

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ H04B 7/05	(45) 공고일자 1997년05월07일	(11) 공고번호 특1997-0007362
(21) 출원번호 특1993-0701865	(24) 등록일자 1997년05월07일	(65) 공개번호 특1993-0703750
(22) 출원일자 1993년06월18일	(43) 공개일자 1993년11월30일	(87) 국제공개번호 WO 92/11708
(86) 국제출원번호 PCT/US 91/09479	(87) 국제공개일자 1992년07월09일	
(86) 국제출원일자 1991년12월17일		

(30) 우선권 주장	630,922	1990년12월20일	미국(US)
(73) 특허권자	모토로라 인코포레이티드 안쏘니 제이. 살리 2세		
(72) 발명자	미합중국, 일리노이 60196, 샤움버그, 이스트 앨공권 로드 1303 게랄드 피. 라베즈 미합중국, 일리노이 60645, 시카고, 노쓰 탈맨 7406 마이클 디. 코진 미합중국, 일리노이 60089, 버팔로 그로브, #202, 윈드브룩 드라이브 1127 요셉 제이. 솔러 미합중국, 일리노이 60172, 로젤, 파인 애비뉴 925 에릭 에프. 지올코 미합중국, 일리노이 60193, 샤움버그, 사우쓰 페즌트 워크 드라이브 810		
(74) 대리인	이병호, 최달용		

심사관 : 강홍정 (책자공보 제4999호)

(54) 수신기에서의 손상된 신호 등화 장치 및 방법

요약

내용없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

수신기에서의 손상된 신호 등화 장치 및 방법

[도면의 간단한 설명]

제 1 도는 다중-경로 신호가 어떻게 발생될 수 있는지를 보여주는 도면.

제 2 도는 미드앰블(midamble) 시퀀스 및 메시지 시퀀스를 가진 GSM TDMA 타임 슬롯을 도시하는 도면.

제 3 도는 본 발명을 사용하도록 적응될 수 있는 전형적인 직각 수신기를 도시하는 도면.

제 4 도는 본 발명에 따른 전형적인 직각 수신기의 등화기 및 상관기 블럭을 보다 상세하게 도시한 도면.

제 5 도는 다중-경로 수신기로부터 얻어진 전형적인 상관 신호 $C(t)$ 및 이상적 상관 신호 $C_i(t)$ 를 도시한 도면.

제 6도는 전형적인 상관 신호 $C(t)$ 에 대한 잡음의 영향이 본 발명에 따라 어떻게 완화될 수 있는지를 보여주는 도면.

제 7 도는 본 발명에 따라 복소 정합 필터를 구성하는데 사용되는 상관 신호를 도시하는 도면.

[발명의 상세한 설명]

[발명의 분야]

본 발명은 일반적으로 디지털 무선 수신기 및 특히 통상적인 채널 등화(channel equalization) 기술을 사용하여 다중-경로 신호를 복조하는 수신기에 관한 것이다.

[발명의 배경]

전형적인 환경에서 전파되는 무선 주파수(RF) 신호는 시간 분산을 겪는다. 이 시간 분산은 다중-경로로서 공지되어 있으며, 빌딩, 산, 이동 물체등과 같은 각종 주위 환경으로 인해 편향되는 RF신호에 의해 초래된다. 이러한 다중-경로 신호는 수신시 실(true)신호의 다중 복제(replica)의 부가로 인해 손상된다. 이들 복제는 원하는 신호와 관계하여 상이한 진폭, 위상, 및 시간 지연을 갖는다. 수신기에서, 상기 복제는 신호의 질(quality) 복조를 성취하기 위해 보상되어야만 된다. 이와같은 보상을 반드시 성취하는 한가지 보정책으로서 상기 다중-경로 신호를 등화하는 것을 들 수 있다.

