
수중 초음파 이동통신을 위한 프로토콜 설계에 관한 연구

김천석*

A Study on the Protocol Design for an Underwater Acoustic Communication

Chun-suk Kim*

본 논문은 여수대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

요 약

본 논문에서는 해저의 이동체 사이의 효과적인 다중 초음파 데이터 통신을 위한 다중 초음파 접속제어 프로토콜을 제안 하였다. 논리계층에서의 프로토콜은 모선과 수중 이동체간에 다중 채널 통신이 가능하고 논리계층간의 peer to peer 통신이 가능함을 확인하였다. 본 논문에서 제안된 접속제어 프로토콜은 수중 통신 시스템의 여러 가지 수중 물리적 환경에서 전파지연 시간에 무관하게 최대 수율을 보장하고 서로 다른 주파수 대역을 사용하는 다중 전송채널을 이용하여 수중에서 고속 데이터 전송의 가능함을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper proposes the new efficient system design strategies for the acoustic-based underwater communication system and its media access protocol, which make it possible to control the multiple vehicles for underwater duty working by the surface plant. For an approach to implementation of the system, it is inevitable to establish acoustic-based underwater digital communication network to exchange the information between a surface plant and multiple vehicles in underwater.

I. 서 론

현재 해양개발에 대한 필요성이 커짐에 따라 수중(Underwater)에서의 원활한 탐사작업을 위하여 바다 깊은 곳까지 잠수정과 잠수정 사이의 수중 통신을 필요로 하며, 현재 ROV(Remotly Operated Vehicle)에 적용되는 통신 방식은 케이블을 통해 수상의 모선으로부터 전력공급과 각종 제어신호를 수신하고 수중에서의 각종 정보를 모선으로 전달하기 때문에 ROV는 수중에서 작업 시 유연성

이 떨어지는 문제점이 있다.

따라서 최근에는 심해저개발에 사용 되고 있는 자율 수중 이동체(AUV:Automous Underwater Vehicle)를 위한 수중 통신 방안이 연구 되고 있으며[1] AUV는 내장된 전원을 사용하여 수중에서 자율 이동하며, 수상의 모선으로부터 각종 제어 신호를 수신하고 수중에서의 각종 정보를 모선으로 송신하는데 초음파를 이용한 수중 통신시스템을 사용하고 있다[2]. 초음파를 이용한 수중 통신은 수중 자율 이동체의 이동에 유연성의 제약 관계를 고려하는

연구가 진행되고 있을 뿐만 아니라 해양의 특성과 초음파의 특성에 따라 지상의 통신 방식보다 수중의 다중경로(Multipath) 영향이 매우 크므로 기존의 아날로그 통신 방식에 의한 수중 통신 보다는 디지털 변조 기법에 대한 수중 통신방안이 [3.4] 연구 되고 있다.

수중에서 모선 및 AUV들과 같은 이동체들 사이의 정보교환을 위한 통신망을 구현하기 위해서는 ISO OSI (International Standards Organization Open Systems Interconnection) 참조모델의 각 계층별 프로토콜의 구현이 필요하며 상위 계층의 프로토콜들은 기존의 근거리 통신망에서 사용되고 있는 프로토콜을 이용하기 때문에 수중 통신망의 구현에 적용 할 수 있으나 수중 통신망 구현을 위해서는 전송매체를 초음파로 사용하기 위한 물리계층의 구현과 다수의 AUV들이 초음파 매체를 통해 효율적으로 정보를 전송할 수 있도록 하기 위한 접속제어 프로토콜의 구현이 요구된다.[5]

CSMA(Carrier Sense Multiple Access)방식의 접속제어 프로토콜은 전기적인 신호 및 고주파 신호와 같이 전파속도가 빠른 매체를 사용하는 통신망을 위하여 개발된 프로토콜을 이용하였다.

