(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월08일
(11) 등록번호 10-1610659
(24) 등록일자 2016년04월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 13/02 (2006.01) *H04B 11/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0193058
(22) 출원일자 2014년12월30일
심사청구일자 2014년12월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR101022054 B1*
KR101220298 B1*
KR101397966 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
윤종락
부산광역시 남구 분포로 113 LG메트로시티4차아파트 133동 905호
박지현
부산광역시 해운대구 삼어로 55 , 102동 1801호(반여동, 센텀 SK VIEW 아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인네이트

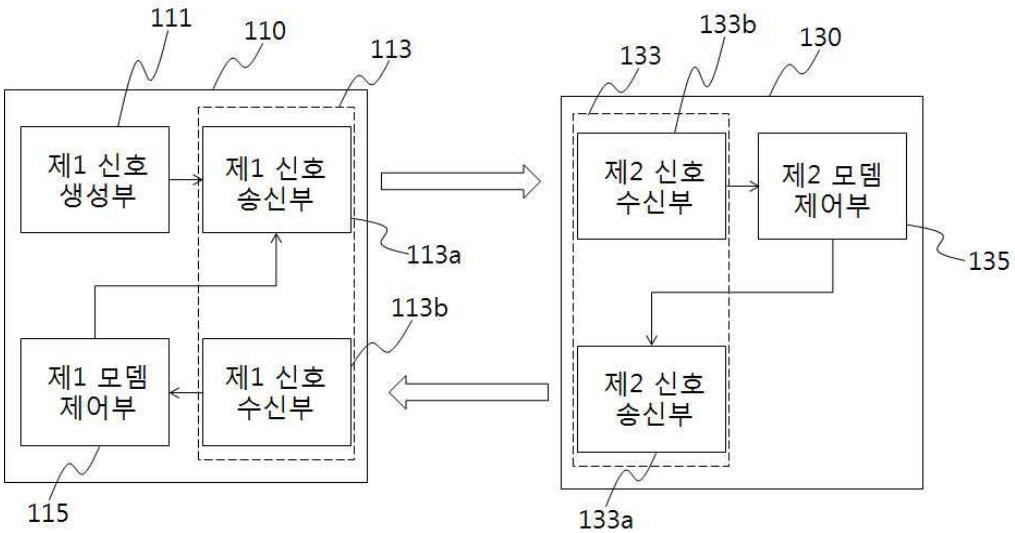
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 강철수

(54) 발명의 명칭 **적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 수중음향 통신 채널의 시공간적 환경요인 변동에 따른 수중음향 통신 모뎀의 성능을 확보하기 위해 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출함으로써 채널 환경 변화에 적응할 수 있는 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 이를 위해 전송데이터를 송신하기 전에 수중 채널의 특성을 파악하기 위해 제1 신호를 일정한 간격으로 적어도 한 번 이상 전송하는 제1 모뎀과 제1 모뎀으로부터 제1 신호를 전송받아 시간 및 주파수 영역 분석을 통하여, 채널의 시간, 주파수 상관성 및 주파수 별 이득 변화를 분석하여 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 제1 모뎀에 전송하는 것으로 제2 모뎀을 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

박규칠

부산광역시 해운대구 반여로 67, 109동 402로(해운대메가센텀한화꿈에그린아파트)

서철원

경상북도 포항시 남구 오천읍 충무로 51-2, 103동 309호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014010377

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업

연구과제명 수중 로봇 제어를 위한 수중 무선 음향 모델 시작품 개발

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2014.05.01 ~ 2015.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

적응형 수중음향 통신 장치에 있어서

전송데이터를 송신하는 제1 모뎀과;

상기 전송데이터를 수신하는 제2 모뎀을 포함하며,

상기 제1 모뎀은

상기 전송데이터를 송신하기 전에 수중 채널의 특성을 파악하기 위해 채널 파일럿 신호인 제1 신호를 일정한 간격으로 적어도 한 번 이상 상기 제2 모뎀으로 전송하고, 상기 제2 모뎀으로부터 제2신호를 수신하며, 수신 된 상기 제2 신호를 기초로 상기 제2 모뎀에 적합한 상기 전송데이터를 송신하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서

상기 제2 모뎀은

상기 제1 모뎀으로부터 상기 제1 신호를 수신받아 주파수 및 시간 신호 분석을 수행하여 상기 제1 신호의 이득 변화와 주파수 특성을 분석하여 변화된 채널에서 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 상기 모뎀 제어변수가 포함된 상기 제2 신호를 상기 제1 모뎀에 전송하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 제1 신호는 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호로 주파수는 10~40kHz인 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 4

제1 항에 있어서,

양방향 통신을 위해 상기 제1 신호와 상기 제2 신호는 서로 다른 주파수의 전송 링크를 가지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식인 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 5

제1 항 내지 제4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 모뎀은 상기 제2 신호를 기초로 변화된 채널에 맞게 전송량, 채널수, 전송속도를 고려한 상기 전송데이터를 전송하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 6

전송데이터를 송신하기 전에 수중 채널의 특성을 파악하기 위해 채널 파일럿 신호인 제1 신호를 일정한 간격으로 적어도 한 번 이상 전송하는 제1 모뎀;과

상기 제1 모뎀으로부터 상기 제1 신호를 전송받아 시간 및 주파수 영역 분석을 통하여 채널의 시간, 주파수 상관성 및 주파수 별 이득 변화를 분석하여 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 상기 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 상기 제1 모뎀에 전송하는 제2 모뎀;

을 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제1 모뎀은

상기 제1 신호를 생성하는 제1 신호생성부;

상기 제1 신호생성부로부터 상기 제1 신호를 제공받아 상기 제2 모뎀으로 전송하거나 상기 제2 모뎀으로부터 상기 제2 신호를 전송받는 제1 신호통신부; 및

상기 제1 신호통신부로부터 상기 제2 신호를 전송받아 변화된 채널 정보가 있는 상기 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 상기 모뎀 제어변수를 기준으로 변화된 채널에 맞게 전송량, 채널수, 전송속도를 고려한 상기 전송데이터가 전송되도록 상기 제1 모뎀을 제어하는 제1 모뎀제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 제2 모뎀은 상기 제1 모뎀으로부터 상기 제1 신호를 수신하거나 상기 제1 모뎀으로 상기 제2 신호를 전송하는 제2 신호통신부;와 제2 모뎀제어부를 포함하며,

상기 제2 모뎀제어부는, 수신 된 상기 제1 신호를 기초로 시간 및 주파수 영역 분석을 수행하여 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 적어도 어느 하나를 분석하여 상기 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 상기 모뎀 제어변수가 포함된 상기 제2 신호를 상기 제1 모뎀에 전송하도록 상기 제2 신호통신부를 제어하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 9

제6 항에 있어서,

상기 제1 신호는 채널 파일럿 신호인 것을 포함하고,

상기 채널 파일럿 신호는 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호로 주파수는 10~40kHz인 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 10

제6 항에 있어서,

양방향 통신을 위해 상기 제1 신호와 상기 제2 신호는 서로 다른 주파수의 전송 링크를 가지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식인 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치.