다중-경로의 영향을 감소시키기 위해 등화 기술을 이용하는 수신기는 널리 공지되어 있다. 이러한 수신기 중 하나가 G. ungerboeck에 의해 IEEE 통신 회보, 1974년 5월, Vol. Com -22, pp624-635에 "'캐리어-변조 데이터-전송 시스템용 적응형 최대-가능(Adaptive Maximum-Likelihood Receiver) 수신기'"라는 제목으로 기술되어 있다. 기본적으로, 다중-경로 채널로 인한 심볼간 간섭(ISI), 동일-채널 간섭이라고 공지된 전송 시스템의 여러 부품들로부터 동일한 RF 캐리어 주파수로 전송되는 여러 신호들로 인한 심볼간 간섭 및 수신기 프론트-엔드(front-end)로 인한 부가적인 잡음에 의해 손상될 수 있는 수신된 신호는 최대-가능 시퀀스 추정기(MLSE; maximum likelihood sequence estimator) 등화기를 사용하여 등화된다. 상기 MLSE 등화기는 상기 다중-경로 채널의 임펄스 응답에 정합되는 복소 정합 필터(CMF) 및 G. ungerboeck의 제 2 도에 도시된 수정 비터비 알고리즘(VA) 섹션을 사용한다.

상기 채널 임펄스 응답의 급속한 변화율로 인해, 상기 복소 정합 필터를 구성하는데 사용되고 상기 채널 임펄스 응답의 추정에 좌우되는 계수는 등화 동안 채널을 정확하게 나타낼 정도로 빈번하게 발생되어야만 한다. 이들 계수는 전형적으로 상기 수신기에 저장된 소정의 동기화 패턴을 상기 수신된 신호로 변조된 동기화 패턴과 상관시키므로써 유도되며, 상기 상관은 채널 임펄스 응답의 추정이다(그러나, 정교한 동기화 패턴을 사용하지 않고 채널 임펄스 응답의 추정을 얻는 다른 기술이 존재한다.) 상관 및 정합 필터링의 조합(복소 정합 필터가 정확할 경우)하면은 인입 신호와 수신기의 국부 발진기 사이의 위상 오프셋을 제거하고 수신된 신호의 신호대 잡음비를 최대화시킬 수 있다. 복소 정합 필터로부터의 출력은 앞서 언급된 ISI문제를 고려하는 MLSE로 통과된다. 상기 ISI를 고려하도록 MLSE에 의해 실행되는 계산은 주로 채널 임펄스 응답 추정 및 추정된 채널 임펄스 응답으로부터 유도된 복소 정합 필터에 의존한다.

그룹 스페셜 모뎀(GSM) 범 유럽 디지털 셀룰러 시스템에 있어서, 상관을 결정하는데 사용된 동기화 시퀀스는 비교적 짧으며, 따라서 그로부터 발생된 복소 정합 필터 계수는 부가적인 잡음, 산점, 및 교차-상관에 매우 민감하게 된다. 상관에 잡음이 있을때, 복소 정합 필터가 채널에 적절하게 정합되지 않기 때문에 정합 필터링 처리가 나쁘게 될 뿐만 아니라 동일한 이유로 MLSE 처리가 나쁘게 된다.

따라서, 복소 정합 필터용 계수를 발생시키는데 사용되고 MLSE에 의해 사용되는 추정된 채널 임펄스 응답을 개선시키므로써 등화를 사용하여 손상된 신호의 검출을 개선시키는 수신기가 요구된다.

[발명의 요약]

통신 시스템 수신기에 사용되는 등화 시스템은 통신 시스템 수신기에 의해 수신된 무선 채널 신호로부터 검출되는 손상된 데이터 신호를 등화시킨다. 상기 등화 시스템은 손상된 데이터 신호로부터 채널 프로파일 신호를 추정하며, 상기 채널 프로파일 신호를 수정하고, 이 수정된 채널 프로파일 신호를 사용하여 손상된 데이터 신호를 강화(enhance)시킨다.

[본 실시예의 상세한 설명]

제 1 도는 일반적으로 다중-경로 신호를 발생시킬 수 있는 무선 주파수(RF) 환경을 도시한다. 자동차(105)는 베이스-스테이션(100)에 신호 X(t)를 전송하며, 상기 베이스 스테이션은 본 실시예에서 TDMA 시스템일 수 있지만 FDMA 시스템이 될 수도 있다. 다른 신호, X(t+T)가 베이스 스테이션(100)에 의해 수신되지만 빌딩(110)과 같은 물체의 반사로 인해 T초 만큼 지연된다. 다중-경로 신호 X(t+T)는 신호 X(t)와 동일한 정보 또는 데이터를 갖지만 시간 지연되며 서로다른 진폭 및 위상 특성을 갖는다.

