

논문 2017-54-2-8

# 결합패킷 활용기반 수중네트워크 전송 큐 관리 기법

## ( Merged-Packet based Effective Queuing Mechanism for Underwater Networks )

신 수 영\*, 박 수 현\*\*, 남궁정일\*

( Soo Young Shin, Soo-Hyun Park<sup>©</sup>, and Jung Il Namgung )

### 요 약

이 논문에서는 협대역과 낮은 전송속도의 제약을 가진 수중의 다양한 환경에 적응적인 MAC 기법을 제안하였다. 이미 발표된 Underwater Packet Flow Control (UPFC) 기법은 전송회수와 전송시간을 이용한 세 가지 전송타입을 제안하여 일반전송, 블럭전송, 병렬전송이 가능하도록 설계되었으나 기존 머지전송을 보완하여 최대전송가능 페이로드를 기준으로 효율적인 큐잉 방법에 대한 기법 Effective Queuing-UPFC (EQ-UPFC)을 제안하였다. 제안한 기법의 전송효율의 검증에 위해 수학적 모델을 제시하였으며 시뮬레이션을 수행하여 전송회수 및 전송량 대비 효율성의 증가를 검증하였다.

### Abstract

In this paper, an adaptive MAC technique for various underwater environment with narrow-bandwidth and low transmission speed was proposed. In previously published Underwater Packet Flow Control (UPFC) technique, three transmission types (normal, block and parallel transmission) had been proposed using the number of transmission and transmission time. In addition to the UPFC, the proposed technique is an improved version of UPFC having more effective queuing technique for merge transmission. A mathematical model of the proposed queuing theory was constructed and its increased efficiency per unit transmission number was also verified based on simulations.

**Keywords :** Effective Queuing-UPFC (EQ-UPFC), Underwater Networks, Flow Control

## I. 서 론

수중통신 네트워크 기반 기술로 효율적인 수중 통신망에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다.<sup>[1]</sup> 광범위하게 적용되고 있는 상용 및 군사목적 해양산업의 발전과 함께 해양정보수집, 재해재난감시, 해양탐사, 지진예측 등 물리적으로 열악한 수중통신 환경을 극복할 수 있는 통신기술의 개발은 선결, 필수요소로 부각되고 있다.<sup>[2]</sup>

음파채널은 특성상 높은 복잡도와 예측 불가능한 가

\* 정회원, 국민대학교 정보시스템전공 (Kookmin University Department of Information System)

\*\* 평생회원, 국민대학교 특수통신연구센터 (Kookmin University Special Communication Research Center)

© Corresponding Author (E-mail : shpark21@kookmin.ac.kr)

※ 본 논문은 BK21 플러스 사업(국민대학교, 미래 금융보안 전문인력양성 사업단)으로 지원된 연구임.

Received : November 23, 2016 Revised : January 7, 2017

Accepted : February 1, 2017

변성, 주파수의존성의 제약이 있지만 물속에서 고주파 신호의 심각한 감쇄현상을 극복할 수 있는 대안으로 그 중요성이 증가하고 있다. 수중에서는 긴 전송지연시간과 물리적 제약 때문에 효율적인 전송방법을 찾는 연구<sup>[3~7]</sup>가 계속되고 있는데 기존의 Stop-and-Wait automatic repeat request (ARQ)와 이를 수중 환경에 맞도록 변형한 Segmented Data Reliable Transfer (SDRT)와 Aqua-SARQ (TCP와 같이 종단간의 전송을 지원하며 슬라이딩윈도우와 선택적 재전송을 포함)가 제안되었다.<sup>[2]</sup>

그러나 Ian F. Akyildiz가 전송계층에서 hop-by-hop, block-by-block 방식으로 전송효율성을 높이려는 제안과는<sup>[8]</sup> 별도로 네트워크의 구성이 물리-데이터링크-네트워크 계층으로만 구성되는 경우가 대부분인 수중음파 네트워크에서 효과적으로 활용 가능한 연구가 필요하다.

