지식기반 시스템을 활용한 수중음파통신 Smart Decision Block 매커니즘

신수영^{*}, 박수현^{**}

Knowledge Based Underwater Acoustic Communication Smart Decision Block Mechanism

Soo-Young Shin^{*}, Soo-Hyun Park^{**}

ABSTRACT

Recently, research on Media Access Control (MAC) techniques for underwater acoustic communication has been conducted actively. For successful acoustic communication in underwater conditions, development of environmentally adaptive MAC techniques, which is taking narrow bandwidth, distance, depth, noise level, salinity, multipath and etc into account, is an especially important work. In this paper, knowledge based system is introduced not only to obtain adaptive and optimal communication parameters but also increase network efficiency and availability by requesting change of MAC techniques based on decisions from knowledge-based system Smart Decision Block (SDB). Computer simulations were also conducted to verify the performance of the proposed system in underwater conditions.

Key words: Knowledge Base, Underwater Acoustic Communication, SDB, Data-link layer, MAC

1. 서 론

수중음파통신의 필요가 증가되면서 지상 무선 센서네트워크와 다른 수중 환경에 맞는 음파 통신의 활용성이 점점 커지고 있다. 지상과 통신의 무선 주파수 대역에 비해 음파 주파수 대역에서는 낮은 전파손실과 파형의 직진성으로 인한 긴 전송거리를 확보할 수 있다. 그러나 1500m/s의 낮은 전송속도는 지상과 비교해 5배 가량 차이로 큰 전송지연 시간이 소요되고 저주파수대역의 특성인 수 킬로헤르츠 협대역으로 인한 전송능력의 한계와 같은 특성으로 인해

데이터링크, 물리계층의 새로운 전송 모델의 디자인과 개발과 발전이 계속적으로 요구되고 있는 분야이다[1].

수중 센서 네트워크에서의 데이터링크 계층에서는 해양 환경에 맞는 채널접속제어와 다중접속제어를 연구해야 되며 수중의 극히 제한된 대역폭과 심각한 전송지연을 처리할 수 있는 효율적인 기법을 구상해야 한다. 지상의 센서 네트워크와 비슷한 듯이 보이나 그 정도의 차이가 심하기 때문에 장비 효율성에 미치는 영향이 크게 달라진다. 이를 위해 간단하고 수중 상황에 적응적인 매체 접속 매커니즘이 제안되

※ Corresponding Author: Soo Hyun Park, Address: (136-702) School of Management and Information, Kookmin University, 77 Jeongneung-Dong, Seongbuk-Gu, Seoul, Korea, TEL : +82-2-910-4559, FAX : +82-2-910-4519, E-mail : shpark21@kookmin.ac.kr

Receipt date: Feb. 17, 2014, Revision date: Mar. 28, 2014
Approval date: Apr. 23, 2014

^{*} Division of Business and Information Technology, Kookmin University
(E-mail : sy-shin@kookmin.ac.kr)

^{**} Division of Business and Information Technology, Kookmin University

※ This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2013R1A1A2012461).

어 왔다. Aloha를 기반으로 수중에 적용할 수 있는 방법 [1], Code Division Multiple Access (CDMA) 방식으로 동시에 여러 개의 노드 통신 가능하며 지연 시간에 크게 영향을 받지 않는 방법이면서도 복잡한 구현과 원천기술 사용에 대한 정책적인 조율을 고려한 분산 CDMA [2], 주파수를 분할하여 슬롯으로 나누어 적용한 Slotted Floor Acquisition Multiple Access (FAMA) [3], 채널을 나누어 톤의 차이를 사용하여 구성된 T-Lohi 기법 [4], 에너지 효율성을 고려한 접속제어기법 [5], 클러스터기반 Time Division Multiple Access (TDMA)는 여러 개의 클러스터로 나누어 단위 클러스터 내부에서만 TDMA를 사용하여 TDMA의 단점을 최소화 시키는 방법이므로 좋은 접근 방법이다. 또한 클러스터기반 TDMA의 개념을 기반으로 수중의 다양한 환경특성을 고려하여 그 변화에 적용할 수 있는 기법인 Smart Block MAC (SBMAC)을 제안하였으며[6,7] 이는 본 논문의 관련연구 부분에서 자세히 설명할 예정이다.