제 2 도는 자동차(105)에 의해 베이스 스테이션(100)에 전송되는 전형적인 타임 슬롯을 도시하고 제 1 도에서의 신호 X(t)에 포함된 정보를 갖는다. 본 실시예에서, TDMA 타임 슬롯(210)은 576.9 μ s 길이고 메시지 데이터 및 동기화 데이터를 나타내는 148 데이터 비트를 포함한다. 동기화 시퀀스 또는 미드앰블(midamble)(200)은 전송되는 신호 X(t)에 대해 동일하게 된다. 메시지 데이터(205)는 제 1 도에서 신호 X(t)의 형태로 자동차(105)가 베이스 스테이션(100)에 전송하는 실제 음성 데이터를 포함한다. 본 실시예에서, X(t)에서의 메시지 및 동기화 데이터는 8번째 TDMA 타임 슬롯(210) 마다 또는 4.6152ms 마다 전송된다.

제 3 도는 일반적으로 G. ungerboeck에 의해 서술되고 본 발명에 따라 적용될 수 있는 상술된 등화 수신기를 도시한다. 본 실시예에서, 가우스 최소 시프트-키(Gaussian Minimum Shift Keying)(GMSK)변조가 사용되지만 직각 위상 시프트 키(Quadrature Phase Shift Keying)(QPSK)와 같은 다른 디지털 신호 전송 방식이 마찬가지로 사용될 수 있다. 도시된 바와같이 수신기는 RF신호 X(t)를 수신하며 직각 복조기(305)에 연결되는 안테나(300)를 포함한다. 상기 직각 복조기(305)는 상기 RF신호 X(t)를 국부 발진기(L0)(306)를 사용하여 아날로그 동위상(in-phase) I_A 신호 및 아날로그 직각 위상(Q_A) 신호로 복조하여 공지된 바와같은 믹싱을 실행한다. 신호 I_A 및 Q_A는 0Hz에서 스펙트럼 집중화되며 I_A 및 Q_A 신호를 대응하는 디지털 표현, I₀ 및 Q₀로 변환시키는 아날로그/디지털(A/D) 변환기(310)로 입력된다. 상기 신호 I₀ 및 Q₀는 A/D 변환기(310)로부터 출력되어 기준 저장 장치(reference Store)(330)(본 실시예에서 판독 전용 메모리(ROM)임)에 연결되는 상관기(325)에 입력된다. 상기 기준 기억 장치(330)는 신호 X(t)와 관계되는 소정의 동기화 시퀀스를 포함하며, 상기 신호 X(t)는 본 실시예에서 상관 처리에 사용된 여덟개의 분리된 미드앰블 시퀀스 중 하나이다. 계속해서, 등화기(320)가 I₀ 및 Q₀를 수신하기에 앞서, 상관기(325)는 I₀ 및 Q₀의 미드앰블을 상기 특정 TDMA 타임 슬롯(210)용 저장된 미드앰블과 상관시킨다. 등화기(320)에 의해 사용되기 위하여 처리되는 상관 신호 C(t)가 상관기(325)로부터 출력된다. 등화기(320)는 다중-경로 신호에 존재하는 왜곡의 영향을 반드시 고려해야만 한다. 상기 등화기(320)의 출력은 신호 전송 특정 에러 보정 및 메시지 데이터(205) 디코딩을 실행하는 에러 보정 디코딩 블럭(335)에 입력된다. 그리고나서, 디코딩된 데이터는

다음 처리단계를 위해 준비된다.

제 4 도는 본 발명에 따른 등화기(320) 및 상관기(325)를 보다 상세히 도시한 것이다. 도시된 바와같이, 상기 등화기(320)는 복소 정합 필터(400)와, 본 실시예에서 G. ungerboeck에 의해 기술된 바와같은 수정된 비터비 알고리즘을 사용하는 최대 가능 시퀀스 추정기(MLSE)(405), 및 G. ungerboeck에 의해 기술된 바와같은 프리-MLSE 처리블럭(416)으로 이루어져 있다. 상관기(325)는 상관/동기화 회로(410) 및 탭수점 블럭(420)으로 이루어져 있다. 제 4 도에서의 회로의 동작은 다음과 같다. 신호 I_0 및 Q_0 는 기준 기억 장치(330)로부터 검색되는 적절한 소정의 미드앰블과 같은 상관 회로(410)에 입력되며, 그 후 상기 상관 회로는 신호 I_0 및 Q_0 는 미드앰블을 소정의 미드앰블과 상관시킨다. 상기 상관은 제 6 도에서 극한(hmits)(620)으로 규정된 소정의 타임 윈도우 동안 실행된다. 상기 윈도우는 시간적으로 조정가능하며 TDMA 타임 슬롯(210)의 미드앰블(200)보다 수 비트 넓다.

