하고;
도 2는 본 발명에 따른 시간영역 이퀄라이저의 일 실시예를 도시하며;
도 3은 본 발명에 따른 시간영역의 효과를 도시한 다이어그램을 보여준다.

실시예

도 1에 도시된 디지탈 수신기(12)가 있는 전송경로에서, DMT 전송기(11)는 이산 멀티톤 변조를 이용하여 변조시킨 신호를 생성한다. 이 신호는 이산 멀티톤 변조에 의해 생성된 N/2개의 캐리어 주파수 f_i 를 갖는다. 각 캐리어 주파수는 직교 진폭변조(QAM) 방식에 의해 진폭변조 및 상변조된다. DMT 전송기(11)에서, 신호는 M 샘플을 갖는 시클릭 프리픽스를 포함하며, 디지탈/아날로그 변환에 의해 전송용 아날로그 신호로 변환된다. DMT 전송기(11)는 전송채널(1)을 통해 디지탈 수신기(12)로 신호를 전송한다.
전송채널(1)은 선형 왜곡을 일으키는 채널이다. ADSL 전송경로에서, 전송채널은 2중-와이어 라인이다. 전송채널(1)에 의해 생성된 이러한 선형 왜곡은 주파수 영역에서 동작하는 이퀄라이저에 의해 디지탈 수신기(12) 내에서 다시 한번 보상처리된다.
디지탈 수신기(12)에서, 신호는 아날로그/디지탈 변환기(2)에 공급되며, 이 변환기는 공급된 신호를 일련의 디지탈값 U_k 로 변환한다.
일련의 디지탈값 U_k 는 시간영역 이퀄라이저(3)에 공급된다. 시간영역 이퀄라이저(3)는, DMT 전송기(11), 전송 채널(1) 및 시간영역 이퀄라이저(3) 자체의 안정화 시간(stabilization time)을 단축시키는데 이용된다. 안정화 시간이 시클릭 프리픽스 지속 시간보다 길 경우, 디지탈 수신기(12) 내의 결정기 회로(decision-maker circuit)(70 내지 7n)에서 오류가 발생한다. 시간영역 이퀄라이저(3)는 전송에 이용되는 주파수 대역에서 어떠한 0 값도 생성할 필요없이 안정화 시간을 단축하기 위한 것이다. 이를 위해서, 시간영역 이퀄라이저(3)는 고정계수 및 다음과 같은 전달함수($z = u_k$)를 갖는 디지탈 필터를 구비한다:

$$H(z)=\prod_{v=1}^{n}\left(\frac{1-z^{-1}}{1-c_v\cdot z^{-1}}\right) \quad \text{where } c_v = \pm(1-2^{-L}) \qquad (1)$$

이것은 고정계수 c_v 를 갖는 다단계 디지탈 필터의 전달함수이며, 다음의 전달함수를 갖는 n개의 제2의 1차 디지탈 필터로 이루어진 직렬회로에 의해 형성된다.

$$H_v(z)=\frac{1-z^{-1}}{1-c_v\cdot z^{-1}} \quad \text{where } c_v = \pm(1-2^{-L}). \qquad (2)$$