수중 통신망의 응용계층 서비스들은 주로 수중 시스템의 제어신호, 해저의 화상정보 및 계측정보 전송 등이며 수중 통신망의 물리계층에서 사용되는 초음파 트랜스듀스들은 1-10 kbps 정도의 저속의 전송속도를 지원 하므로 본 논문에서 제안 설계된 프로토콜은 저속의 전송 채널을 이용하여 데이터의 실시간 전송과 제어신호 계측정보들의 전송을 모두 처리 하기위한 방안으로 설계 하였으며 AUV의 임무명령, 계측정보, 상태정보 등을 전송할 수 있는 수중 디지털 통신 시스템은 수상의 모선과 수중 시스템들 사이에 peer - to - peer 통신이 가능한 수중 통신망을 위한 접속제어 프로토콜의 타당성을 검증 하였다.

II. 수중 통신망

접속 제어 프로토콜의 설계에 필요한 설계조건의 도출을 위해 수중 통신망에서의 서비스 종류와 다양한 응용에 적합한 통신망의 구조에 관하여 설명하고 초음파의 수중에서의 물리적인 특성으로 인한 접속제어 프로토콜 설계 시 문제점 및 상위계층 서비스를 위한 제약조건에 대하여 논하고자 한다.

해저 탐사 및 수중작업을 위해 수상의 모선과 수중에서 이동이 가능한 다양한 종류의 수중 시스템들이 활용되고 있으며 이들 수중 시스템들의 효율적인 운용을 위해서는 모선과 수중 시스템들 사이에 표 2-1 과 같이 각종 제어 신호 및 상태 정보들(수중화상정보 및 센서들의 계측신소)의 전송에 적합한 통신 서비스가 요구 된다.

모선에서 수중시스템으로 전달되는 정보들은 대부분 수중시스템의 동작을 제어하기 위한 신호들로서 실시간 서비스에 대한 요구는 불필요하지만 반드시 목적하는 수중 시스템에 정확히 전달이 되어야 한다. 이들 신호들은 모선에 의해 간헐적으로 생성되고 트래픽도 다른 종류의 데이터에 비해 아주 적다.

수중시스템에서 모선으로 전달되는 정보들은 수중시스템의 종류에 따라 여러 가지 형태이다. AUV 및 수중 로봇과 같은 수중 작업 시스템에서는 해저의 화상정보 및 센서를 통해 계측되는 각종 정보들을 모선으로 송신을 한다.

이 정보들은 연속적으로 생성되고 실시간으로 모선에 전달되어야 한다. 그러나 일부의 정보들이 실시되더라도 수중 작업에 크게 문제되지 않는다. 화상정보는 수중시스템에서 생성되는 정보 중 가장 일반적이고 수중작업에 있어서 원격제어를 하기 위해 반드시 필요한 정보이다.

수중시스템과 시스템사이 정보교환은 앞으로 본격적인 해저탐사 및 개발에 여러 종류의 수중 시스템들이 동시에 사용될 경우에 필요하게 되며 수중 시스템들 사이의 직접적인 데이터 교환을 위해서는 복잡한 접속제어 프로토콜이 된다.

수중에서 작업을 위해 초기에는 모선과 케이블로 연결된 ROV 시스템을 활용하였으나 ROV 시스템의 수중에서 유연성의 문제로 인하여 AUV시스템의 활용이 적극적으로 추진되어 왔다. 현재 추진되고 있는 수중 작업체계는 주로 모선과 한 대의 수중시스템으로 구성된 작업체계로서 수중에서의 정보 교환을 위해 모선과 수중시스템 사이의 1:1 통신망 구조를 사용하고 있다. 그러나 한 대의 모선과 여러 대의 수중시스템으로 구성된 수중작업 체계를 구성하기 위해서는 수상의 모선과 수중에서 작업 중인 다수의 수중 시스템들 사이에 중앙 집중식 통신망 구조를 사용한다. 또한 수중에서 작업 중인 수중시스템들 사이 정보교환을 위해서는 'fully connected peer - to - peer' 형태의 통신망 구조가 요구된다.

표 1. 수중 통신망의 응용
Table 1. Application of underwater communication network

Application	Data rate	Real time	Error Control
Control signal transmission	<10bps	Not required	Required
Image transmission	10 - 50Kbps	Required	Not required
Sensor Information transmission	1 - 100bps	Required	Not required

1. 모선과 수중 시스템 사이의 1:1 및 1:N 통신망

1:1 통신망은 수상의 모선과 수중에서 작업 중인 한 대의 수중시스템 사이의 양방향 통신을 위한 가장 단순한 형태의 통신망이다. 이 구조의 통신망에서는 모선으로부터의 수중 시스템으로부터의 수중 화상 정보 및 센서들의 계측신호들을 모선으로 전송한다.