청구항 11

적응형 수중음향 통신 장치를 동작하는 방법에 있어서,

전송데이터 송신하기 전에 제1 모뎀에서 채널 파일럿 신호인 제1 신호를 생성하고, 생성된 상기 제1 신호를 기설정된 시간동안 제2 모뎀에 전송하는 단계;

상기 제2 모뎀에서 상기 제1 신호를 전송받아 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나를 분석하는 단계;

상기 제2 모뎀에서 분석된 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나에서 모뎀 제어변수를 추출하는 단계;

추출된 상기 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 상기 제2 모뎀이 상기 제1 모뎀에 전송하는 단계;

상기 제1 모뎀에서 상기 제2 신호를 전송받아 변화된 채널 정보에 대응되도록 자체적으로 제어하는 단계;

상기 제1 모뎀에서 상기 제2 모뎀으로 변화된 채널 환경에 대응되는 전송데이터를 전송하는 단계;

를 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 제1 모뎀을 제어하는 단계는

상기 제2 신호를 제공받아 컨벌루션 코드로 부호화하는 단계;

부호환된 기저대역신호를 요구전송량에 따라 직교주파수를 제어하는 M-ary FSK(Frequency Shift Keying) 방식으로 변조하는 단계;

변조된 채널 정보 신호에 대응되는 상기 전송데이터를 전송하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 수중음향 통신 채널의 시공간적 환경요인 변동에 따른 수중음향 통신 모뎀의 성능을 확보하기 위해 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출함으로써 채널 환경 변화에 적응할 수 있는 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전 세계적으로 해양탐사 및 해양 자원개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 이미 해양 선진국에서는 수중 환경 모니터링과 자원 탐사를 위한 잠수정 개발 기술력 확보와 시제품을 상용화하고 있다. 수중로봇, 수중기계장치 혹은 자율무인 잠수정(AUV) 등의 시스템은 모선의 제어를 통해 자신의 위치제어 및 운동 제어신호 등을 전송한다. 전파사용이 제한되는 수중에서 수중 로봇, 잠수정 등의 제어와 정보신호 전송하기 위해서는 음향을 이용한 수중음향 통신모뎀이 필수적이다.

[0003] 국내에서는 한국해양 연구원에서 수중 무선통신 시스템 개발 사업으로 2004년-2011까지 수중음향 모뎀 개발을 수행하였다. 전송거리 10km에서 10kbps의 전송속도를 달성하였으며 개발한 음향모뎀 기술을 민간 기업으로 기술이전을 하고 있는 실정이다.

[0004] 현재까지 상용화된 수중음향 통신 시스템은 변복조 방식, 전송거리, 적용환경 등에 따라 성능의 차이를 보이며, 이것은 수중 환경의 시공간적 특성에 의한 것이다.

[0005] 즉, 수중음향통신은 해면, 해저에 의한 시변 다중경로와 송수신기 지향성이나 배열의 형상 및 수중통신 네트워크에 의해 정보전송의 성능이 좌우된다. 특히 수중음향통신채널은 시변 다중경로에 의해 주파수 선택적인 페이

딩(frequency selective fading) 채널이 되고, 송수신기의 상대운동과 해면교란에 의한 도플러 확산이 큰 경우(fast fading)에는 페이딩이 더욱 심화되어 결과적으로 디지털 정보신호의 비트 오류가 증가하여 정보전송의 장애요인이 되는 문제점이 있었다.

[0006] 또한, 수중 잠수정의 위치나 운동제어 신호는 정보량이 적어 전송률이 낮은 비동기식 FSK 통신기법이 음향모뎀에 적용되었다. 이와 같이, 해양의 음파전달 특성에 의한 성능저하를 고려한 무선 음향모뎀이 설계/제작되는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0941853호(수중 채널에서의 디지털 신호 송신 장치 및 방법)

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1397966호(수중음향 코드 분할 다중 접속 통신 시스템에서 유사잡음 획득을 이용한 위상 오류 정정 장치 및 방법)

(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0062264호(LDPC부호를 이용한 MISO채널에서 수중 통신 채널 성능 분석 방법)

(특허문헌 0004) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0133332호(TDMA 기반의 동적 타임슬롯 할당을 통한 수중 통신방법)

(특허문헌 0005) 대한민국 공개특허공보 제10-2011-0126294호(다중 채널 모뎀을 이용한 수중통신방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출함으로써, 채널 환경 변화에 용이하게 적응할 수 있는 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0009] 그러나, 본 발명의 목적들은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 전술한 본 발명의 목적은, 제1 신호를 송신하는 제1 모뎀과 제1 신호를 수신하는 제2 모뎀을 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치에 있어서, 제1 모뎀은 전송데이터를 송신하기 전에 수중 채널의 특성을 파악하기 위해 제1 신호를 일정한 간격으로 적어도 한 번 이상 제2 모뎀으로 전송하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치를 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0011] 전술한 본 발명의 다른 목적은, 제1 신호를 송신하는 제1 모뎀과 제1 신호를 수신하는 제2 모뎀을 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치에 있어서, 제2 모뎀은 제1 모뎀으로부터 제1 신호를 수신받아 주파수 및 시간신호 분석을 수행하여 제1 신호의 이득변화와 주파수 특성을 분석하여 변화된 채널에서 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 제1 모뎀에 전송하는 것을 특징으로 하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치를 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0012] 또한, 제1 신호는 채널 파일럿 신호인 것을 포함하고, 채널 파일럿 신호는 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호로 주파수는 10~40kHz인 것을 특징으로 한다.

[0013] 또한, 양방향 통신을 위해 제1 신호와 제2 신호는 서로 다른 주파수의 전송 링크를 가지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식인 것을 특징으로 한다.