계속해서, 상관 회로(410)로부터의 출력은 상관 회로(410)에 의해 실행된 상관을 반드시 시간적으로 나타내는 상관 신호 $C(t)$ (505)이다. 제 5 도는 최종 상관 신호 $C(t)$ (505)의 크기를 도시한 것인데, 상기 상관 신호 $C(t)$ (505)의 크기는 다음식으로 규정된다.

$$|C(t)| = \sqrt{I_{DN}^2 + Q_{DN}^2}$$

여기서 I_{DN} 및 Q_{DN} 은 I_0 및 Q_0 각각의 n번째 샘플이다. 제 5 도에는 또한 손상되지 않고 다중-경로 영향을 조금도 받지 않는 이상적 상관 신호에 대한 상관 신호 $C_1(t)$ (510)의 크기가 도시되어 있다. 손상의 영향, 특히 수신기 잡음, 간섭 및 교차-상관의 영향은 제 5 도에 도시된 바와같이 $C_1(t)$ (510) 및 $C(t)$ (550) 사이의 차 $\Delta C(t)$ 에 의해 주어진다. $C_1(t)$ 이상의 대략 $\Delta C(t)$ 의 상관 크기를 갖는 $C(t)$ (505)의 영역은 여전히 메시지 데이터(205)와 관련된 정보를 포함하지만, 모든 실질적 이용을 위해 상기 정보는 잡음에 매장된다. 제 5 도는 또한 실신호 $X(t)$ 를 수신하는 수신기에 대응하는 크기 피크(515)를 나타내는 반면 크기 스파이크(spike)(520)는 제1도에 도시된 바와같이 복제 신호 $X(t+T)$ 를 수신하는 수신기를 나타낸다.

널리 공지된 바와같이 상기 복소 정합 필터(400)는 $C(t)$ (550)로부터 탭 계수를 발생시키므로써 TDMA타임 슬롯 대 타임 슬롯을 토대로 구성되는데, 이 계수는 반드시 특정 TDMA 타임 슬롯(210)에 대한 채널프로필 추정 또는 채널 임펄스 응답(CIR) 추정이다. 그러나, 잡음, 간섭, 및 교차 상관이 탭 계수를 저하시켜 그에 따라 특정 TDMA 타임 슬롯(210)을 위해 구성된 복소 정합 필터(400)가 소망의 응답을 나타내지못하게 하는 문제가 발생한다. 따라서, 결정된 상기 계수를 토대로 한 잡음 손상을 탭 계수 추정이 완전할 경우 얻어질 수 있는 수행성과 비교했을 때 수행성을 저하시킨다.

제 4 도를 참조하면, 동기화 회로(415)는 탭상에 도시되는 바와같이 $C(t)(\infty\omega)$ 를 최대화시키므로써 규정된 상관 신호 $C(t)$ (505)를 '동기화시킨다'. 상기 동기화의 출력은 앞서 언급한 바와같이 TDMA 타임 슬롯(210)이 보내지는때의 CIR 추정인 탭 계수를 발생시킨다. 제4도에서 알 수 있는 바와같이, 상기 CIR 추정은 본 발명에 따른 탭 수정 블럭(420)으로 입력된다. 다시, G. ungerboeck MLSE 수신기와 같은 전형적인 MLSE 수신기에서, 상기 CIR 추정은 어떠한 수정도 겪음이 없이 복소 정합 필터(400) 및 프리-MLSE 프로세서(416)으로 바로 입력된다.