모선과 수중시스템들 사이의 양방향 데이터 전송을 위한 접속제어 프로토콜은 다른 형태의 통신망 구조에서의 접속제어 프로토콜에 비해 간단하게 구현될 수 있으나 효율적이고 경제적인 수중 작업을 위한 향후의 수중 작업 체계를 위한 수중 통신망의 구조로서는 적합하지 않다. 1:N 통신망은 수상의 모선과 수중에서 작업 중인 다수의 수중시스템들 사이의 양방향 통신을 위한 통신망 구조이다. 이 통신망에서는 모선으로부터 각 수중시스템을 제어하기 위한 신호를 해당 수중시스템으로 전송하고 수중시스템들로부터의 수중 화상 정보 및 센서들의 계측신호들을 모선으로 전송한다. 이런 통신망에서 반드시 고려할 사항은 모선과 각 수중 시스템들 사이의 통신 채널을 하나로 단일화 시켜야 한다.

2. 모선 및 수중시스템 사이의 'fully connected peer-to-peer' 통신망

수상의 모선과 수중 시스템들 사이에 'peer-to-peer' 통신망은 모선과 각 수중시스템들 사이에 별도의 통신채널을 이용하여 정보를 교환하고, 수중시스템 사이의 정보 교환은 모선을 통하지 않고 직접 수행한다. 수중시스템들 사이의 통신을 위해서, 각 수중시스템들이 모선과의 통신을 위해 사용하고 있는 서로 다른 주파수 대역의 트랜스듀서를 각 수중시스템들이 존재할 경우에 모선과 수

중시스템들 사이에 'fully connected peer-to-peer' 통신을 하기 위해서는 모선 뿐만 아니라 다섯 대의 시스템 모두 서로 다른 주파수를 사용하는 트랜스듀서들을 장착하여야 한다. 즉 여섯 개의 스테이션들 사이에 다섯 개의 서로 다른 주파수 대역의 통신 채널이 존재하고, 이 각각의 채널들은 다섯 개의 수중시스템들이 각각 자신의 수중 화상 정보 및 센서들의 계측 신호들을 모선에 전송하기 위해 주로 사용되며 모선으로부터의 제어 신호와 다른 수중시스템들과의 통신을 위해 발생하는 정보의 교환에 사용된다.

III. 접속제어 프로토콜 설계

수중에서 초음파 전송 채널을 효율적으로 사용하기 위한 접속제어 프로토콜에 대해서는 통신망의 토폴로지와 접속제어 프로토콜에서 사용되는 프레임의 형식을 정의하였으며 다중 초음파 전송 채널을 효율적으로 사용하여 전체 통신 채널의 수율을 높일 수 있도록 설계하였다.

또한 접속제어 프로토콜은 통신망의 토폴로지에 따라 다르게 설계되어야 하므로 접속제어 프로토콜의 설계 시 각종 응용 서비스에 적합한 통신망의 토폴로지를 정의하여야 한다. 앞 절에서 해저 탐사 및 수중 작업을 위한 세 가지 통신망 구조에 관하여 기술하였으며 향후 복잡한 수중 작업 체계에서 다수의 수중 시스템들 사이에 여러 종류의 정보(제어신호, 해저화상 및 계측 정보 전송 등)를 지원하기 위해서는 모선과 수중 시스템들 중 시스템들 사이에 직접적인 통신이 가능한 'fully connected peer-to-peer' 토폴로지의 통신망 구조가 필수적이다.

1. 접속제어 프로토콜의 프레임 형식

접속제어 프로토콜은 표 3-1 ISO OSI 참조 모델의 두 번째 계층인 데이터 링크 계층의 부계층(sublayer)으로서 물리 계층과 상위 논리적 링크 제어(LLC: Logical Link Control) 부계층 사이에서 물리 계층을 통한 프레임의 실질적인 송·수신 기능을 수행한다.