그에 대한 해법으로 데이터링크 계층의 전송 패킷의 길이에 따라 패킷을 여러 개 묶거나 붙여서 적응적으로

변화하며 효과적으로 전송효율을 증가시키는 방법에 대한 연구가 더욱 더 필요하다.<sup>[7]</sup> 본 논문에서는 송신자의 수요를 반영하고 여러 개의 데이터를 통합하여 하나의 전송할 때, 혹은 큰 데이터를 나누어 전송할 때 전송회수를 효율적으로 줄일 수 있도록 하였을 뿐 아니라 전송큐의 낭비를 크게 줄일 수 있는 기법을 제안하였다. 2장에서는 기존의 수중의 흐름제어 개념에 대해서 설명하고 본 논문에서 제안한 EQ-UPFC기법과 전송모델을 정의하고 3장에서 성능분석을 수행한다.

## II. 본 론

### 1. 수중데이터의 적응적인 전송방식 UPFC기법<sup>[7]</sup>

수중 MAC 프레임의 구조상 사용하지 않는 헤더의 여유비트를 전용해서 다양한 전송패킷의 종류를 규정할 수 있다. 이는 실제로 기존의 규격을 수정하지 않고 쓸 수 있는 방법이 될 수 있으며 네트워크 트래픽의 부하가 불균형한 상태일 때 효과적으로 적용할 수 있다. 또한 적절한 전송 리스트 수정 간격을 결정하는 것도 중요한 부분이다. 슈퍼프레임 단위로 전송리스트의 수정이 이루어진다면 매번 송신측의 전송대기량을 반영한 스케줄링이 가능하다. UPFC기법의 프로세스를 수행하는 클러스터 헤더(Cluster Header(CH))는 변동이 많은 수중환경에 실시간 적응적인 스케줄링을 수행할 수 있다.

전송대기열에 적재중인 패킷의 개수와 Max\_Payload\_Length 길이를 기준으로 다음과 같은 싱글, 결합, 병렬결합 패킷의 패턴을 생성할 수 있다. Fig. 1 에서 보는 바와 같이 패킷이 한 개 이하일 때는 싱글패킷, 두 개 이상 일 때 최대 페이로드 길이를 넘지 않는 범위에서 결합패킷, 최대 페이로드 길이를 넘을 경우 두 번째 결합패킷을 생성하여 병렬전송하게 되는 병렬결합패킷이 있다.

SBMAC<sup>[3]</sup>에서 제시된 프레임 포맷에 적용할 수 있는 UPFC<sup>[7]</sup> 구현을 수행했다. 본 논문에서는 Fig. 1에서 붉은 점선으로 표시된 결합(Merged)패킷을 생성할 때 비효율성을 개선하여 데이터 전송회수를 줄일 수 있는 방법을 제안하였으며 이는 병렬(Parallel Merged)패킷을 전송할 때도 효율성 증대 효과를 가지고 있다.

### 2. 기존 병합패킷 큐잉의 비효율성

일반적으로 물리적인 채널의 처리량에 근거해 Max\_Payload\_Length 가 결정된다. 특히 수중에서는 협대역과 긴 전송지연 등을 고려한 최대 전송량의 한계가 네트워크의 전송 처리율을 급격히 감소시킨다. 즉, 전송회

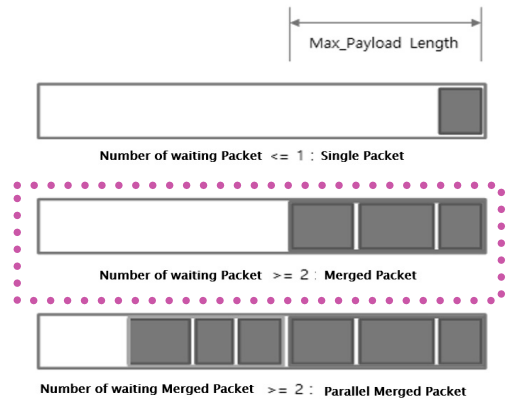


그림 1. UPFC 전송타입  
Fig. 1. UPFC Transmission Type.