계속해서, 탭 수정 블럭(420)은 CIR 추정을 선택적으로 변경시켜 수정되고 개선된 CIR 추정 및 그에 따라 복소 정합 필터를 구성하는데 사용되는 개선된 탭 계수를 발생시킨다. 상기 탭 수정 블럭(420)은 다음과 같이 동작한다. 탭상에서의 최대 상관 신호 $C(t)$ (505) 에너지를 나타내는 인입하는 CIR 추정은 최소 크기 임계(600)가 제 6도에 도시된 바와같이 설정되는 탭 수정 블럭(420)에 입력된다. 본 실시예에서, 상기 임계(600)는 대략 크기 피크(515)의 1/2크기이다. 계속해서, 상기 CIR 추정은 복소 정합 필터(400)에 사용되는 탭계수(610)를 발생시키도록 샘플링(605)된다. 임계(600) 이하의 탭 계수(610)를 가진 샘플(605)에 대해, 샘플은 전체 등화시에 임의의 값인 잡음에 의해 너무 손상되는 것으로 가정되므로 이들 샘플에 대한 탭 계수는 제로로 설정된다. 이것이 본 발명의 흥미있는 점이다. 복소 정합 필터(400)용 탭 계수(610)를 결정하도록 모든 CIR 추정을 사용하는 대신, 너무 많은 잡음이 있다라고 간주되는 탭 계수(620)를 제로로 하므로써 수신기 수행 성능이 개선될 수 있다는 것이 알려져 있다. 수신기 수행 성능이 개선되는 이유는 상기 임계(600)이하의 탭 계수(610)를 갖는 샘플에서 발견되는 작은 정보량이 너무 잡음이 많이 있어 잡음과 함께 이 정보를 제거하는 것이 낫기 때문이다. CIR 추정의 선택적 수정으로부터 초래되는 수정된 CIR 추정은 제 7 도의 신호에 의해 도시된다. 여기서 알 수 있는 바와같이, 수정된 CIR 추정으로부터 발생된 탭 계수는 잡음의 영향이 완화되기 때문에 보다 정확하게 실 신호 $X(t)$ 및 복제 신호 $X(t+T)$ 를 나타낼 것이다. 그러므로, 소망의 응답의 보다 정확한 탭 계수가 복소 정합 필터(400)를 구성하도록 발생될 수 있으며 결국 복소 정합 필터(400)는 위상 오프셋을 제거하는 보다 양호한 작업을 할 수 있다. 게다가, MLSE(450)는 또한 동일한 이유로 원하는 응답을 보다 정확하게 표시한다. 복소 정합 필터(400)가 원하는 신호를 보다 정확하게 표시하고 MLSE(405)가 원하는 신호를 보다 양호하게 표시하기 때문에, 수신기에서의 등화 처리는 결국 크게 개선되어 수신기 성능을 크게 개선시킨다.

또한, 본 실시예가 널리 공지되어 있고 데이터 슬라이서(slicer)라 칭하는 MLSE를 데이터 결정 장치로 대체하므로써 수정되므로써 본 발명에 따라 정합된 필터 계수에 대해 CIR 추정을 수정하면은 MLSE가 제공하는 크기와 유사하게 크기를 개선시킨다.

또한, 본 발명의 유용성은 등화기에 대한 G. ungerboeck의 구조에 제한되지 않는다.

Forney는 G. ungerboeck 전에, EEE정보 이론 회보 1972년 5월호 Vo1 18, No.3, pp 363-377에 '심볼간 간섭의 존재시 디지털 시퀀스의 최대 가능 시퀀스 에스티메이션'이란 구조를 제안했다. 이 경우, 본 발명에 따라 교정된 CIR 추정은 단지 MLSE로만 통과하는데, 이것은 Forney 구조에서의 정합 필터가 채널자체와 정합되지 않고 비손상된 데이터 심볼과 정합되기 때문이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

통신 시스템 수신기에 사용되어 손상된 데이터 신호를 등화하는 등화 시스템으로서, 상기 손상된 데이터 신호는 상기 통신 시스템에 의해 수신되는 무선 채널 신호로부터 검출되는 상기 등화 시스템에 있어서, 상기 손상된 데이터 신호로부터 채널 프로파일 신호를 추정하는 수단과, 상기 추정 수단에 결합되어 상기 채널 프로파일 신호를 수정하는 수단과, 상기 손상된 데이터 신호에 결합되고 상기 수정 수단에 결합되어 상기 손상된 데이터 신호를 강화시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 채널 프로파일 신호를 수정하는 수단은:상기 채널 프로파일 신호의 크기를 측정하는 수단과, 상기 최소 크기 임계를 제공하는 수단과, 상기 채널 프로파일 신호의 섹션을 구하여 상기 섹션중 어느 섹션이 상기 최소 크기 임계이하의 상기 측정된 크기를 갖는지를 결정하는 수단과, 상기 결정 수단에 응답하여 상기 최소 크기 임계이하의 상기 측정된 크기를 갖는 상기 채널 프로파일 신호의 섹션을 버리므로써 수정된 채널 프로파일 신호를 발생시키는 수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 강화 수단은 상기 수정된 채널 프로파일 신호로부터 동조되는 정합 필터를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 수정 수단 및 상기 강화 수단에 결합되어 최대 가능한 데이터 신호를 추정하는 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 최대 가능한 데이터 신호를 추정하는 수단은 최대 가능 시퀀스 추정 계산을 실행하는 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 최대 가능 시퀀스 추정 계산을 실행하는 수단은 수정된 비터비 최대-가능 시퀀스 추정 알고리즘을 실행하는 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 강화 수단에 결합되어 상기 최대 가능한 데이터 신호를 추정하는 수단을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 등화 시스템.