수중 통신망의 구현을 위해서는 응용 계층에서 요구되는 각종 서비스의 종류에 따라 하위 계층인 데이터 링크 계층의 상위 계층에 대한 서비스가 정의되어야 하고 논리적 링크 제어와 접속제어를 위한 두 부계층의 기능이 정의되어야 한다. 따라서 본 절에서는 앞 절에서 기술한

수중 통신망의 응용계층 서비스를 만족시키기 위한 접속 제어 프로토콜의 상위 부계층, 즉 논리적 링크 제어 부계층에 대한 서비스를 정의하였다.

데이터 링크 계층의 부계층인 논리적 링크 제어 부계층에서는 논리적인 채널의 연결과 해제 및 전송오류의 복구를 위한 흐름 제어 등을 수행하고 논리적 링크 제어 부계층의 하위 계층인 접속 제어 프로토콜에서는 논리적 링크 제어 부계층으로부터의 프레임의 물리계층을 통해 목적지 스테이션에 전달하고, 물리계층으로부터 수신된 프레임을 논리적 링크 제어 부계층에 전달하여야 한다. 이때에 공통매체를 여러 스테이션에서 공유하여 사용하기 위한 접속제어 기능과 수신된 프레임의 오류 유무를 판단하기 위한 기능이 있어야 한다. 또한 다중 수중 초음파 채널을 이용하여 프레임을 전달하기 위해서는 송신을 하기 전에 전송 채널을 선택하기 위한 기능이 요구된다.

따라서 제안하는 수중 초음파 통신망에서의 접속 제어 프로토콜의 상위계층, 즉 논리적 링크 제어 부계층에 대한 서비스를 다음과 같이 정의하였다.

- 논리적 링크 제어 부계층으로부터의 프레임을 목적지 스테이션으로 송신
- 프레임 송신 시 다중 초음파 송신 채널을 이용하여 프레임을 송신하고 상위 계층인 논리적 링크 제어 부계층에 전송 채널의 투명성을 보장
- 수신된 프레임을 상위 논리적 링크 제어 부계층으로 전달
- 수신된 프레임의 오류 제어

표 2. ISO OSI 참조 모델
Table 2. ISO OSI Reference Model

Application layer	
Presentation layer	
Session layer	
Transport layer	
Network layer	
Data link layer	Logical link control sublayer
	Media access control sublayer
Physical layer	

접속제어 프로토콜의 기본적인 기능은 상위의 논리적 링크, 제어 부계층으로부터의 프레임을 목적지 까지 전달하는 것이다. 이 과정에서 서로 다른 스테이션들과 공통으로 전송 채널을 사용하기 위한 접속 제어 기능과, 다른

스테이션들과의 충돌 또는 전송 채널에 의해 발생하는 에러의 검출 기능이 필요하다. 이를 위해서는 논리적 링크 제어 부계층에서 생성된 프레임에 에러 검출을 위한 CRC(Cyclic Redundancy Code) 비트 패턴과 프레임의 시작과 종료를 나타내기 위한 구분자를 첨가하여야 한다.

접속 제어 프로토콜의 프레임 형식 설계 시 고려해야 할 사항으로는 프레임의 시작과 종료 구분자는 프레임 내의 정보들과 구분 되어야 하며, 간헐적인 데이터 및 연속적인 실시간 정보의 전달을 위해서는 가변 길이의 프레임이어야 한다. 하드웨어의 구현이 용이 하여야 한다.

이러한 조건들을 만족시키기 위해 설계된 접속 제어 프로토콜의 프레임 형식은 그림 3-1와 같다. 이 프레임 형식은 SLDC(Synchronous Data Link Control) 프로토콜에서 사용되는 프레임 형식과 유사하다. 따라서 SLDC 프로토콜을 지원하는 통신용 IC를 이용해 쉽게 구현할 수 있다. 또한 SLDC 프로토콜이 'bit oriented protocol'이고 정보 필드에는 연속되는 '1'의 다섯 개 후에 반드시 하나의 '0'가 삽입되므로 프레임의 구분자와 정보가 구분될 수 있다.