시간영역 이퀄라이저(3)의 전달함수 H(z)는 0Hz 에서 0의 값을 가지며, 따라서 하이패스 필터의 전달함수이다. 이것은 전송채널의 안정화 과정을 단축시키기 위한 가장 효과적인 방법이다.
시간영역 이퀄라이저(3)에 의해 생성된 디지탈값은 직렬/병렬 변환기(3)에 제공되며, 이 직렬/병렬 변환기(3)는 시클릭 프리픽스를 소거하고 이산 고속푸리에 변환 장치(5)에 공급되는 블록을 생성한다.
이산 고속푸리에 변환 장치(5)는 블록으로 표시되는 신호를 시간영역에서 주파수영역으로 변환시킨다. 이산 고속푸리에 변환 장치(5)의 출력부에서의 각각의 변환된 블록은 N/2개의 복소수를 갖는다. 각 복소수는 캐리어 주파수 $f_1 = i/T$ (여기서, 이산 멀티톤 변조에 대해 i=1,2,...N/2)를 나타내며, 모든 캐리어 주파수 f_1 는 등간격으로 분포된다. T는 블록의 지속 시간이다.
이산 고속푸리에 변환 장치(5)에 이어서 각 캐리어 주파수 f_1,....$f_{N/2}$ 에 대한 주파수 영역 이퀄라이저(60.....6m)가 정렬되며, 이 주파수영역 이퀄라이저는 주파수 영역의 이퀄라이제이션 과정을 수행한다. 이를 위해서, 각각의 캐리어 주파수를 나타내는 변환 블록(conversion block)의 각 복소수는 전송채널(1)의 역전달함수와 곱셈처리된다. 이는 1개의 복소수 곱셈연산 혹은 4개의 실수 곱셈연산을 요한다. 각각의 주파수 영역 이퀄라이저(60.....6m)에 이어서, 주파수 영역 이퀄라이저(60)....(6m)에서 발생한 출력신호로부터 다단계값을 생성하는 각각의 결정기 회로(70....7m)가 정렬된다.
각 결정기 회로(70.....7m) 다음에 각각 다단계값으로부터 디지탈값을 생성하는 디코더 회로(80.....8m)가 정렬된다.

디코더 회로(80)....(8m)에서 나온 출력신호는, 데이타 싱크(data sink)(10)에 접속되는 병렬/직렬 변환기(9)에 병렬로 제공된다. 병렬/직렬 변환기(9)는 DMT 전송기(11)로부터의 디지탈 데이타에 대응하는 디지탈 데이타 시리얼 스트림(serial stream)을 데이타싱크(10)에 공급한다.

도 2는 본 발명에 따른 시간영역 이퀄라이저의 예시적인 실시예를 보여준다.

시간영역 이퀄라이저는 수식 (2)와 같은 전달함수를 갖는 n개의 제2의 1차 디지탈 필터를 포함하는 직렬회로를 갖는다. 도 2는 단지 2개의 1차 디지탈 필터(100 및 200)를 도시한다. 다른 제2의 1차 디지탈 필터는 점(dot: · · ·)으로 표시했다.

제2의 1차 디지탈 필터(100 및 200)는 모두 동일하게 구성된다. 이산 입력값 시퀀스가 각각 디지탈 감산회로(101 또는 201)의 제1 반전 입력부(inverting input)에 공급되고, 이와 동시에, 각각 디지탈 가산회로(103 또는 203)의 제1 비반전 입력부(non-inverting input)에 공급된다. 디지탈 가산회로(103 또는 203)의 출력값은 제2의 1차 디지탈 필터의 출력값이며, 디지탈 감산회로의 비반전 입력부에 병렬 형태로 피드백되고, 시프트 레지스터를 통해서 각각 디지탈 감산회로(101 또는 201)의 제2 반전 입력부에 공급된다. 시프트 레지스터(104 또는 204)는 비트단위로 우측으로 시프트함으로써 이산 출력값을 곱셈처리한다. 그 결과, 이산 출력값은 정수 2^{-L} 과 곱해진다. 디지탈 감산회로(101 또는 201)의 출력값은 각각 고정메모리(102 또는 202)를 통해서, 각각 디지탈 가산회로(103 또는 203)의 제2 비반전 입력부로 전달된다. 고정메모리(102 또는 202)는 각각 이산 입력시퀀스의 시간을 재는데 사용되는 클록의 제1 클록 주기만큼 지연을 발생시킨다.

L=0 이면, 제2의 디지탈 필터(100 및 200)는 비-회귀성(non-recursive)이 된다. 이 경우, 수식(2)에 따라 계수 c_v 는 0이 된다.