청구항 8

무선 채널 신호의 채널 임펄스 응답을 추정하는 통신 시스템에서의 수신기에 있어서, 무선 채널 신호를 수신하는 수단과, 상기 수신 수단에 결합되어 상기 수신된 무선 채널 신호로부터 채널 임펄스 신호를 추정하는 수단과, 상기 채널 임펄스 신호의 크기를 측정하는 수단과, 최소 크기 임계를 제공하는 수단과, 상기 채널 임펄스 신호의 섹션을 구하여 상기 섹션중 어느 섹션이 상기 최소 크기 임계 이하의 상기 측정된 크기를 갖는지를 결정하는 수단과, 상기 결정 수단에 응답하여 상기 섹션을 버리므로써 추정된 채널 임펄스 응답을 발생시키도록 하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 통신 시스템에서의 수신기.

청구항 9

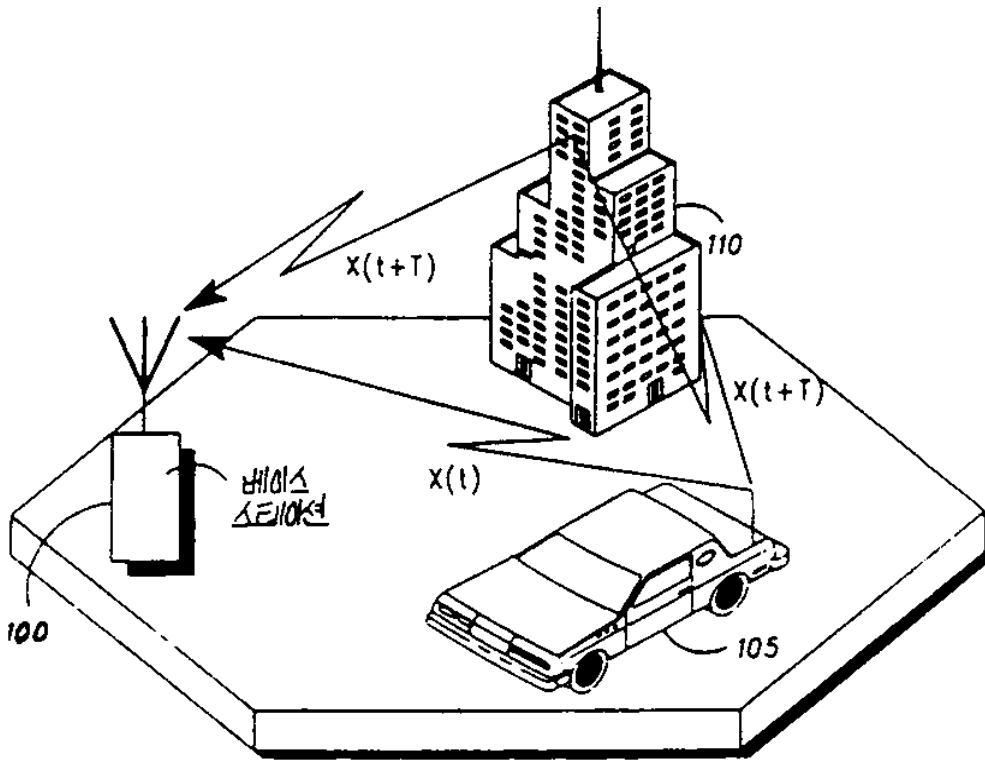
통신 시스템 수신기에 의해 수신된 무선 채널 신호로부터 검출된 손상된 데이터 신호를 등화하도록 상기 통신 시스템 수신기에 사용되는 등화 방법에 있어서, 상기 손상된 데이터 신호로부터 채널 프로파일 신호를 추정하는 단계와, 상기 채널 프로파일 신호를 수정하는 단계와, 상기 수정 단계에 결합되어 상기 손상된 데이터 신호를 강화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 등화 방법.