[0014] 또한, 제1 모뎀은 제2 모뎀으로부터 제2 신호를 통해 변화된 채널 정보가 있는 모뎀 제어변수를 전송받아 변화된 채널에 맞게 전송량, 채널수, 전송속도를 고려한 전송데이터를 전송하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 전술한 본 발명의 또 다른 목적은, 전송데이터를 송신하기 전에 수중 채널의 특성을 파악하기 위해 제1 신호를 일정한 간격으로 적어도 한 번 이상 전송하는 제1 모뎀과 제1 모뎀으로부터 제1 신호를 전송받아 시간 및 주파수 영역 분석을 통하여, 채널의 시간, 주파수 상관성 및 주파수 별 이득 변화를 분석하여 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 제1 모뎀에 전송하는 것으로 제2 모뎀을 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치를 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0016] 또한, 제1 모뎀은 제1 신호를 생성하는 제1 신호생성부, 제1 신호생성부로부터 제1 신호를 제공받아 제2 모뎀으로 전송하거나 제2 모뎀으로부터 제2 신호를 전송받는 제1 신호통신부 및 제1 신호통신부로부터 제2 신호를 전송받아 변화된 채널 정보가 있는 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수를 기준으로 변화된 채널에 맞게 전송량, 채널수, 전송속도를 고려한 전송데이터가 전송되도록 제1 모뎀을 제어하는 제1 모뎀제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 제2 모뎀은 제1 신호통신부로부터 제1 신호를 제공받거나 제1 모뎀으로 제2 신호를 전송하는 제2 신호통신부와 제2 신호통신부로부터 제1 신호를 전송받아 시간 및 주파수 영역 분석을 수행하여 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나를 분석하여 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 제1 모뎀에 전송하는 제2 모뎀제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 제1 신호는 채널 파일럿 신호인 것을 포함하고, 채널 파일럿 신호는 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호로 주파수는 10~40kHz인 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한, 양방향 통신을 위해 제1 신호와 제2 신호는 서로 다른 주파수의 전송 링크를 가지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식인 것을 특징으로 한다.

[0020] 전술한 본 발명의 또 다른 목적은, 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 방법에 있어서, 제1 모뎀에서 제1 신호를 생성하고, 생성된 제1 신호를 기설정된 시간동안 제2 모뎀에 전송하는 단계, 제1 신호를 전송받아 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나를 분석하는 단계, 분석된 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나에서 모뎀 제어변수를 추출하는 단계, 추출된 모뎀 제어변수가 포함된 제2 신호를 제1 모뎀에 전송하는 단계, 제2 신호를 전송받아 변화된 채널 정보에 대응되도록 자체적으로 제어하는 단계, 변화된 채널 환경에 대응되는 전송데이터를 전송하는 단계를 포함하는 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 방법을 제공함으로써 달성될 수 있다.

[0021] 또한, 제1 모뎀을 제어하는 단계는 제2 신호를 제공받아 컨벌루션 코드로 부호화하는 단계, 부호환된 기저대역 신호를 요구전송량에 따라 직교주파수를 제어하는 M-ary FSK(Frequency Shift Keying) 방식으로 변조하는 단계, 변조된 채널 정보 신호에 대응되는 전송데이터를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0022] 전술한 바와 같은 본 발명에 의하면 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법은 수중음향 통신 채널의 시공간적 환경요인 변동에 따른 수중음향 통신 모뎀의 성능을 확보하기 위해 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출함으로써, 채널 환경 변화에 용이하게 적용할 수 있어 통신품질을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명은 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 용이하게 추출함으로써, 최적화된 전송량으로 시공간적 변화에 대응하여 신뢰성 있는 전송을 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0024] 또한, 본 발명은 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 용이하게 추출함으로써, 요구 전송량을 용이하게 확보하여 전송속도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0025] 또한, 한, 본 발명은 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 용이하게 추출함으로써, 전송오류를 현저하게 절감시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치의 블럭도이고,

도 2는 본 발명의 따른 수중 음향 채널의 지연확산과 대역제한에 영향을 미치는 다중경로의 특성을 보여주는 개념도이고,

도 3은 본 발명의 따라 수중에서 0.01초간 송신된 제 1신호를 수신한 신호로서 채널 파일럿 신호의 지연확산 특성을 나타낸 도이고,

도 4는 도 3의 제1 신호를 분석하여 일관성 대역폭을 추출하기 위한 도이고,

도 5는 본 발명의 따라 제1 수신신호의 시간상관성 분석 과정으로 채널의 시간 상관성 혹은 도플러 확산 특성을 추출하는 것을 나타낸 도이고,

도 6은 본 발명에 따라 도 5의 분석 결과로부터 얻어지는 시간상관성을 나타낸 도이고,

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 방법의 순서도이고,

도 8는 본 발명의 따른 모뎀 제어변수의 추출을 설명하기 위한 도이고,

도 9은 본 발명의 실시 예에 따라 제1 모뎀이 전송데이터를 전송하는 단계를 나타낸 순서도이고,

도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호와 이에 대한 데이터 프레임 구조를 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 설명하는 실시 예는 특허청구범위에 기재된 본 발명의 내용을 부당하게 한정하지 않으며, 본 발명의 실시 예에서 설명되는 구성 전체가 본 발명의 해결 수단으로서 필수적이라고는 할 수 없다.

[0028] 본 발명의 실시 예에 따른 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법은 수중음향 통신 채널의 시공간적 환경요인 변동에 따른 수중음향 통신 모뎀의 성능을 확보하기 위해 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출함으로써, 채널 환경 변화에 용이하게 적용할 수 있다.

[0029] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 적응형 수중음향 통신 장치 및 그 방법은 시공간적으로 변동하는 수중음향 통신채널에 대한 특성을 파악하여 통신 성능 및 오류와의 상관성을 분석하고 변동 채널 특성을 고려할 수 있다.

[0030] 도 1 을 살펴보면, 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치는 제1 모뎀(110)과 제2 모뎀(130)으로 구성되어 이루어진다.

[0031] 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 모뎀(110)은 제1 신호를 생성하여 송신하고, 제2 신호를 수신하여 변환된 채널 정보에 대해서 대응되는 전송데이터를 송신한다. 이러한 제1 모뎀(110)은 제1 신호생성부(111), 제1 신호통신부(113) 및 제1 모뎀제어부(115)를 포함하여 이루어진다. 여기서 제1 모뎀(110)은 신호를 주로 송신하는 송신모뎀이면서 수중 음향 모뎀일 수 있다.

[0032] 제1 신호생성부(111)는 제1 신호를 생성한다. 제1 신호생성부(111)는 기설정된 시간동안 기설정된 제1 신호를 계속해서 생성할 수 있다. 여기서 제1 신호는 채널 파일럿 신호일 수 있다.

[0033] 이러한 채널 파일럿 신호는 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호인 것이 바람직하다. 초기 주파수에서 최종주파수까지 가변되는 LFM(Liner Frequency Modulation)신호의 수신신호를 시간 및 주파수 영역에서 분석하면 채널의 시간 및 주파수 상관성과 주파수별 이득변화 등을 분석할 수 있다.

[0034] 제1 신호통신부(113)는 제1 신호송신부(113a)와 제1 신호수신부(113b)로 이루어진다. 제1 신호송신부(113a)는 제1 신호생성부(111)로부터 제1 신호를 제공받아 외부로 송신하거나 제1 모뎀제어부(115)로부터 전송데이터를 제공받아 외부로 전송한다. 이러한 제1 신호송신부(113a)는 수중음향 채널로 제1 신호를 송신할 수 있다.