본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 SBMAC이 가지고 있는 적응적 기법에서 한발 더 나아가 지식기반시스템을 지능형 데이터링크 계층 시스템에 추가 적용하여 현재 채널의 상태나 트래픽의 유형, 각종 보안, 공격, 잡음, 재해정보에 따라 네트워크의 접속 제어방식을 변경시키고 네트워크를 재구성 할 수 있는 지식기반 수중음파통신 시스템을 구성하였다. 다양하고 변동이 심한 수중의 환경에 적응적으로 동작할 뿐만 아니라 현재의 매체제어접속 기법을 적응적으로 변화시킬 수 있는 데이터링크 계층 기법으로 환경변수를 받아들여 일정한 기준에 의해 전송과 재전송의 정책을 결정하여 최적의 전송환경을 지속적으로 보장 받을 수 있도록 한 것이 가장 큰 장점이라고 할 수 있다.

본 논문의 2장에서 그 근간이 되는 기법을 SBMAC에 대해 설명하고 3장에서는 추가된 개념과 새롭게

제안한 기법의 개념을 상세화하며 4장에서는 수학적 모델과 함께 기존 기법과의 비교분석과 시뮬레이션 수행 결과를 기술하고 5장에서 결론을 맺는다.

2. SBMAC

SBMAC을 이해하는 것은 본 논문의 목적과 결과를 이해하는 척도가 될 것이다[6]. SBMAC이 선택한 전송 방식은 클러스터기반 TDMA 방식이다. 비교적 전송 거리가 길지 않은 네트워크에 적용 가능한 방법으로 본 연구에서는 TDMA 방식을 다중접속의 기본으로 결정하였으며 타임슬롯 할당 기법은 예약 기법을 사용하는데 네트워크의 코디네이터에 의해 할당 및 운영이 주도적으로 진행되며 시간과 대역폭에 대한 효율적 사용이 가능해진다.

그림 1을 보면 SBMAC의 주요기능을 수행하는 Smart Calculations Block (SCB)이 존재하며 이 SCB에서는 다양하게 입력받은 거리, 주파수, 채널상태, 노드의 수, 네트워크의 부하 등의 환경변수를 처리하여 전송에 필요한 전송정책, 요소 값을 결과로 산출하게 된다. 이러한 전송을 위한 지표 값들은 주기적인 네트워크 재구성의 요청이 있을 때마다 재산출되어 변화되는 네트워크 환경에 적응적으로 변화할 수 있는 기법이다.

SCB(Smart Calculation Block)을 상세화한 그림 2를 살펴보면 SCB를 거치면서 다양한 해양의 입력 변수들은 각종 전송 및 오류복구 정책, TDMA와 Congestion Control, Scheduling과 관련된 중요 데이터들을 계산해 낸다. 단위 네트워크 내 노드의 수, 채널의 에러율 및 수중의 깊이, 온도, 염도 등이 적용된 전송 지연시간이 측정되어 입력되고 데이터링크 계층에서 변수를 모아 저장하고 있는 DB인 MIB의 정보가 필요에 의해 호출된다. 그러면 SCB에서는 그 데이터들을 참조한 프로세스가 동작하게 되는데 네

Fig. 1. SCB Concept.

Fig. 2. SCB Diagram.

트위크의 혼잡도를 측정하여 샘플링하는 Network congestion estimation process와 전송 에러율을 통해 채널의 품질을 측정하는 Quality of Channel estimation process, 네트워크의 규모를 측정하여 Distance Grouping을 하고 TDMA interval과 Gain time 기준 값, Guard time 기준 값을 산정하는 Scale of Network estimation process등이 수행된다. 최종적으로 전송과 오류 복구 정책을 결정하기 위해 Smart Calculation process를 수행한다. 계산을 통해 Ack mode, Transmission mode, TDMA interval, Gain time information, Guard time information, Beacon interval, Distance list, NAV flag 정보가 결과 값으로 산출된다. 즉, 네트워크의 전송 환경에 따라 Ack, Transmission 정책과 각종 TDMA와 Beacon 간격 및 전송 시 발생하는 잉여시간 계산 값과 여러 전송 지표를 얻게 된다.