수를 줄이고 한 번에 보낼 수 있는 최대치에 근접하도록 결합패킷을 구성하는 것이 구조적인 한계점을 보완할 수 있는 중요한 방법이 되는 것이다.

Fig. 2의 전송 큐 상태의 예를 보면 적재된 데이터 중 1과 2는 전송의 대상이지만 3번은 용량초과로 첫 번째 전송에서 제외될 수밖에 없는 상태이다.



그림 2. 전송 큐 상태 (예)  
Fig. 2. Transmission Queue Status. (example)

### 3. 제안된 EQ-UPFC 기법

기존의 UPFC 기법에서 보낼 수 있는 최대 길이와 실제 보내는 데이터 길이 간의 차이는 효율성 측면에서 적으면 적응수록 효과적이다. Fig. 3에서 새로운 큐잉기법의 경우 비효율성이 발생하는 기존의 큐잉 기법과는 달리 최대 전송 길이의 범위를 벗어나지 않는 작은 길이의 패킷(4번)의 전송순서를 바꾸어 전송하므로 UPFC 기법이 3번 전송 한 것과 비교하여 EQ-UPFC는 2번의 전송을 수행하여 전송 효율성을 높인 예를 표현한 것이다.

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 UPFC는 세 가지 전송타입을 가지고 있다. 본 기법은 기본적으로 결합패킷을 위

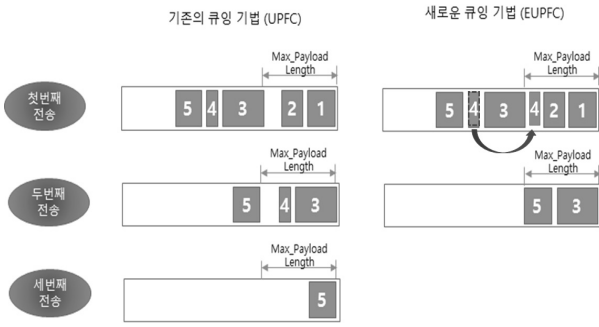


그림 3. 큐 상태 비교 (UPFC vs EQ-UPFC)  
Fig. 3. Queue Status. (UPFC vs EQ-UPFC)

해 디자인 되었으나 병렬패킷의 전송이 결합패킷 전송의 병렬처리라는 측면에서 그 파급되는 효과는 주요한 변수가 될 수 밖에 없는 상황이다. UPFC와 EQ-UPFC 기법 모두 큐에 적재된 데이터의 개수가 결합패킷전송의 범위를 초과할 경우 병렬패킷전송으로 분류되어 두 개 이상의 패킷으로 연이어 전송하게 되는데 별도의 전송스케줄을 예약할 필요 없이 Short Interframe Space (SIFS)를 기다려 연속적으로 전송하여 효율성을 더욱 높이도록 하였다.<sup>[7]</sup> 병렬전송을 수행하는 경우에도 EQ-UPFC가 수중환경에서 적용할 수 있는 효과적인 방법으로 수중의 긴 전송지연시간을 고려하여 한 번의 전송기회를 두 번의 전송으로 활용함으로써 전송효율을 높일 뿐만 아니라 기존의 큐잉기법보다 전송회수를 줄임으로 네트워크의 효율성을 증가시킬 수 있으며 이는 데이터패킷 뿐 아니라 제어패킷의 전송량도 감소시켜 그 효율성 제

고의 시너지효과를 기대할 수 있다.

Fig. 4의 EQ-UPFC 프로시저는 적재된 큐의 아이템을 전송할 때 비효율성을 최소화하기 위해 남는 여분의 공간에 가능한 패킷을 붙여 보낼 수 있는 방법을 의사코드와 함께 설명한 것이다.