[0035] 게다가, 제1 신호송신부(113a)는 제1 신호를 기설정된 주기로 연속해서 외부로 송신할 수 있다.

[0036] 제1 신호수신부(113b)는 외부로부터 제2 신호를 수신할 수 있다. 여기서 제2 신호는 제2 모뎀(130)에서 송신된 신호이다. 제1 신호수신부(113b)는 제1 모뎀제어부(115)와 연결되어 수신되는 제2 신호를 제1 모뎀제어부(115)에 제공한다.

[0037] 제1 모뎀제어부(115)는 수신된 제2 신호를 제공받아, 제2 신호에서 변화된 채널 정보가 있는 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수를 기준으로 제1 모뎀(110)을 제어할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 후술하기로 한다.

[0038] 이와 같이, 제1 모뎀제어부(115)는 추출된 모뎀 제어변수를 통해 시공간적으로 변화된 채널 환경에 최적화되도록 제1 모뎀(110)을 제어시킴으로써, 변화된 채널에 최적화된 전송량, 채널 수, 전송속도 등을 고려한 전송데이터를 제1 신호송신부(113a)에 제공할 수 있다. 이에 따라, 제1 신호송신부(113a)는 변화된 채널 환경에 최적화된 전송데이터를 효율적으로 전송할 수 있다.

[0039] 제2 모뎀(130)은 제1 신호를 수신하여 수신된 제1 신호를 분석하여 변화된 채널 정보에서 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수가 포함되는 제2 신호를 제1 모뎀(110)에 전송하고, 추출된 모뎀 제어변수를 기준으로 제어될 수 있다. 이러한 제2 모뎀(130)은 제2 신호통신부(133)와 제2 모뎀제어부(135)를 포함하여 이루어진다. 여기서 제2 모뎀(130)은 신호를 주로 수신하는 수신모뎀일 수 있다.

[0040] 제2 신호통신부(133)는 제2 신호송신부(133a)와 제2 신호수신부(133b)로 이루어진다. 제2 신호송신부(133a)는 추출된 모뎀 제어변수가 포함되는 제2 신호를 제1 모뎀(110)에 전송한다. 제2 신호수신부(133b)는 제1 모뎀(110)으로부터 제1 신호를 수신한다. 즉, 제2 신호수신부(133b)는 제1 모뎀(110)에서 수중음향 채널을 이용하여 송신하는 제1 신호를 수신한다.

[0041] 제2 모뎀제어부(135)는 수신된 제1 신호를 제공받아 분석하여 변화된 채널 정보를 얻을 수 있다. 이러한 제2 모뎀제어부(135)는 변환된 채널 정보로부터 모뎀 제어변수를 추출하고, 추출된 모뎀 제어변수를 기준으로 제2 모뎀(130)을 제어할 수 있다.

[0042] 즉, 제2 모뎀제어부(135)는 수신되는 제1 신호인 채널 파일럿 신호를 통해 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나를 분석하고, 분석된 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나에 대한 모뎀 제어변수를 추출할 수 있다. 이와 같이, 추출된 모뎀 제어변수를 기준으로 제2 모뎀제어부(135)는 실시간 적응적으로 제2 모뎀(130)을 제어하여 조정하는 동시에 제1 모뎀(110)에 모뎀 제어변수를 전송할 수 있다.

[0043] 이러한 제2 모뎀제어부(135)는 수신된 채널 파일럿 신호에서 채널 정보를 분석하기 위해 시간 및 주파수 영역 분석을 통해 지연확산에 따른 일관성 대역폭(coherence bandwidth)을 추출할 수 있다.

[0044] 즉, 제2 모뎀제어부(135)는 수신되는 LFM(Liner Frequency Modulation)신호를 분석하여 신호의 이득변화와 주파수 특성에 대한 분석을 할 수 있다.

[0045] 여기서 지연확산에 따른 일관성 대역폭(coherence bandwidth)은 도 2 내지 도 3에 도시된 바와 같이, 다중경로 환경에서 수신신호와 송신신호의 상관성 기법(시간상관분석)을 통해 신호의 지연시간을 추출할 수 있다. 여기서 도 2는 수중음향 채널의 지연확산과 대역제한에 영향을 미치는 다중경로의 특성을 나타낸 것으로 송. 수신 모뎀의 수심에 따른 지연확산의 특성을 용이하게 나타낼 수 있다.

[0046] 또한, 도 3은 수중에서 0.01초간 송신된 제1 신호를 수신한 신호로서 채널 파일럿 신호의 지연확산 특성을 나타낸 것으로, 이러한 신호를 분석하면, 일관성 대역폭은 도 4에 도시된 바와 같이 분석될 수 있다. 이를 통해 전송대역폭과 전송량이 결정될 수 있다.

[0047] 이에 따라, 정보 전송률에 따른 오류율은 수중 통신에서 요구하는 10^{-4} 이하의 전송성능을 용이하게 확보할 수 있다.

[0048] 이때, x축의 신호지연시간은 20dB 까지의 신호지연시간을 추출할 수 있다. 즉, 제2 모뎀제어부(135)는 LFM신호에서 20dB 까지의 신호의 시간을 지연시간이라 판단할 수 있다. 이러한 지연시간은 채널의 시간상관성, 채널의 대역폭 그리고 주파수 선택성과 연관될 수 있다.

[0049] 이때 20dB까지 추출된 신호의 시간지연 시간은 τ_{rms}로 변화되고 다음과 같은 수학식 1로 다중경로 환경에서 일관성 대역폭(B_c)을 계산할 수 있다.

[0050] [수학식 1]

[0051] $$B_c = \frac{1}{5\tau_{rms}}$$

[0052] 이에 따라 제2 모뎀제어부(135)는 시간상관분석(correlation analysis)을 통해 모뎀 제어변수 중 하나인 일관성 대역폭을 결정할 수 있다.

[0053] 또한, 지연시간은 채널 대역(Bs)이 전송신호대역(Bc)보다 작은 경우 신호의 간섭과 왜곡이 심화되는 주파수 선택적 채널이 되고, 채널 대역(Bs)이 전송신호대역(Bc)보다 큰 경우 주파수 비 선택적 채널이 되어 안정적인 전송가능하다. 이때 지연시간을 푸리에 변환하면 채널의 대역폭을 추출할 수 있다. 즉, 도 5에 도시된 바와 같 채널 대역폭이 결정될 수 있다.

[0054] 이와 같이, 지연확산에 따라 주파수 선택성의 전송대역과 전송속도를 결정하게 된다.