청구항 10

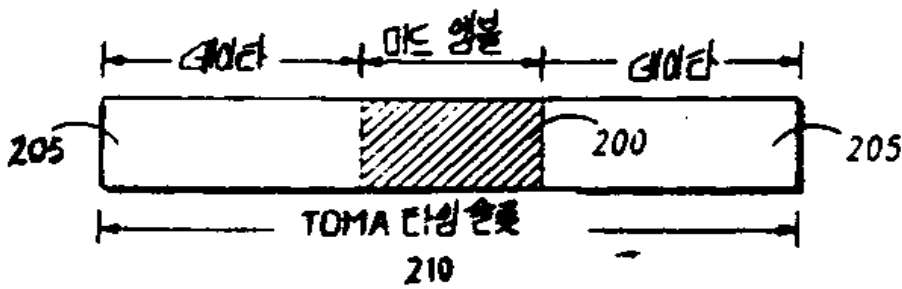
통신 시스템 수신기에 의해 수신된 무선 채널 신호로부터 검출되는 손상된 데이터 신호를 등화하도록 통신 시스템 수신기에 사용되는 등화 방법에 있어서, 상기 손상된 데이터 신호로부터 채널 프로파일 신호를 추정하는 단계와, 상기 추정 단계에 결합되어 상기 채널 프로파일 신호를 수정하는 단계와, 상기 손상된 데이터 신호를 강화시키는 단계와, 상기 강화 단계에 결합되어 상기 강화된 데이터 신호를 필터링하는 단계 및 상기 필터링 단계 및 상기 수정 단계에 결합되어 최대 가능한 데이터 신호를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 등화 방법.