3. 제안된 SDB 기법

본 논문에서 새롭게 제안한 방식은 기존의 기법인 SCB의 결과 값들과 네트워크타입, MIB의 값들을 지식기반의 추론엔진을 사용하여 보다 적합한 네트워크타입, 수정된 결과 값을 산출한다는 것이다. 이때 네트워크 구성포맷이 변경될 경우 상위계층인 네트

워크계층에 결정된 사항들이 반영되도록 메시지 교환에 의한 재구성이 가능하게 된다. 또한 설정 값들이 유효하다는 판단을 하게 되면 굳이 네트워크 재구성을 위한 절차를 거치지 않고 곧바로 전송절차를 수행하므로 제어를 위한 네트워크 자원의 낭비를 막을 수 있는 장점을 가지고 있다.

3.1 SDB - 의사결정블록

의사 결정에 영향을 미치는 것은 입력 데이터와 그것을 처리하기 위한 지식, 정책, 추론의 과정을 담고 있는 SDB이다. 그림 3의 예와 같이 SDB 내부에서 처리할 수 있는 영역의 다양한 접근과 처리는 얼마든지 가능해 질수 있다. 수중음파통신시스템의 기능적 지원만 가능하다면 네트워크 타입 선택뿐만 아니라 보안 선택, 단-중-장거리통신 선택, 실시간통신 선택 등 수중음파통신의 지능화가 가능해 질 것이다. 그러나 실제적인 의미의 지능화는 데이터링크 계층의 도움 없이는 불가능하다. 이러한 의사결정 시스템이 필요한 이유는 물이라는 매체와 다양한 환경변수의 변화를 민감하게 파악하고 조정하는 데이터링크 계층에서 지능적인 지식기반 추론엔진의 활용으로 이러한 물리적 변화를 감지하지 못하고 적응적으로 반응할 수 없는 상위계층의 네트워크 구성 및 변화가 가능하도록 하는데 그 목적이 있다.

Fig. 3. SDB Diagram.

3.2 네트워크 타입 결정 알고리즘

다음은 네트워크 구성시 선택을 위한 절차의 예를 설명한 것이다. 여기서 FFD는 기능을 모두 갖추고 라우터로서 역할을 수행할 수 있는 노드이고 RFD는 라우터로 기능할 수 없는 노드를 뜻한다.

1) 구성된 네트워크 내에 노드가 RFD 인가? 그렇다면 네트워크는 반드시 클러스터 기반 단위 네트워크(Infra-structured Network)를 구성하여야 한다. 그렇지 않다면 2)를 수행한다.

2) 구성된 네트워크 내에 노드가 이동성을 갖는가? 그렇다면 네트워크는 반드시 애드혹 네트워크(Ad-hoc Network)로 구성하여야 한다. 그렇지 않다면 3)을 수행한다.

3) 구성된 네트워크 내에 수상의 배, 혹은 수중의 AUV 등 움직이는 게이트웨이가 존재하는가? 그렇다면 네트워크는 반드시 애드혹 네트워크로 구성하여야 한다. 그렇지 않다면 클러스터 기반 단위 네트워크로 구성한다.

4) 네트워크 재구성 시점이 도래했을 때 변경된 정보가 없다면 다음 네트워크재구성 절차를 생략하고 데이터전송을 위한 절차를 수행하면 된다. 만약 수정된 부분이 있다면 다시 1)부터 차례로 수행한다.

지식기반 추론엔진은 단위 네트워크의 정보를 담고 있는 DB로부터 RFD/FFD 정보를 받아 1)을 수행하고 데이터를 주고받을 때 변화하는 전송시간으로부터 노드의 이동성을 파악하여 2)와 3)을 수행하게 된다. 그림 4는 네트워크 타입 선택 의사결정 절차를 플로우차트로 나타낸 것이다.

Fig. 4. Make-decision Algorithm of Network type.

3.3 SDB 수행절차

아래 그림 5는 SDB의 수행절차를 도식화 한 것이다. 먼저 네트워크 구성 시 초기화를 수행하는 방식으로 네트워크의 구성은 이루어진다. 그러나 네트워

Fig. 5. SDB Procedure.