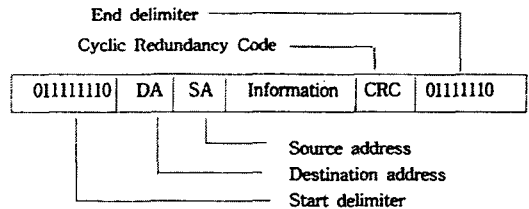


그림 1. 접속 제어 프로토콜의 프레임 형식
Fig 1. Frame format of MAC protocol

2. 다중 수중 초음파 전송 채널에서의 접속 제어

모선과 여러개의 수중시스템들 사이에 초음파를 이용한 'fully connected peer - to - peer' 통신망의 구현에 활용하기 위한 접속제어 프로토콜을 설계하였다. 초음파의 전파 지연 시간과 전송속도로 인한 프로토콜의 제약조건들을 해결하기 위한 방안으로서 초음파의 전파지연 시간에 무관하게 일정 수준의 최대 수율을 보장하고 다중의 초음파 전송 채널을 사용하여 고속의 데이터 전송이 가능한 접속제어 프로토콜에 관하여 설명한다.

단일 수중 초음파 전송 채널 접속제어는 전송을 원하는 스테이션은 다중의 초음파 전송 채널들 중 하나의 채널을 선택한 후 선택된 단일 채널을 이용해 프레임의 전송을 시도한다. 이 때 WLAN에서와 마찬가지로 다른 스

테이션과의 충돌이 발생할 수 있다.

WLAN에서 주로 사용하는 CSMA접속 제어 방식에서는 스테이션들 사이의 충돌을 줄이기 위한 방법으로 1-Persistent CSMA, Nonpersistent CSMA, p-Persistent CSMA 등 여러 가지 방식을 사용하고 있지만 이 방식들은 전파 지연 시간이 작은 경우에 한하여 높은 수율을 제공하고 있으며, 패킷의 크기와 통신망의 최대 거리가 일정한 조건에서 전파 지연 시간이 길어지면 전송 채널의 최대 수율이 급격히 저하되는 단점이 있다. CSMA 방식에서는 채널의 'idle' 여부를 판정하기 위해 전송채널의 상태를 감시하는 과정에서 실제 캐리어가 존재하지 않더라도 전파 지연 시간에 의한 충돌을 방지하기 위해 충분한 시간 여유를 두고 전송을 시도한다. 이 때의 시간적인 여유는 통신망 내의 최대 거리까지의 전파 지연 시간을 고려하여 결정한다. 따라서 전파 지연 시간이 큰 경우 충돌 방지를 위해 소비되는 대기 시간이 커짐으로 최대 수율이 급격히 감소한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로서 전파지연 시간에 무관하게 일정 크기 이상의 최대 수율을 보장 할 수 있도록 접속 제어 프로토콜을 설계하였다. 설계된 접속 제어 프로토콜에서는 CSMA 방식과 달리 전송을 원하는 스테이션은 채널이 'idle' 상태일 때 전파 지연 시간을 고려하지 않고 그림 3-2과 같이 즉시 전송을 시도한다.

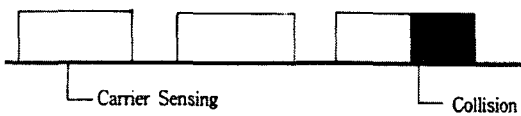


그림 2. 접속 제어 프로토콜의 전송 절차
Fig 2. Transmission procedure in MAC protocol

이 경우 다른 스테이션과의 충돌에 의한 어려움은 높아진다. 그러나 CSMA 방식에서 충돌의 방지를 위해 전파 지연 시간 동안 소비하는 대기 시간을 고려하면 충돌이 발생 하더라도 전체적인 수율의 향상을 기대 할 수 있다.

3. 다중 수중 초음파 전송 채널을 이용한 송수신 절차

수중 통신망에는 다수의 스테이션들이 존재하고 이들 스테이션들이 사용 가능한 다수의 초음파 전송 채널들이 존재한다. 통신망 내의 프레임을 전송 할 수 있어야 한다. 이를 위해 전송을 원하는 스테이션은 우선 상대 스테이션

의 수신 가능한 주파수 대역을 알아야 한다. 즉 스테이션들 사이의 직접적인 'peer - to - peer' 통신을 위해서는 각 스테이션들이 송·수신을 위해 장착하고 있는 트랜스듀서에 관한 정보를 모든 스테이션들이 알고 있어야 한다. 이 정보를 이용해 상대측 스테이션에서 수신이 가능하고 자신이 송신이 가능한 전송 채널을 선택하여 송신을 할 수 있다.