[0055] 이에 따라 LFM신호의 주파수 해석을 통해 전송하고자 하는 주파수 10 kHz ~ 40 kHz의 주파수 성분 중 적어도 2회 이상을 전송한 후 평균적으로 이득이 일정한 구간의 주파수 대역을 추출하는 것이 바람직하다. 이와 같이 추출된 주파수 대역 내에서 안정적으로 전송할 수 있다.

[0056] 또한, 시간상관성은 도 6과 같이 수신되는 LFM신호의 채널의 시간상관성을 통해 채널의 변동성 및 도플러 확산을 추출할 수 있다. 이러한 상호상관성 기법에 대한 수학식 2는 아래와 같다. 수학식 2를 통해 도 6과 같이 채널의 시간상관성 추출할 수 있다.

[0057] [수학식 2]

[0058] $$\rho(t,\tau) = \left\langle \frac{[p^*(t) \otimes p(t+\tau)]_{max}}{\sqrt{[p^*(t) \otimes p(t)]_{max}[p^*(t+\tau) \otimes p(t+\tau)]_{max}}} \right\rangle$$

[0059] 이와 같이, 시간상관성은 다중경로 채널의 시변적 변화를 용이하게 추출할 수 있으며, 도 6의 (a)과 같이 변화가 심한 경우 0.9 이하에서는 변화가 상대적으로 심하기 때문에 상대적으로 낮은 속도로 안정적인 전송을 요구할 수 있으며, 도 7의 (b)와 같이 변화가 일정한 경우 상대적으로 높은 속도로 빠른 전송을 요구할 수 있다. 변화가 심한 경우는 채널의 도플러 확산이 상대적으로 큰 경우이다.

[0060] 즉, LFM신호에 대한 시간상관성 분석은 상관도를 기준으로 시간상관성 값에 따른 다중경로 채널의 변동을 분석할 수 있다.

[0061] LFM신호에 대한 시간상관성 분석은 0.8을 기준으로 채널의 변동성과 그에 따른 도플러 확산이 결정된다.

[0062] 이러한 제2 모뎀제어부(135)는 모뎀 제어변수인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성을 용이하게 추출하여 분석할 수 있다. 이를 바탕으로 다중경로 채널의 최대 전송속도를 추출할 수 있다.

[0063] 또한, 제2 모뎀제어부(135)는 제2 신호송신부(133a)를 통해 추출된 모뎀 제어변수가 포함되는 제2 신호를 제1 모뎀(110)에 전송하도록 제어한다. 제2 신호에는 변경된 채널 정보인 모뎀 제어변수를 포함할 수 있다. 여기서 제1 모뎀(110)으로 전송하는 제2 신호는 짧은 시간에 이루어지며, 송신되는 동안 변경된 채널 정보인 모뎀 제어변수가 크게 변동되면 채널 파일럿 신호를 통해 다시 채널 분석을 수행할 수 있다.

[0064] 이에 따라, 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치는 수중음향 통신 채널의 시공간적 환경요인 변동에 따른 수중음향 통신 모뎀의 성능을 확보하기 위해 수중 채널 파일럿 신호를 이용하여 채널 정보를 추출하고 채널 환경 변화에 용이하게 적응할 수 있다.

[0065] 이와 같이, 본 발명은 추출된 정보를 통해 전송속도, 전송채널 수를 실시간 적응적으로 제어함으로써, 수중음향

모뎀에서 요구하는 정보 전송량과 신뢰성을 효율적으로 유지할 수 있다.

[0066] 본 발명의 실시 예에 따른 채널 파일럿 신호를 이용한 적응형 수중음향 통신 장치의 동작은 도 8 내지 도 10과 다음과 같다.

[0067] 제1 모뎀(110)은 제1 신호를 생성하고, 생성된 제1 신호를 기설정된 시간동안 제2 모뎀(130)에 전송한다(S100).

[0068] 여기서 제1 신호는 기설정된 횟수만큼 생성할 수 있다. 이러한 제1 신호는 채널 파일럿 신호이며, 선형주파수변조(LFM, Liner Frequency Modulation)신호일 수 있다. 채널 파일럿 신호에 대한 설명은 후술하기로 한다.

[0069] 제2 모뎀(130)은 제1 신호를 전송받아 이를 분석하여(S110) 변화된 채널 정보에서 모뎀 제어변수를 추출한다(S120). 즉, 제2 모뎀(130)은 수신되는 제1 신호인 채널 파일럿 신호를 통해 변환된 채널 정보인 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나를 분석하고(S110), 분석된 지연시간, 시간상관성, 채널의 대역폭, 주파수 선택성 중 어느 하나에 대한 모뎀 제어변수를 추출할 수 있다(S120).

[0070] 제2 모뎀(130)에 배치되는 제2 모뎀제어부(135)는 수신된 제1 신호인 채널 파일럿 신호에서 채널 정보를 분석하기 위해 시간 및 주파수 영역분석과 지연확산에 따른 일관성 대역폭(coherence bandwidth)을 추출할 수 있다.

[0071] 이와 같이, 제2 모뎀제어부(135)는 채널 파일럿 신호에서 고속 푸리에 변환과 지연확산에 따른 일관성 대역폭(coherence bandwidth) 추출, 시간상관 분석(correlation analysis)을 통해 모뎀 제어변수를 결정할 수 있다.

[0072] 여기서 채널의 일관성 대역폭은 지연확산에 따른 $B_c = \frac{1}{5\tau_{rms}}$ 분석 후 채널의 최적의 전송성능을 추출할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 앞에서 충분히 설명하였으므로 여기서는 생략하기로 한다.

[0073] 도 9에 도시된 바와 같이, 제2 모뎀제어부(135)는 채널 파일럿 신호를 통해 채널환경 요인인 다중경로, 손실, 배경잡음, 도플러 확산을 추출할 수 있다. 이와 같이 추출된 다중경로, 손실, 배경잡음, 도플러 확산을 분석함으로써, 다중경로를 통해 지연확산과 다중경로 지연시간변동을 알 수 있고, 손실을 통해 전송손실을 알 수 있고, 배경잡음을 통해 신호대잡음비를 알 수 있고, 도플러 확산을 통해 전송속도를 알 수 있다. 이렇게 분석함으로써, 채널의 대역폭, 심벌간 간섭, 최대 전송거리, 전송파워, 주파수 변동 등을 포함하는 모뎀 제어변수를 결정할 수 있다.

[0074] 이와 같이 결정된 모뎀 제어변수는 채널 정보 신호에 포함되어 제2 모뎀(130)의 제2 신호송신부(133a)를 통해 제1 모뎀(110)의 수신부에 전송된다(S130).