#### 4. 수학적 모델

수중 전송에 영향을 끼칠 수 있는 요인으로는 채널과 버퍼의 상태 네트워크 반경에 따른 전송지연시간, 노드의 수, 에러율, 온도, 염도 등 여러 가지 요인을 들 수 있겠으나 본 논문에서는 그 주요 요인을 버퍼 즉 큐에 적재되어 있는 패킷의 수에 두었다. 이는 수중환경 하에서 이중망간의 통합을 통해서만 강건한 전송 모델의 성립이 가능하고 이는 주어진 조건에서 가장 효과적으로 채널 사용성을 증가시킬 수 있는 기법이기 때문이다. 다양한 전송요인인 입력정보를 활용하여 적응적인 전송 기준을 도출하여 수시로 변동되는 수중환경에 적응적인 통신이 가능할 수 있도록 제안된 SBMAC<sup>[3]</sup>기법과 다양한 전송타입을 제안한 효과적인 흐름제어 기법<sup>[7]</sup> 또한 이미 소개된 바 있으며 향후 본 논문의 기법과 통합 실험실환경을 구축할 예정이다.

제시된 수학적 모델은 전송 타입에 따른 부하량과 효율성 비교를 위한 것으로 이 모델을 바탕으로 성능분석을 수행, 전송 총량 및 에너지 소모율을 산출하였다.

수학적 모델은 기존의 UPFC 기법을 기반으로 큐의

```

// 대기중인 전송 큐에 적재된 패킷 전송 정보를 읽어온다.
Read (Tx_Item) ;

/* 만약 현재 전송 대상 아이템의 전체 길이가 한번에 전송할 수 있는
최대 길이보다 작다면 나머지 대기열의 패킷 중 묶어서 전송할 수 있는 대상을 찾고 만약
찾았다면 순서를 바꾸어 준 다음 더 이상 대상 패킷이 존재하지 않을 때까지 이 절차를 반복한다.*/

If (Tx_Item_Length < Max_Payload_Length) Then
    If (Searching (Max_Payload_Length-Tx_Item_Length) != Null) Then
        {
            Sequence_Change();
            Renew(Tx_Item_Length);
            Goto Read(Tx_Item);
        }

// 데이터 전송
Tx(Tx_Item);

// 대기중인 전송큐 내에 Length보다 작은 패킷이 존재하는지를 검색하여 주소 값을 리턴한다.

Searching(Length) {
    If (Packet[]_Length <= Length) then
        Return *Packet[];
    Else
        Return Null;
}
    
```

그림 4. EQ-UPFC 프로시저  
Fig. 4. EQ-UPFC Procedure.

사용성 부분을 새롭게 추가하여 정의하였다. 채널의 사용성은 프레임 전송률인  $R$ 을 전체 Bandwidth  $C$ 로 나누어  $R/C$ 로 표현할 수 있다. 또한 이미 사용하고 있는 채널의 효율성은 전체 전송 프레임에서 순수한 데이터의 길이가 차지하는 비율을 말하는데 이는 프레임의 사용 비트의 개수인  $L(\text{Length})$ 로 환산하여

표 1. 정의  
Table1. Definitions.

용어	정의
$C$	최대 네트워크 처리율 (Bandwidth)
$R$	프레임 전송률
$B$	결합된 데이터의 개수
$Data$	제어정보를 포함한 데이터 프레임
$SET$	결합패킷의 시작과 종료 처리를 위한 프레임
$BEACON$	동기화 된 네트워크 제어정보를 담아 주기적으로 발송되는 프레임
$ACK$	Ack 프레임
$L_{total}$	한번의 데이터 전송 성공을 위해 전송되는 프레임 길이의 합 (데이터 프레임 + 제어 프레임)
$L_{data}$	MAC 헤더를 포함한 데이터 프레임의 길이
$L_{payload}$	MSDU 즉, 페이로드의 길이
$L_{control}$	데이터 전송 성공을 위한 제어 정보의 총 길이
$L_{ack}$	Ack 프레임의 길이
$L_{beacon}$	Beacon 프레임의 길이
$\Sigma L_{control}$	해당 링크에서 발생된 제어 프레임들의 길이를 모두 합한 값
$N_{total}$	총 전송 횟수
$N_{data}$	데이터 프레임 전송 횟수
$N_{ack}$	Ack 프레임 전송 횟수
$N_{beacon}$	Beacon 프레임 전송 횟수
$N_{control}$	Ack 를 포함한 제어 프레임 전송 횟수
$Len()$	프레임의 길이를 구하는 함수
$I()$	정수화 함수 (올림수 적용)
$P_{EQ}$	전송회수 감소 확률(전송큐)

$$\frac{L_{payload}}{L_{total}} = \frac{L_{total} - L_{control}}{L_{total}} = \frac{L_{total} - (L_{ack} + L_{beacon})}{L_{total}}$$