크의 전송주기가 한차례 수행되면서 각 노드 간 정보 수집이 이루어지게 되며 채널의 품질, 각 노드간의 거리, 노드의 개수, 이동성, 노드의 기능(BEACON이나 제어메시지의 전송 유무나 기기정보를 프레임에서 추출하여 FFD와 RFD를 구분할 수 있음)과 같은 주요한 정보들을 수집하게 된다. 그리고 다시 네트워크 재구성시점이 도래할 때 지식기반추론엔진이 먼저 SCB를 통해 전송변수들을 도출하고 도출된 변수와 입력 변수로부터 받은 정보를 기반으로 SDB 절차를 수행하면 네트워크의 구성을 위한 의사결정이 이루어지게 된다. 물론 이 정보는 데이터링크 계층의 역할에 곧바로 적용될 수 있으며 상위 네트워크 계층으로 전송되어 네트워크 전체의 구성 및 전략, 정책을 수정할 수 있도록 상위영역에 정보 전달의 역할을 수행할 수 있다. 물론 이를 위해 새로운 전송 프레임의 구성이 요구된다.

4. 성능분석

현재 해양환경에 대한 이론적 배경을 기초로 다양한 변수와 요인에 대한 분석과 비교가 이루어지고 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 기법의 효율성과 신뢰도 높은 전송전략에 대한 검증은 위해 2007년 Min Kyoung Park 에 의해 발표된 UWSN-MAC 기법과의 패킷 간 전송 충돌 확률을 비교 분석하였다 [5,9]. 이 비교를 위해서 Propagation delay의 값은 0으로 가정되었는데 이는 다른 요인이 배제된 알고

리즘에서 발생하는 순수한 패킷의 충돌확률을 얻고자 함이다. 다음 표는 수학적 모델을 위한 값들의 정의를 보여준다.

$$Pc = 1 - Pnc = 1 - \left[\left(1 - \frac{2\tau}{T} \right)^{N-1} \right] \quad (1)$$

$$W = N \left(1 - \left[\left(1 - \frac{2\tau}{T} \right)^{N-1} \right] \right) E \quad (2)$$

$$Sum(W) = N \left(1 - \left[\left(1 - \frac{2\tau}{T} \right)^{N-1} \right] \right) E \cdot life\_time \quad (3)$$

수식 (1)은 UWSN-MAC 기법에서 충돌이 발생할 확률을 구한 것이고 수식 (2)는 충돌 때문에 발생하는 에너지의 낭비를 의미 한다. 비교의 대상인 논문에서는 네트워크의 구성과 상관없이 매우 낮은 듀티 사이클을 전제로 전송 시 충돌확률을 계산한 모델이다. 그러나 본 논문에서는 충돌의 확률이 매우 낮은 중앙 통제 방식과 함께 충돌의 확률은 있지만 Ad hoc 방식인 경우도 적용할 수 있는 모델을 제안하였기 때문에 적절한 비교를 위해 네트워크 구성을 위한 로드를 수식에 포함시키되 그것을 모델로 정립하기 원한다. 단, 네트워크의 초기구성 시에는 데이터의 전송 간격을 굳이 유지하여 전송할 필요가 없고 네트워크의 크기, 즉 전송 거리에 따라 필요한 전송시간을 확보하는 것이 필요하다. 이미 이 모델에서는 단위 전송거리를 가정하고 전송 지연시간의 영향력을 배제하였으며 네트워크 내의 노드 수에 비례하여 네트워크 구성 시 발생할 충돌확률과 에너지 낭비량을

Table 1. Definitions

Notation	Definition
$[0, T)$	Each node generates its Transmission start time uniformly in the interval $[0, T)$ in an independent identically distributed
τ	Data transmit duration (200 ms)
P_c, P_c'	The probability that a node's transmission collides with at least another node's transmission over 1 cycle
P_{rc}	The probability that a network config_info changed
P_{nc}, P_{nc}'	The probability that a node's transmission dose not collides over 1 cycle
N	Number of nodes in this network
τ / T	Duty cycle for data transmission
τ_c / T_c	Duty cycle for network configuration
E	Value of the energy for each transmission
NE	Total value of the transmit energy used for all nodes
W	Energy wasted due to collisions and Configuration
$Sum(W)$	Summing function of energy consumption by collisions during lifetime of the network
$life\_time$	Lifetime of the network - the number of transmittable region
$config\_time$	The number of reconfiguration region during lifetime of the network

다음과 같이 계산하였다. P_c', P_{nc}' 는 제안한 기법의 충돌확률과 충돌이 일어나지 않을 확률을 의미하고 T_c 는 네트워크 구성을 위한 시작 시간, τ_c 는 네트워크 구성시 전송 시간을 의미하며 이는 향후 완전한 네트워크 구성 모델에서는 전송거리에 비례해서 책정하게 될 것이다.