[0075] 제1 모뎀(110)은 채널 정보 신호인 제2 신호를 전송받아 제2 신호에 포함된 채널 정보에 대응되도록 자체적으로 제어하고(S140), 최적화된 전송량으로 시공간적 변화에 따른 신뢰성 있는 전송을 수행할 수 있다.(S150)

[0076] 즉, 제1 모뎀(110)은 결정된 모뎀 제어변수인 채널의 대역폭, 심벌간 간섭, 최대 전송거리, 전송파워, 주파수 변동 등을 바탕으로 제어될 수 있다. 모뎀 제어변수 중 채널의 대역폭과 심벌간 간섭을 이용하여 전송률, 반송파 주파수, 페이딩 중 어느 하나를 제어하고, 다중화 방식의 전송 채널수를 설정할 수 있다.

[0077] 또는, 모뎀 제어변수 중 최대 전송거리와 전송파워를 이용하여 송신파워를 제어할 수 있고, 모뎀 제어변수 중 주파수 변동을 이용하여 수신모뎀 대역통과 필터 대역을 제어할 수 있다.

[0078] 여기서 제1 모뎀제어부(115)는 채널 정보 신호를 제공받아 컨벌루션 코드로 부호화할 수 있다. 즉, 제1 모뎀제어부(115)는 채널 정보가 포함된 데이터를 컨벌루션 코드(1/2)로 부호화함으로써, 통신 채널에서 잡음이나 감쇄로 인해 발생하는 에러를 용이하게 검출 또는 정정할 수 있다.

[0079] 이와 같은 컨벌루션 코드를 이용하여 부호화함으로써, 주파수 비 선택적인 채널에서 전송될 데이터 비트 스트림에 부가정보(redundancy)를 추가할 수 있고, 이러한 부가정보가 전송과정 중의 손상된 수신신호를 가려내고 정정하는데 용이하게 이용될 수 있다.

[0080] 또한, 부호환된 기저대역신호를 요구전송량에 따라 직교주파수를 제어하는 M-ary FSK(Frequency Shift Keying) 방식으로 변조할 수 있다.

[0081] 여기서 직교주파수는 디지털 통신에서 전송 채널의 용량을 증대시키기 위한 목적으로 사용되며, 2개 이상의 신호가 서로 직교한다면 이에 대한 컨볼루션(convolution) 출력은 0이 되며, 이는 두 신호가 서로 연관이 없어 2

개의 신호가 섞여 있어도 각각 용이하게 구별될 수 있는 주파수인 것이다.

[0082] 이러한 M-ary FSK는 그 변조방식이 각 심볼에 다른 주파수를 배정해서 변조하므로, M이 증가할수록 더 많은 대역이 필요할 수 있다. 여기서 M은 심볼(symbol)의 수 또는 k개 비트가 표현할 수 있는 수, M=2^k, ^은 멱을 나타낼 수 있다. 이와 같이, M이 증가할수록 대역폭 효율은 좋지 않을 수 있으나 주어진 오류확률에서 M이 증가할수록 신호 대 잡음비는 줄어들 수 있다. 이에 따라 전력효율은 개선될 수 있다.

[0083] 이와 같이, 변조된 채널 정보 신호를 전송할 수 있다. 이때 전송속도는 채널 정보의 채널 대역폭과 주파수 선택성에 대한 모뎀 제어변수를 이용하여 최대 전송속도를 결정할 수 있다.

[0084] 여기서 요구 전송량 확보를 위한 채널수와 전송속도의 관계는 다음 수학식 3과 같다.

[0085] [수학식 3]

[0086] 요구전송량 = 최대전송속도 X 채널수

[0087] 또한, 적응형 수중음향 통신 모뎀인 제1 모뎀(110)의 실시간 통신을 위해 양방향 통신 방식을 적용할 수 있다. 이때 다운링크 주파수는 10~20kHz 및 업링크 주파수는 각각 20~40kHz로 전송할 수 있다. 이와 같이, 다운링크 주파수와 업링크 주파수를 다르게 함으로써, 양방향 통신에 적합하게 적용될 수 있다.

[0088] 즉, 현재 수중 통신에서 대표적으로 사용되는 주파수로 주파수가 높아지면 전송거리와 손실이 높아지는 특성이 있다. 이는 수학식 4를 통해 용이하게 확인할 수 있다.

[0089] [수학식 4]

[0090] $$loss = 20\log rf$$ *(r=거리, f=주파수)*

[0091] 따라서, 10km 이내의 전송에 주로 사용되는 주파수 대역인 10~40kHz를 사용하되, 양방향 통신을 위해 각 전송 링크에 따라 주파수를 달리 설정하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 양방향 통신을 위해 제1 신호와 제2 신호는 서로 다른 주파수의 전송 링크를 가지는 FDD(Frequency Division Duplex)방식인 것이다.

[0092] 즉, FDD(Frequency Division Duplex)방식은 양방향 통신을 위해 상향, 하향에 서로 다른 주파수 대역을 할당하는 방식으로, 서로 다른 주파수 대역을 사용하기 때문에 상호간의 간섭은 적으며, 이에 따라, 채널의 변화가 심한 수중 채널에서 적응형 통신을 위해 FDD(Frequency Division Duplex)방식을 사용한다.

[0093] 도 10을 살펴보면, 채널 환경 정보 추출을 위한 채널 파일럿 신호에 대한 프레임 구조와 정보 전송 프레임 구조를 나타낸 것이다.

[0094] 채널 파일럿 신호에 대한 프레임은 LFM신호를 이용하여 채널의 지연시간, 시간상관성, 주파수 선택성, 채널 대역을 분석하기 위한 프레임으로 정보전송 송수신하는 신호이다. 이때 채널 정보가 포함된 채널 파일럿 신호에 대한 프레임은 실제 보내고자하는 정보를 보내기 위한 프레임 구조인 것이다.

[0095] 이때 도 10에 도시된 화살표의 의미는 채널 파일럿 신호에 대한 프레임을 확대한 경우를 도시한 것으로 내부 프레임의 구조를 자세하게 보여줄 수 있다.

[0096] 여기서 전송횟수는 임의적일 수 있으나 10회 이내인 것이 바람직하다.

[0097] 도 10에 도시된 펄스(Pause)는 신호의 지연시간을 고려하여 설정한 것으로 이는 한반도의 연안을 중심으로 해석한 것이다. 이러한 한반도의 연안에서 지연시간은 2~5m 이며, 이를 고려한 분석신호는 10 ms이다.

[0098] 또한, 채널 파일럿 신호에 대한 프레임은 채널 파일럿 신호가 채널 정보 신호에 영향을 주지 않기 위해 분석신호의 10배 정도의 펄스(Pause) 시간을 주는 것이 바람직하다. 즉, 신호 간의 간섭을 최소화하기 위해 분석신호의 10배 정도의 펄스(Pause) 시간을 주는 것이다.