로 표현 가능하다. 전체 전송 프레임의 길이는 순수한 데이터인 페이로드의 길이와 그 외 제어를 위한 정보들의 길이의 합으로 표현할 수 있으며 제어정보 길이인  $L_{control}$ 은 데이터 프레임에서 페이로드를 제외한 길이와 Beacon, Ack 전송을 위해 사용되는 길이의 합이 된다. (수식 (1)~(2))

$$L_{total} = L_{payload} + L_{control} \quad (1)$$

$$L_{control} = (L_{data} - L_{payload}) + L_{ack} + L_{beacon} \quad (2)$$

다음은 Ack와 Beacon 전송횟수를 정의하고 이로 부터 산출된 제어 정보의 총 길이를 표현한 것이다. 싱글방식의 경우 제안한 기법의 변경사항은 없다. 식 (3)~(4)는 싱글전송기법, 식 (5)~(6)는 기존 UPFC, (5)'~(6)'은 제안된 EQ-UPFC 방식의 결합전송 기법을 표현한 것이다.

$$N_{ack.AQ} = N_{data.single} \quad (3)$$

$$\Sigma L_{control.single} = Len(ACK_{single}) \cdot N_{ack.single} + Len(BEACON_{single}) \cdot N_{beacon} \quad (4)$$

$N_{data}/B$ 는 데이터의 전송 횟수를 결합된 Ack의 개수인  $B$ 로 나누어 준 것으로, 결합 혹은 병렬 전송 횟수 계산을 위한 식이며  $I()$ 를 통해 전송 횟수를 정수화 하였다. 이유는 전송의 회수는 실수화 될 수 없기 때문이다. 식 (5)과 (5)'에서 전송 횟수가 증가되는 이유는 결합패킷 전송 시에  $SET_{UPFC}$ ,  $SET_{EQ-UPFC}$  시작과 종료를 위한 두개프레임의 전송회수의 증가 때문이다.

$$N_{ack.UPFC} = 3 \cdot I\left(\frac{N_{data.single}}{B}\right) \quad (5)$$

$$N_{ack.EQ-UPFC} = 3 \cdot I\left(\frac{(P_{EQ} \cdot B)N_{data.single}}{B}\right) \quad (5)'$$

$$\Sigma L_{control.UPFC} = Len(ACK_{UPFC}) \cdot I\left(\frac{N_{data.single}}{B}\right) + 2 \cdot Len(SET_{UPFC}) \cdot I\left(\frac{N_{data.single}}{B}\right) + Len(BEACON) \cdot N_{beacon} \quad (6)$$

$$\Sigma L_{control.EQ-UPFC} = Len((1 - P_{EQ})ACK_{UPFC}) \cdot I\left(\frac{(1 - P_{EQ})N_{data.single}}{B}\right) + 2 \cdot Len((1 - P_{EQ})SET_{UPFC}) \cdot I\left(\frac{(1 - P_{EQ})N_{data.single}}{B}\right) + Len(BEACON) \cdot N_{beacon} \quad (6)'$$

결합전송과 비교할 때 병렬전송은 그 효율이 큰 폭으로 증가하게 되며 관련 내용은 참고논문<sup>[7]</sup>에 상세히 기록되어 있다.

### Ⅲ. 실험

#### 1. 시뮬레이션 환경

전송 데이터 프레임의 길이는 싱글, 결합, 병렬패킷의 전송 시 각각 다르며 이는 같은 시간과 전력소모에 비해 효율성의 증가로 볼 수 있다. 특히 결합의 두 가지 기법인 UPFC와 EQ-UPFC에서 생겨난 효율성의 차이는 병렬전송의 효율성에도 그 효력이 발생된다. 이는 데이터 전송 시 세 가지 전송방식에 따라 데이터의 양은 변동되나 Ack 패킷과 제어 정보의 전송부하가 동일하거나 큰 차이를 보이지 않는 상황에서 전송타입의 변화는 채널의 효율성을 결정한다는 의미가 된다. 다음은 유도 된 수식에 근거하여 제어 패킷 및 전체 네트워크 패킷의 전송 횟수 및 총 패킷의 길이 및 네트워크 사용의 효율성을 비교하여 분석하였다.