전송 채널의 선택 시 스테이션들이 다수의 트랜스듀서를 장착하고 있기 때문에 선택할 수 있는 전송 채널이 여러 개 존재할 수 있다.

이 경우 여러 전송 채널들의 균형 있는 이용을 위해 별도의 알고리즘이 있어야 한다. 본 논문에서는 간단한 방법으로서 선택 가능한 후보전송 채널들 중 가장 오래 동안 'idle' 상태에 있는 채널을 우선적으로 선택하였다. 이를 위해서 각 스테이션들은 자신이 장착하고 있는 트랜스듀서를 통해 전송 채널의 사용 여부를 계속적으로 감시하고 'idle' 기간 중의 시간을 누적하고 있어야 한다. 본 논문에서 제안하는 접속 제어 프로토콜은 다중 초음파 전송 채널을 사용하여 프레임용 전송 할 수 있고 수신 채널로부터 프레임용 수신한다. 설계된 프로토콜의 전체적인 상태도는 그림 3-3와 같고 프레임 송수신 절차는 다음과 같다.

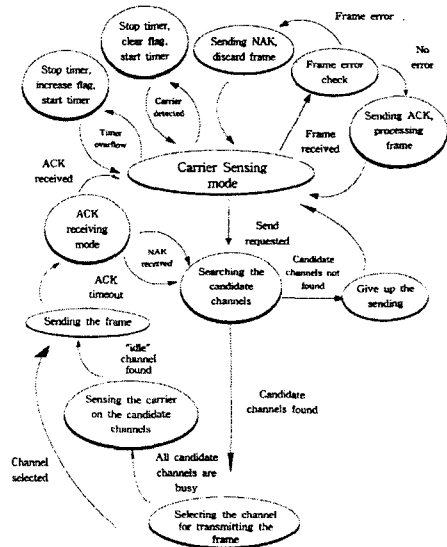


그림 3. 접속 제어 프로토콜의 상태 천이도
Fig 3. The procedure state transition diagram
① 캐리어 감지

모든 스테이션들은 초기 상태에서 항상 캐리어 감지

모드로서 동작하며 프레임 송신을 위한 요구와 프레임의 수신을 대기한다. 또한 다중 전송 채널에서의 접속 제어를 위해 각 전송 채널의 사용 여부를 지속적으로 감지하고 채널별 'idle' 시간을 누적 위해 타이머를 사용하고 타이머의 'overflow' 발생시 별도의 플래그를 증가시킨 후 다시 타이머를 동작시킨다. 각 전송 채널에서 캐리어가 검출되면 해당 채널의 플래그를 '0'으로 세트하고 타이머를 다시 동작 시킨다. 전송 채널에서 캐리어의 검출은 비트 단위로 이루어진다.

② 프레임 송신

캐리어 감지 모드에서 프레임 송신을 위한 요구 발생 시 그림 3-4의 절차에 따라 프레임을 송신한다. 목적지 스테이션에 프레임을 전송하기 위해서는 다수의 초음파 전송 채널 중 실제 전송에 사용하기 위한 하나의 전송 채널을 선택하여야 한다. 이를 위한 첫 단계로서 목적지 스테이션에서 수신이 가능하고 자신의 스테이션이 송신 가능한 후보 채널 등을 검색한다. 이 후보 채널 검색 과정은 각 스테이션 별로 장착하고 있는 송·수신 트랜스듀서에 관한 정보로부터 목적지 스테이션과 교신이 가능한 채널들을 검색한다.

후보 채널 검색 과정에서 만일 교신 가능한 송신 채널의 검색에 실패하면 두 스테이션 사이에는 직접적인 'peer-to-peer' 통신을 할 수 없으므로 송신을 포기하고 캐리어 감지 모드 상태가 된다. 대부분의 경우에는 다수의 교신 가능한 후보 채널들이 검색된다. 후보채널들의 검색 후 실제 프레임의 전송에 사용하기 위한 채널을 선택하기 위해서 각 후보 채널별로 누적된 'idle' 시간을 비교한다. 그 중에서 가장 큰 값의 'idle' 시간을 갖는 채널을 송신 채널로 선택하여 프레임을 송신 한 후 ACK 수신 모드 상태가 된다.