[0099] 이상, 본 발명의 실시 예를 참조하여 설명했지만, 본 발명이 이것에 한정되지는 않으며, 다양한 변형 및 응용이 가능하다. 즉, 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서 많은 변형이 가능한 것을 당업자는 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0100] 110 : 제1 모뎀

111 : 제1 신호생성부

113 : 제1 신호통신부

113a : 제1 신호송신부

113b : 제1 신호수신부

115 : 제1 모뎀제어부

130 : 제2 모뎀

133 : 제2 신호통신부

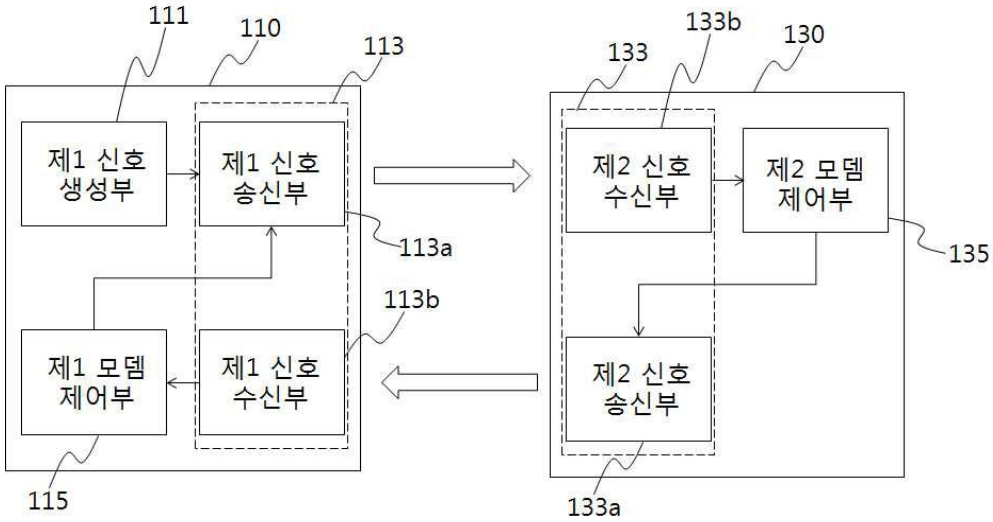
133a : 제2 신호송신부

133b : 제2 신호수신부

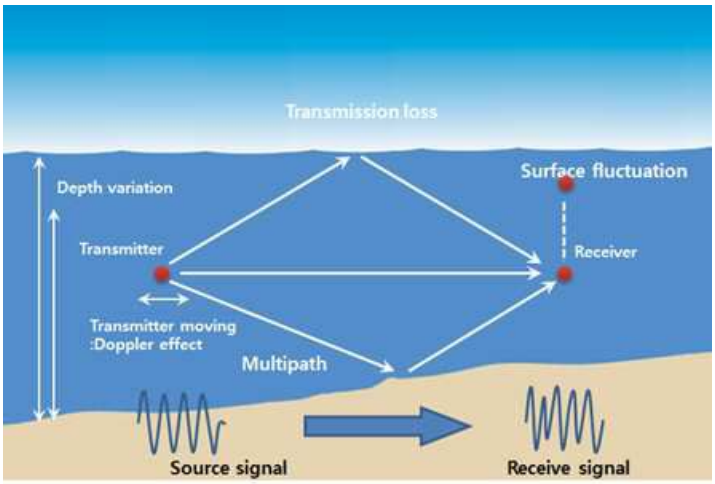
135 : 제2 모뎀제어부

도면

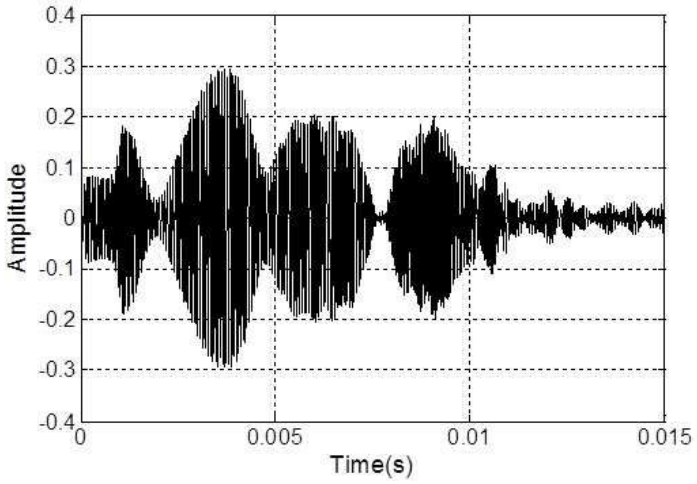
도면1



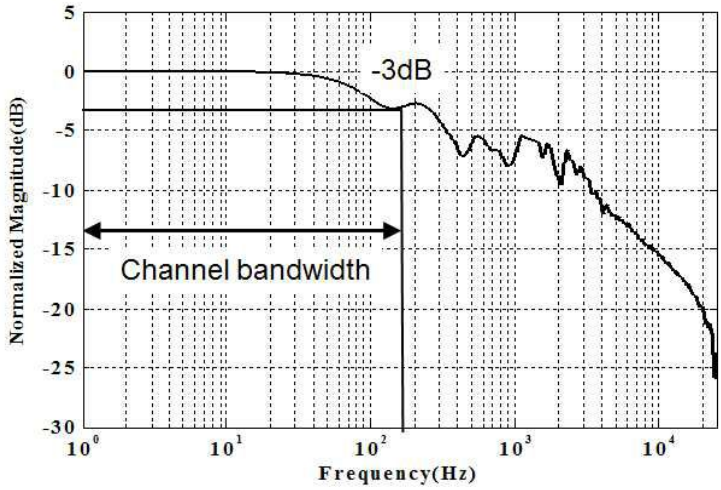
도면2


Transmission loss
Depth variation
Surface fluctuation
Transmitter
Receiver
Transmitter moving
:Doppler effect
Multipath
Source signal
Receive signal

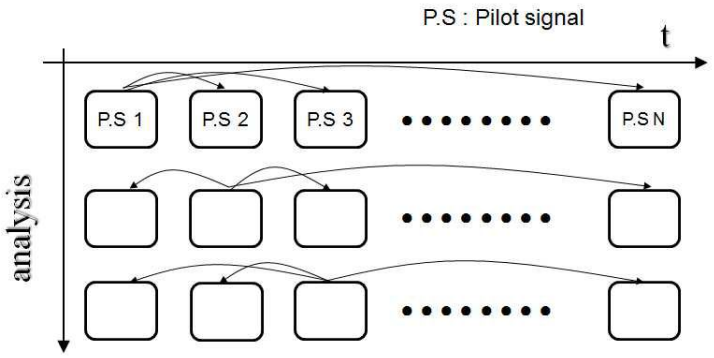
도면3


0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
Amplitude
0
0.005
0.01
0.015
Time(s)