시뮬레이션은 아래 Table 2의 환경을 적용하여 상용 시뮬레이터 MATLAB으로 수행되었으며 수중환경을 반영하였다.

표 2. 시뮬레이션 환경  
Table2. Simulation Environments.

환경변수	값	환경변수	값
Time	300 sec	Tx interval	0.001~3 sec
Node	3~50	Payload size	5~20 byte
CH	2	Super Frame	300 TU
Bandwidth	10~100Kbps	Limits	500*500 units
Buffer size	20	Slot size	20μs
BER	0.2	Wave Speed	1500m/sec

수중의 전송지연시간을 산출하기 위해 1500m/sec 의 wave speed를 적용하였고 현재 상용 수중모뎀의 성능을 고려하여 10~100Kbps의 처리율을 반영하였다. 페이로드의 길이는 가변한다고 가정하였으며 타임슬롯은 20μs로 고정하였다. 채널은 송신과 수신을 위해 두 개다.

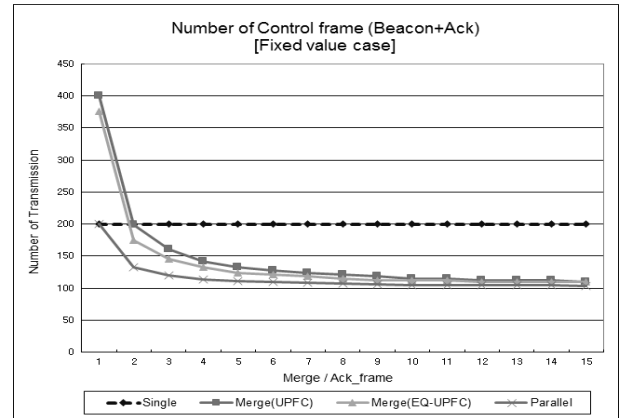
#### 2. 시뮬레이션 결과

수중의 전송 처리율 비교를 위해 각각 제어/전체 프레임의 전송회수와 전송총량을 산출하였으며 전송패턴이 일정한 경우와 랜덤한 경우로 나누어 측정하였다.

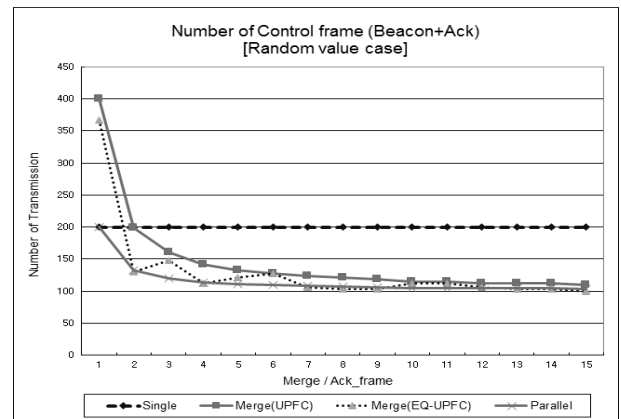
Fig. 5~9 에서 UPFC 결합기법보다 제안한 EQ-UPFC가 전송패턴과 상관없이 효과적인 것으로 나타났으며 전송회수를 줄이고 단일 채널의 효율성이 랜덤인 경우 최대 38 % 증가된 것으로 측정되었다.

Fig. 5는 제어 패킷의 전송횟수를 비교한 것으로 가장 작은 개수는 병렬기법, 가장 큰 개수는 싱글 기법으

로 나타났다. 결합의 경우는 결합수가 없을 때 절차에 기인한 오버헤드가 발생함으로 제어 패킷이 가장 많이 발생 하지만 항상 두 개 이상이 결합되므로 싱글과 비교하여 효율적인 것으로 분석되었다. 특히 EQ-UPFC가 UPFC 보다 효과적인 것을 확인 할 수 있다.



a) Fixed value case



b) Random value case

그림 5. 제어프레임의 수  
Fig. 5. Number of Control Frame.