도면에 도시되지 않은 예시적인 실시예에서, 제2의 디지탈 필터들은 피드백 경로에 있는 제2의 디지탈 필터로부터의 이산 출력값을 곱셈처리하는데 사용되는 정수 2^{-L_v} 가 서로 상이하다. 이러한 예시적인 실시예에서, 수식(1)에 따른 계수 C_v 는 교호(交互)적인 디지탈 필터마다 상이하며, 제2의 디지탈 필터의 직렬 접속에 따른 디지탈 필터는 수식(1)에 따른 전달함수를 갖는다.

도 3은 본 발명에 따른 시간영역 이퀄라이저의 6개의 다른 실시예의 효과를 도시하는 2개의 다이어그램을 보여준다. 여기에서, 길이 3km 및 직경 0.4mm의 2중-와이어 라인을 갖는 ADSL 전송시스템에 대해 신호-노이즈 비 및 결정기 회로의 입력치를 시뮬레이트 했다.

시간영역 이퀄라이저의 영향만을 고려하였다. 신호-노이즈 비는 ADSL 전송에 이용되는 주파수 대역 전체에 대해서 그래프화 하였다. 각 곡선 프로파일은 6개의 다른 시간영역 이퀄라이저 각각을 표시하며, 이들 이퀄라이저의 각 전달함수를 $H_1(z)$ 내지 $H_6(z)$ 로 표시했다. 전달함수 $H_1(z)$ 내지 $H_6(z)$ 는 다음과 같다:

$$H_1(z)=1-z^{-1}$$

$$H_2(z)=(1-z^{-1})^2$$

$$H_3(z)=(1-z^{-1})^3$$

$$H_4(z)=\left(\frac{1-z^{-1}}{1-0.5\cdot z^{-1}}\right)$$

$$H_5(z)=\left(\frac{1-z^{-1}}{1-0.5\cdot z^{-1}}\right)^2$$

$$H_6(z)=\left(\frac{1-z^{-1}}{1-0.5\cdot z^{-1}}\right)^3$$

시간영역 이퀄라이저가 없는 곡선 프로파일과 32개의 계수(32개의 탭)를 갖는 최적화된 시간영역 이퀄라이저가 있는 곡선 프로파일을 비교 목적으로 도시하였다. 두 다이어그램 모두는 저주파수 영역에서 신호-노이즈 비가 개선되었음을 보여준다. 2차, 3차 혹은 고차 디지탈 필터를 갖는 시간영역 이퀄라이저의 경우에, 신호-노이즈 비는 32개의 계수를 갖는 최적화된 시간영역 이퀄라이저와 비교하여 약 300kHz 이상의 주파수에서 수 데시벨 정도 다르다.

산업상 이용 가능성

본 발명은 이산 멀티톤 변조를 이용하여 발생시킨 신호를 수신하기 위한 디지탈 수신기를 구현하며, 개선된 시간영역 이퀄라이저를 구비하여 신속한 곱셈연산을 수행할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

이산 멀티톤 변조를 이용하여 생성한 신호(12)를 위한 디지탈 수신기로서, 이산 멀티톤 변조를 이용하여 생성한 신호가 공급되는 아날로그/디지탈 변환기(2) 및 상기 아날로그/디지탈 변환기의 하류에 연결된 시간영역 이퀄라이저(3)를 구비하고, 상기 시간영역 이퀄라이저(3)는 고정계수(104, 204)를 갖는 디지탈 필터를 구비하며,

상기 디지탈 필터(100, 200)는 시프트연산에 의해 고정 계수(104, 204)로 표시될 수 있는 값을 갖는 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 2.

제1항에 있어서,
디지탈 필터(100, 200)는 고정계수(104, 204)로서 정수값을 갖는 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 3.

전술한 항 중 한 항에 있어서,
디지탈 필터(100, 200)는 0Hz에서 0의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 4.