만일 이 과정에서 후보 채널들 중 'idle' 상태인 채널이 존재하지 않으면 각 후보 채널들의 캐리어를 감지하여 'idle' 상태의 채널 발견 후 프레임을 송신하고 ACK 수신 모드 상태가 된다.

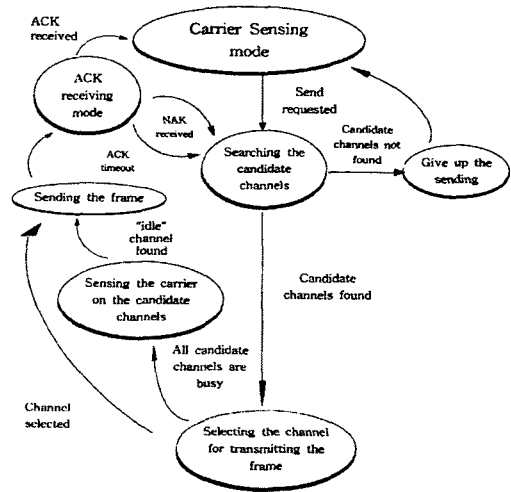


그림 4. 프레임 송신 상태 전이도
Fig 4. The sensing state transition diagram

③ 프레임 수신

캐리어 감지 모드에서, 프레임이 수신되면 수신된 프레임의 오류 유,무 판정 결과에 따라 오류가 없으면 프레임을 송신한 상태 즉 스테이션에 ACK 신호를 송신하고 수신된 프레임을 처리한 후 캐리어 감지 모드로 되돌아간다. 만일 수신된 프레임에 오류가 있으면 상대측 스테이션에 NAK(Negative Acknowledgement)신호를 송신하고 수신된 프레임을 버린 후 캐리어 감지 모드로 되돌아간다. 프레임 수신을 위한 상태 천이도는 그림 3-5과 같다.

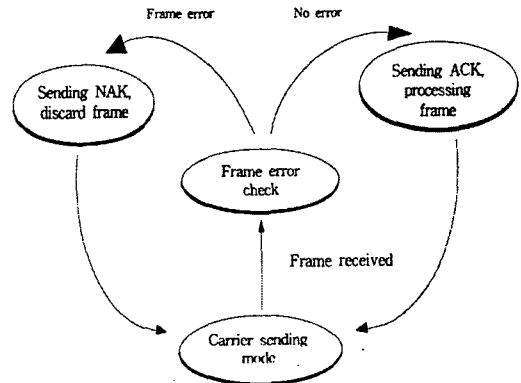


그림 5. 프레임 수신 상태 전이도
Fig 5. The receiving state transition diagram

④ 오류 제어

접속제어 프로토콜에서는 오류 제어를 위해 그림 3-6과 같이 stop-and-wait ARQ(Automatic repeat request) 방식을 사용하였다. 스테이션 A에서 스테이션 B로 프레임의 송신 시 오류가 없으면 그림 3-6 a와 같이 프레임의 송·수신과 그에 대한 응답인 ACK의 송·수신이 이루어진다. 그림 3-6 b는 프레임은 수신되었지만 수신된 프레임의 데이터에 오류가 발생한 경우로 NAK 응답과 프레임의 재송신이 이루어진다. 그림 3-6 c는 프레임이 송신 도중 유실된 경우이고 그리고 그림 3-6 d는 프레임은 수신되었지만 그 응답이 유실된 경우로서 두가지 경우 모두 'timeout'에 의해 프레임의 재송신이 이루어진다.