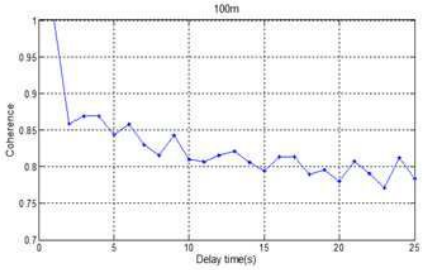
도면4


5
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Normalized Magnitude(dB)
-3dB
Channel bandwidth
10^0
10^1
10^2
10^3
10^4
Frequency(Hz)

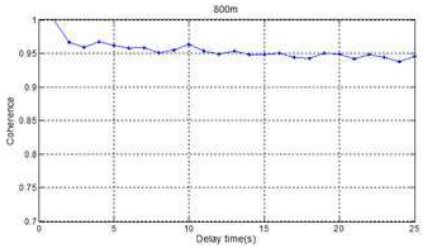
도면5


P.S : Pilot signal
t
P.S 1
P.S 2
P.S 3
P.S N
analysis

도면6

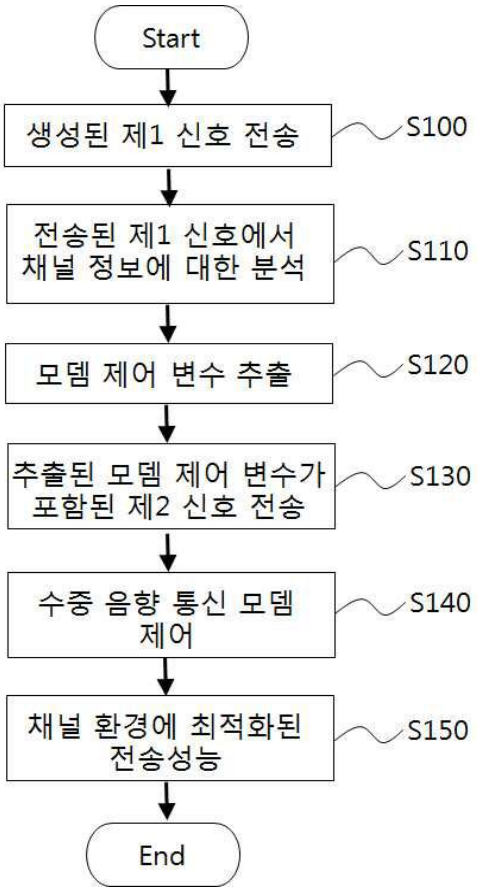

100m
Coherence
Delay time(s)

(a)

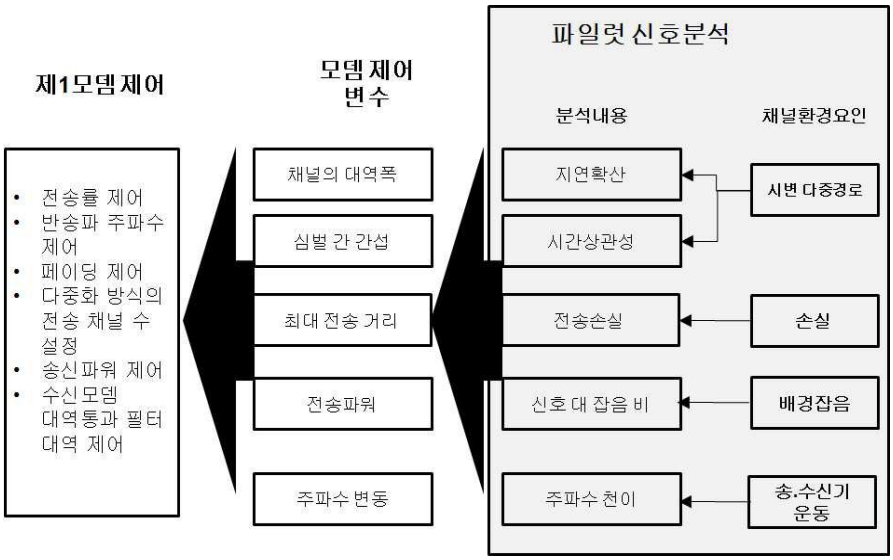

800m
Coherence
Delay time(s)

(b)

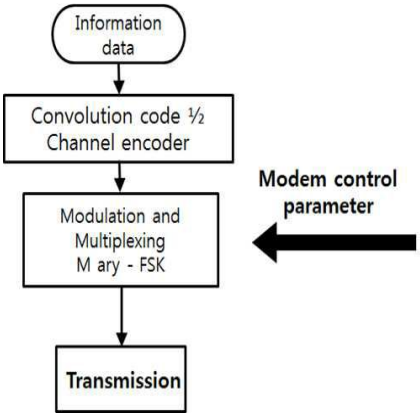
도면7


Start
생성된 제1 신호 전송
S100
전송된 제1 신호에서 채널 정보에 대한 분석
S110
모뎀 제어 변수 추출
S120
추출된 모뎀 제어 변수가 포함된 제2 신호 전송
S130
수중 음향 통신 모뎀 제어
S140
채널 환경에 최적화된 전송성능
S150
End

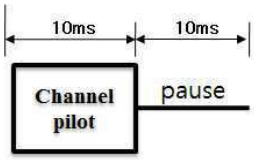
도면8


제1모뎀제어
모뎀제어 변수
파일럿 신호분석
분석내용
채널환경요인
전송률 제어
반송파 주파수 제어
페이딩 제어
다중화 방식의 전송 채널 수 설정
송신파워 제어
수신모뎀 대역통과 필터 대역 제어
채널의 대역폭
심벌 간 간섭
최대 전송 거리
전송파워
주파수 변동
지연확산
시간상관성
전송손실
신호 대 잡음 비
주파수 천이
시변 다중경로
손실
배경잡음
송.수신기 운동

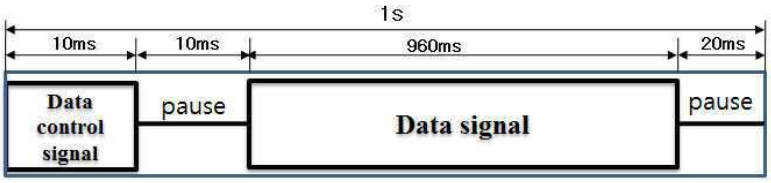
도면9



도면10



채널 파일럿 프레임의 구조



데이터 전송 프레임 구조