본 논문에서 T 와 T_c 의 시작간격을 비율로 나타낸 $[0, T) / [0, T_c)$ 는 $[0, T) / [0, T_c) \leq 1$ 이다. $[0, T) / [0, T_c) = 1$ 인 경우 매번 통신을 시도할 때마다 채널의 점유와 동기화를 수행하는 경우를 의미한다. $[0, T) / [0, T_c) < 1$ 인 경우는 한번 동기화와 초기화에 여러 차례 통신 주기의 스케줄을 정의하여 수행하는 경우로 제안한 기법의 경우에 해당된다. 이 비율에 따라 $life\_time$ 으로부터 비례하는 횟수 $config\_time$ 을 다음식과 같이 얻어 낼 수 있다. 아래 식에서 $int()$ 는 정수화 함수이다. 수식 (5)의 경우 네트워크 재구성 확률에 따라 $config\_time'$ 의 산출되는 식으로 $config\_time \geq config\_time'$ 의 조건을 만족한다. 바로 이 값의 변화에 따라 SBMAC과 SDB 기법의 에너지 소모율이 다르게 나타나게 되는 것이다.

$$config\_time = int(life\_time / ([0, T_c) / [0, T))) \quad (4)$$

$$config\_time' = int(life\_time / ([0, T_c) / [0, T) * P_{rc})) \quad (5)$$

$$P_c' = 1 - P_{nc}' = 1 - \left[\left(1 - \frac{2\tau_c}{T_c} \right)^{N-1} \right] \quad (6)$$

제안한 기법의 경우 기존 기법의 $\left[\left(1 - \frac{2\tau}{T} \right)^{N-1} \right]$ 즉, 노드들의 일반적인 데이터 전송 시 발생할 데이터 충돌의 확률의 계산법과 달리 데이터 전송 중 충돌의 확률은 0으로 계산된다. 이유는 이미 네트워크의 구성을 통해 데이터 전송을 위한 각각의 전송기회를 확보했기 때문이다. 물론 추후에 좀 더 신뢰성 있는 모델을 수립하기 위해서 새로운 노드의 진입과 기존 노드의 탈퇴 등을 고려할 수도 있겠다. 아래 수식은 새로운 기법에서의 에너지 낭비량을 계산한 것이다. 본 수식에서 $config\_time \leq config\_time' < life\_time$ 이고 W' 는 제안한 기법에서 단위 전송시간에 소진되는 에너지의 양이다.

$$Sum(W') = N \left(1 - \left[\left(1 - \frac{2\tau_c}{T_c} \right)^{N-1} \right] \right) E \cdot config\_time \quad (7)$$

다음은 주어진 수학적 모델을 이용하여 수학적 수치 분석 결과를 기존의 기법인 [8]의 방법과 비교하여 산출한 것이다.

그림 6은 듀티사이클 τ/T , τ_c/T_c 에 따른 한 센서 노드가 통신을 시도할 때 전송 패킷이 충돌하여 낭비

Fig. 6. Energy Consumption Rate.

Fig. 7. Total Energy Consumption due to Collision.

되는 에너지 값을 각각 τ_c 값이 0.3일 경우 비교하였다. 수식의 $(1 - \left[(1 - \frac{2\tau}{T})^{N-1} \right])E$ 에 해당하는 값이다. 시스템작동을 위해 소모하는 전력은 고려하지 않았고 전송을 위해 소모되는 전력만을 계산에 포함하였다. 에너지 효율성은 제안한 SDB 기법과 SBMAC의 경우 동일하게 좋은 결과를 보였다. SDB의 경우 가장 낮은 에너지 소모율을 보였으며 노드수와 상관없이 효율적인 것으로 검증되었다. 표 2는 노드의 수가 급속도로 증가할 때 에너지 소모율을 나타낸 것이다.