도면

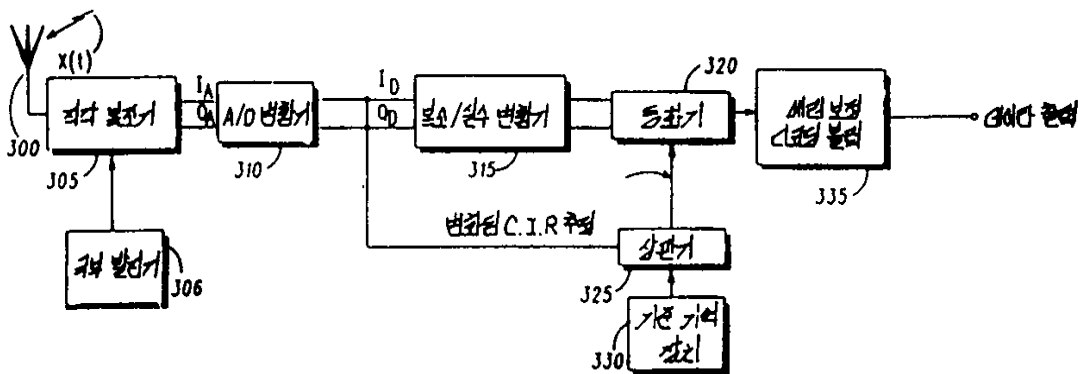
도면1



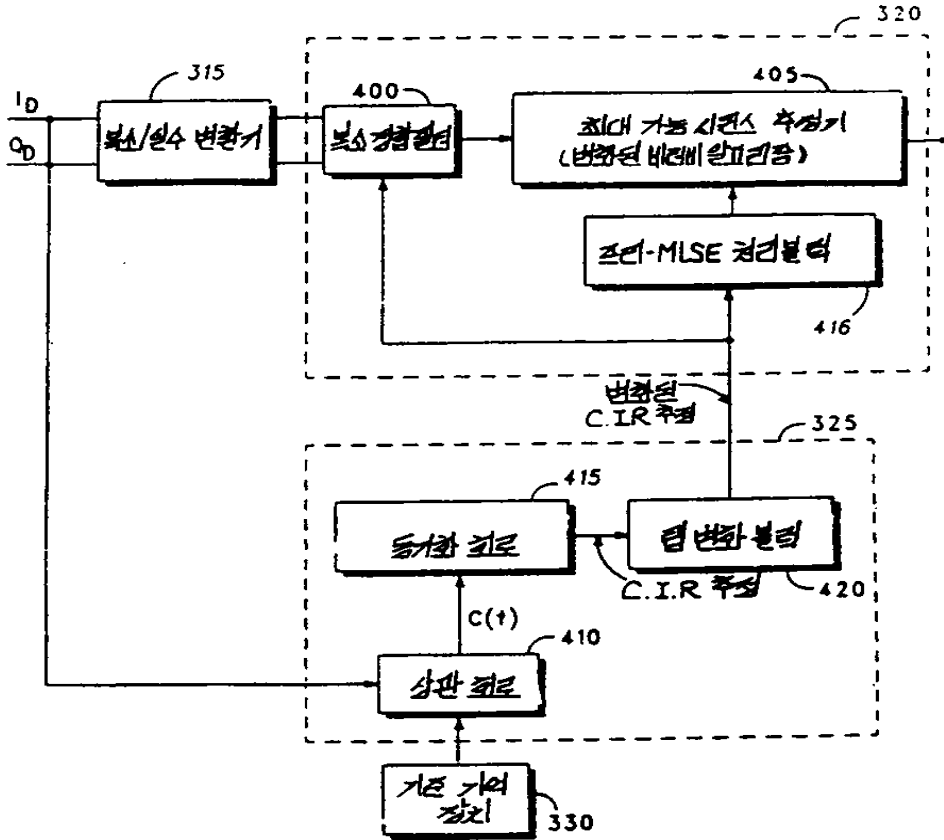
도면2



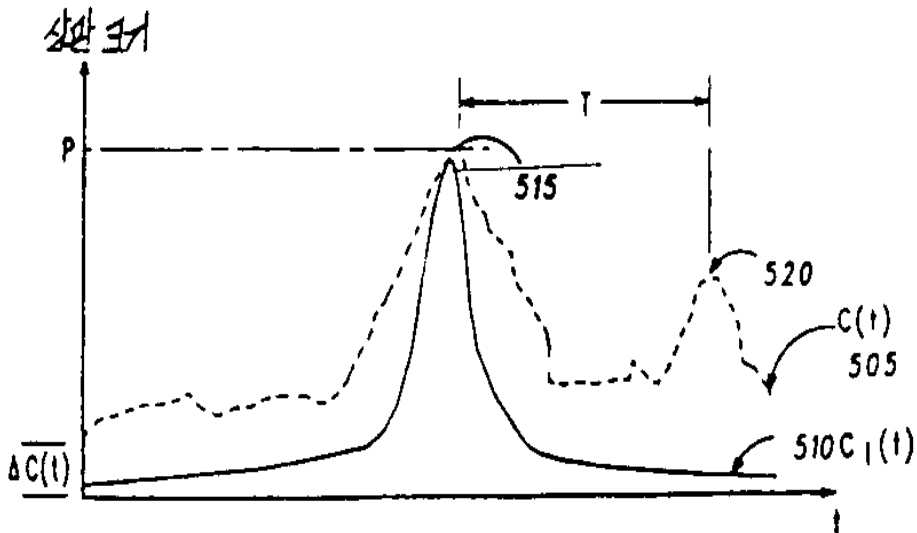
도면3



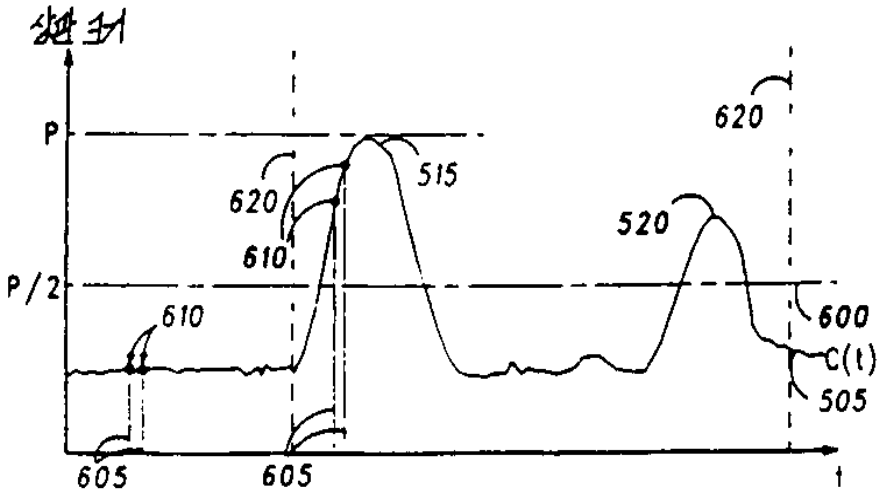
도면4



도면5



도면6



도면7