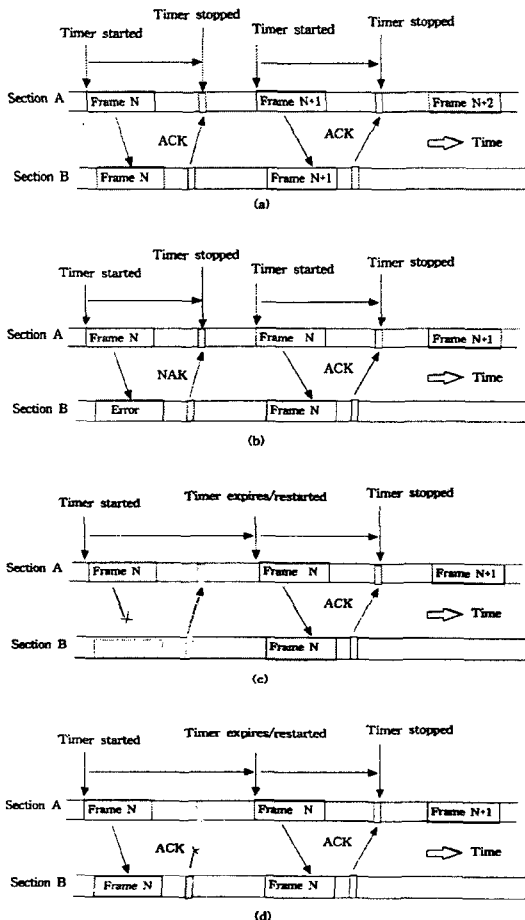


그림 6. 접속 제어 프로토콜의 오류 제어
Fig 6. Error control in the MAC protocol

IV. 결 론

본 논문에서는 수중 데이터 접속제어의 프로토콜을 근거리 통신망에서 사용되어온 CSMA 방식이 전파지연 시간과 패킷 전송 시간에 무관하게 최대 수율을 갖도록 전송패킷이 다른 패킷과 충돌없이 전송시키기 위한 조건을 구함으로서 데이터 수율은 전파지연 시간에 독립적임을 나타내는 프로토콜을 설계하였으며 제안된 접속된 프로토콜이 트래픽 부하에 따라 수율이 결정하고 초음파의 지연 시간에 따른 수율 저하가 발생되지 않음을 확인하였고, 캐리어 전송절차는 전송캐리어 감지모드에서 프레임을 수신하고 채널에서의 제안된 접속 프로토콜에 의해서 데이터 에러가 없을 확인한 후 데이터를 송신하며 수신단에서 전송데이터는 ACK 신호를 수신함으로써 데이터 송신을 종료하는 과정으로 이루어졌으며, 본 논문에서 연구한 접속제어 프로토콜은 1:1 통신망에 모두 적용할 수 있었고 중앙집중식 통신망 'peer-to-peer' 통신망에 적용할 수 있으며, 중앙 집중식 통신망 구조에서는 모선과 각 수중 시스템들 사이에 단일 채널로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 다중 전송 채널을 사용하여 데이터 전송이 가능하므로 향후 여러 형태의 수중 작업 체계에서 수중통신망을 구성하기 위한 프로토콜로 활용 할 수 있을 것으로 기대되며 다중경로의 물리적인 환경 변화에 가능한 프로토콜을 위한 연구를 필요로 한다.

참고문헌

- [1] J. A. Catipovic, D. Brady, S. Etchememdy, "Development of Underwater Acoustic Modems and Networks", IEEE Journal of Oceanographic Engineering, Vol. 6, no 3, pp. 112~119, 1993
- [2] J. A. Catipovic, "Performance Limitation in Underwater Acoustic Telemetry", IEEE Oceanic Eng., Vol. 15, No. 3, pp. 205~216, Jul. 1990
- [3] Coates, R., "Underwater Acoustic Communication", Proc. of Oceans '93, pp. 420~425, Oct. 1993
- [4] A. Zielinski, Y. H. Yoon and L. Wu, "Performance Analysis of Digital Acoustic Communication in a Shallow Water Channel", IEEE Oceanic Eng., Vol. 20, No. 4, pp. 293~299, Oct. 1995

- [5] D. F. Yarget, "The user guide for the RAY-MODE propagation loss program", NUSC Technical memorandum. 222-10-76. Aug. 1976

저자소개

김 천 석(Chun-Suk Kim)



1980년 광운대학교 전자공학과 졸업
(공학사)

1982년 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 경남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1980년~현재 여수대학교 전자통신공학과 교수

※ 관심분야: 디지털 신호처리, 무선통신, 정보이론, ATM 망, 인터넷 통신, 컴퓨터 네트워크 등