그림 7은 한 개가 아닌 모든 센서노드를 고려한 Total의 경우를 산출한 경우이며

$W = N(1 - \left[(1 - \frac{2\tau}{T})^{N-1} \right])E$ 값을 의미한다. 1회전송시

소비되는 에너지량 E는 70 nJ로 가정하였다. 역시 노드의 수와 상관없이 충돌 확률을 고려한 경우에도 가장 효율적인 방법으로 SDB가 적은 에너지 소모량을 보였으며 이는 네트워크 디바이스의 전체 성능을 좌우하는 큰 변수인 에너지 효율성에서 제안된 기법이 가장 우수한 것으로 나타났다. 표 3는 노드의 수가 급속도로 증가할 때 충돌했을 때를 포함한 전체 에너지 소모율을 나타낸 것이다.

그림 8과 표 4는 센서노드 수에 따른 변화를 결과로 보여주는 것으로 세가지 기법의 경우를 분리하여 센서노드수 N이 9일 경우 듀티사이클에 따른 에너지 낭비 값을 비교하였다. 0~1 범위안의 듀티사이클 값에 따라 모든 경우 SDB의 에너지 소모율이 가장

Table 2. Energy Consumption Rate (# of node) : $\tau=0.20$ [sec], $\tau_c=0.30$ [sec]

#node	UW-ASN	SB-MAC	SDB	#node	UW-ASN	SB-MAC	SDB
10	3.54E-02	2.37E-02	2.16E-02	60	2.11E-01	1.46E-01	1.33E-01
20	7.33E-02	4.95E-02	4.51E-02	70	2.42E-01	1.68E-01	1.54E-01
30	1.10E-01	7.45E-02	6.80E-02	80	2.71E-01	1.90E-01	1.74E-01
40	1.45E-01	9.89E-02	9.03E-02	90	3.00E-01	2.12E-01	1.94E-01
50	1.78E-01	1.23E-01	1.12E-01	100	3.28E-01	2.32E-01	2.14E-01

Table 3. Total Energy Consumption due to Collision(# of node) : $\tau=0.20$ [sec], $\tau_c=0.30$ [sec]

#node	UW-ASN	SB-MAC	SDB	#node	UW-ASN	SB-MAC	SDB
10	2.48E-08	1.66E-08	1.47E-08	60	8.84E-07	6.12E-07	5.45E-07
20	1.03E-07	6.93E-08	6.13E-08	70	1.18E-06	8.25E-07	7.35E-07
30	2.30E-07	1.56E-07	1.39E-07	80	1.52E-06	1.07E-06	9.51E-07
40	4.05E-07	2.77E-07	2.46E-07	90	1.89E-06	1.33E-06	1.19E-06
50	6.24E-07	4.29E-07	3.82E-07	100	2.29E-06	1.63E-06	1.46E-06

Table 4. Energy Consumption Rate due to Duty cycle : $\tau=0.20$ [sec], $\tau_c=0.30$ [sec]

Duty c	UW-ASN	SB-MAC	SDB	Duty c	UW-ASN	SB-MAC	SDB
0.001	1.59E-02	1.06E-02	9.96E-03	0.128	9.06E-01	7.76E-01	7.52E-01
0.002	3.16E-02	2.11E-02	1.98E-02	0.256	9.97E-01	9.65E-01	9.54E-01
0.004	6.22E-02	4.19E-02	3.93E-02	0.512	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
0.008	1.21E-01	8.22E-02	7.73E-02	0.650	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
0.016	2.29E-01	1.58E-01	1.49E-01	0.800	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
0.032	4.11E-01	2.94E-01	2.79E-01	0.900	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
0.064	6.66E-01	5.10E-01	4.87E-01				

Fig. 8. Energy Consumption Rate due to Duty cycle.

적은 것으로 나타났으며 그래프의 오른쪽으로 갈수록 (듀티사이클이 0.5 이상일 때) 소모율 격차가 좁아지는 것을 볼 수 있다.

수치분석 결과 새로 SBMAC의 경우 UW-ASN과 비교하여 τ_c 값이 작아질수록 큰 격차를 두고 에너지 효율을 높일 수 있는 것으로 모든 경우 드러났으며 제안한 SDB의 경우 네트워크 재구성을 매번 수행하지 않고 필요할 때만 네트워크 정보를 업데이트, 적용하므로 더욱 효율성이 증대되어 에너지 효율이 높아지는 것으로 확인되었다.

5. 결 론

수중음파통신을 위해서는 다양하고 변화가 많은 전송환경을 고려해야 한다. 최근 한정된 자원과 높은 에너지, 긴 전송 지연시간을 해결하기 위한 연구들이 계속되고 있으나 향후 매체 접속제어, 다중접속제어, 에러처리 등 데이터링크 계층에서의 지속적인 연구 개발이 요구되고 있다.