전술한 항 중 한 항에 있어서,
디지탈 필터(100, 200)는 하이패스 전달함수를 갖는 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 5.

전술한 항 중 한 항에 있어서,
디지탈 필터는 다수의 1차 디지탈 필터(100, 200)를 포함하는 회로군을 갖는 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 6.

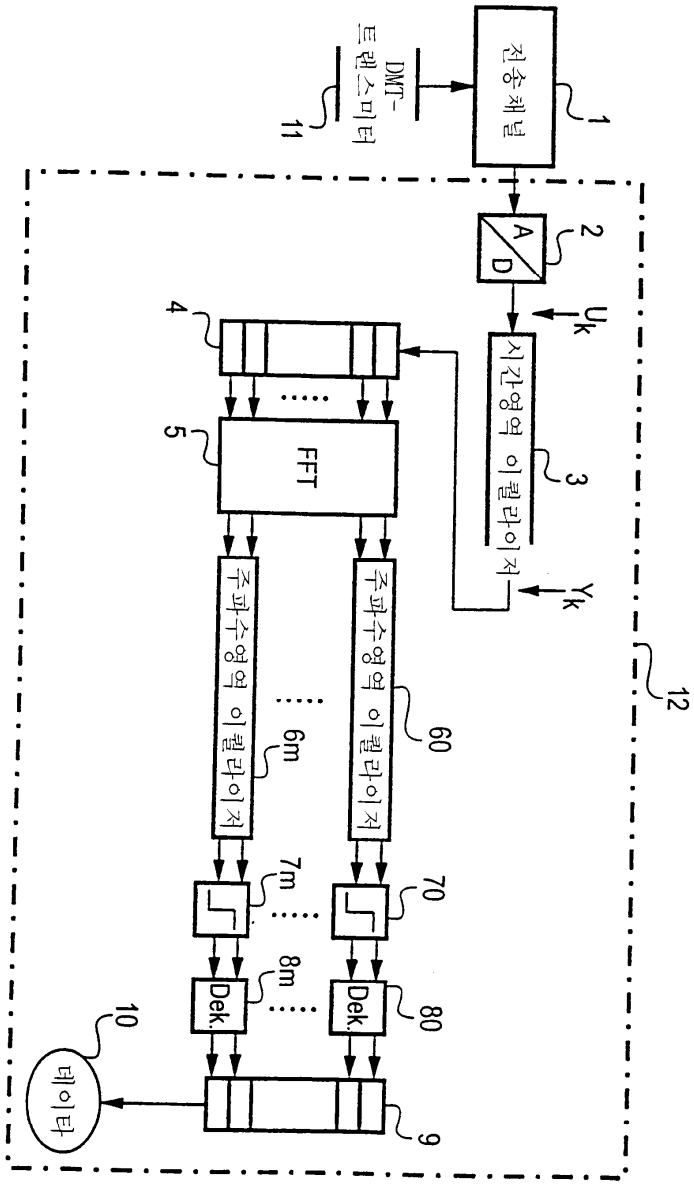
제5항에 있어서,
각 1차 디지탈 필터는 고정메모리(102, 202), 시프트 레지스터(104, 204), 디지탈 감산회로(101, 201) 및 디지탈 가산회로(103, 203)를 갖춘 것을 특징으로 하는 디지탈 수신기.

청구항 7.