본 논문에서는 네트워크의 환경에 따라 클러스터 기반의 TDMA를 사용하여 전송 횟수를 획기적으로 줄이되 반드시 애드혹 네트워크를 구성해야 할 때는 환경에 적응적으로 대처하여 전송과 재전송 정책을 변경하여 전송할 수 있는 SBMAC 기반의 SDM 기법을 제안하였다. 기존의 기법과의 수학적 모델링을 통한 수치분석 결과와 시뮬레이션을 이용한 성능분석 결과 네트워크의 부하 량에 따라 가장 좋은 성능을 보였으며 특히 네트워크 환경이 큰 폭으로 변화하거나 노드의 숫자가 증가할 때, 듀티사이클이 높아져서 충돌의 확률이 증가할 때 더욱 적합한 것으로 나타났다.

향후 실제 측정된 해양, 심층수 및 강과 하천을 대상으로 한 데이터를 모델링하여 시뮬레이션과 성능분석을 수행할 계획이다.

REFERENCE

- [1] N. Chirdchoo, W.-S. Soh and K. C. Chua, "Aloha-based MAC Protocols with Collision Avoidance for Underwater Acoustic Networks," *Proceeding on 26th IEEE INFOCOM '07*, pp. 2271-2275, 2007.
- [2] H. X. Tan, and K G. W. Seah, "Distributed CDMA-based MAC Protocol for Underwater Sensor Networks," *Proceeding of 32nd IEEE Conference on Local Computer Networks*, pp. 26-36, 2007.
- [3] M. Molins and M. Stojanovic, "Slotted FAMA: a MAC Protocol for Underwater Acoustic Networks," *Proceeding of the MTS/IEEE Conference and Exhibition for Ocean*

- Engineering, Science and Technology*, pp. 16-19, 2006.
- [4] A.A. Syed, W. Ye, and J. Heidemann, "T-Lohi: A New Class of MAC Protocols for Underwater Acoustic Sensor Networks," *Technical Report ISI-TR-638*, USC/Information Sciences Institute, 2007.
- [5] M. K. Park and V. Rodoplu, "UWAN- MAC: An Energy-Efficient MAC Protocol for Underwater Acoustic Wireless Sensor Networks," *Oceanic Engineering*, Vol. 32, Issue 3, pp. 710-720, 2007.
- [6] S.Y. Shin, J.I. Namgung and S.H. Park, "SBMAC: Smart Blocking MAC Mechanism for Variable UW-ASN (UnderWater Acoustic Sensor Network) Environment," *Sensors*, Vol. 10, No. 1, pp. 501-525, 2010.
- [7] S.Y. Shin and S.H. Park, "Cost Effective Block Framing Scheme for Underwater Communication," *Sensors*, Vol. 11, No. 1, pp. 11717-11735, 2011.
- [8] A. Syed, Y. Wei, J. Heidemann, "Comparison and Evaluation of the T-Lohi MAC for Underwater Acoustic Sensor Networks," *Selected Areas in Communications*, Vol. 26, Issue 9, pp. 1731-1743, 2008.
- [9] H. J. Cho, J. I. NamGung, N. Y. Yun, S. H. Park and Y. S. Ryuh, "PR-MAC Protocol based on Priority in Underwater Acoustic Sensor Networks," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 14, No. 2, pp. 258-268, 2011.

신 수 영

received her M.S. degree in Information and Communication from Duksung Women's University in 2003 and Ph.D. degree in Department of Information System from Kookmin University, Seoul, Korea, in 2007.

Now, she is a research professor in Department of Information System, Kookmin University, Seoul, Korea. Her research interests include Underwater Sensor Network and Wireless MAC Protocol.

박 수 현

received his B.S., M.S. and Ph.D. degrees in computer science & engineering from Korea University, Seoul, Korea, in 1988, 1990 and 1998, respectively. He worked as a senior research engineer of the Central R&D

Complex, LG Information & Communications, Ltd from 1990 to 1999 in Anyang, Korea. Now, He is a professor in Department of Information System, Kookmin University, Seoul, Korea. His current research interests include Delay Tolerant Network, security, sensor big data processing for IoT/underwater IoT and workflow in M2M.