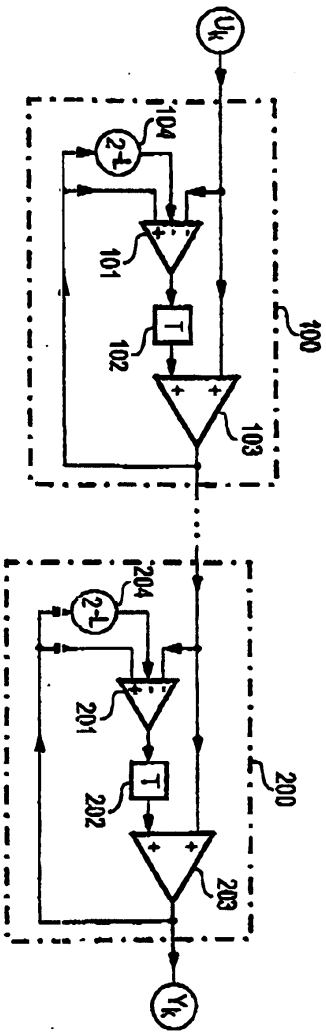
삭제

도면

도면1

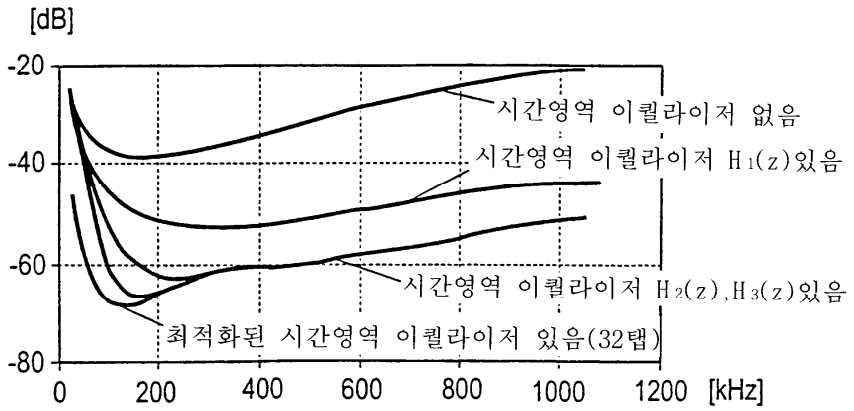

전송채널
1
DMT-
트랜스미터
11
A/D
2
Uk
시간영역 이퀄라이저
3
Yk
4
FFT
5
주파수영역 이퀄라이저
6m
주파수영역 이퀄라이저
60
7m
70
8m
Dek.
Dek.
80
데이터
10
9
12

도면2

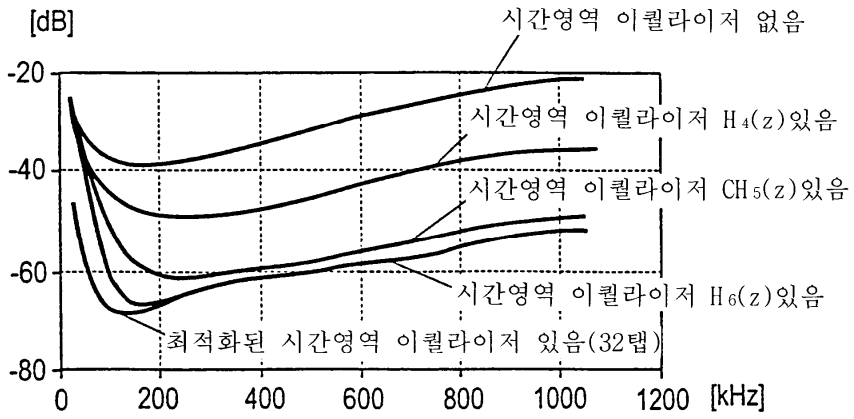


도면3

a


[dB]
-20
-40
-60
-80
0
200
400
600
800
1000
1200
[kHz]
시간영역 이퀄라이저 없음
시간영역 이퀄라이저 H1(z)있음
시간영역 이퀄라이저 H2(z),H3(z)있음
최적화된 시간영역 이퀄라이저 있음(32탭)

b


[dB]
-20
-40
-60
-80
0
200
400
600
800
1000
1200
[kHz]
시간영역 이퀄라이저 없음
시간영역 이퀄라이저 H4(z)있음
시간영역 이퀄라이저 CH5(z)있음
시간영역 이퀄라이저 H6(z)있음
최적화된 시간영역 이퀄라이저 있음(32탭)