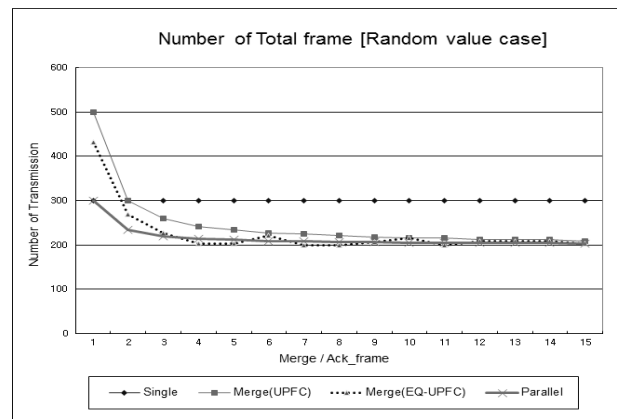


그림 6. 전체프레임의 수  
Fig. 6. Number of Total Frame.

Fig. 6은 총 전송 패킷 개수를 비교한 것이다. 이 또한 효율성이 가장 높은 것이 병렬이고 가장 낮은 것은 싱글이었으며 EQ-UPFC의 효율성이 입증되었다.

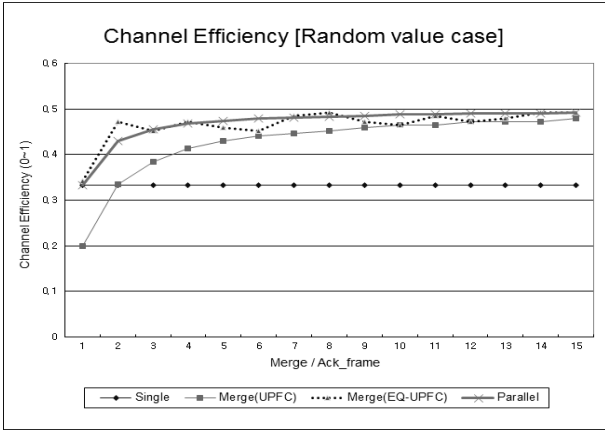


그림 7. 채널 사용성  
Fig. 7. Channel Efficiency.

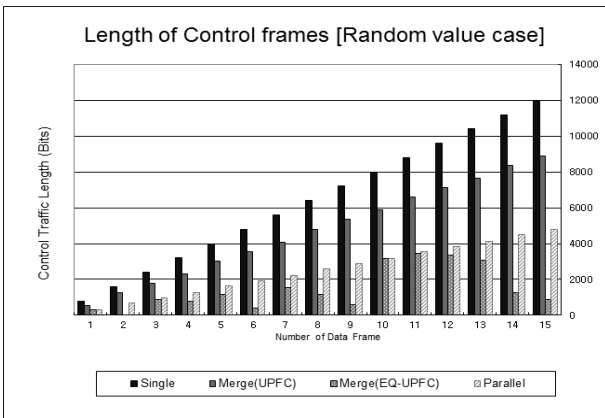


그림 8. 제어프레임의 길이  
Fig. 8. Length of Control Frame.

Fig. 7은 채널효율성을 (0~1) 비교한 것이고 Fig. 8과 9는 전송량 증가에 따른 제어패킷과 전체패킷의 전송 총 길이(량)을 bit 단위로 환산한 것으로 오버헤드를 포함한 제어 정보의 총 길이가 싱글 패킷일 때 현저하게 높게 나타났고 역시 가장 효율적인 기법은 병렬전송 기법이었으며 EQ-UPFC의 효율성이 입증되었으며 Fig. 9의 확실한 비교분석을 위하여 0~2000 bits 구간을 확대하여 표현하였다.

본 실험에서는 제안한 EQ-UPFC방식을 활용 채널의 사용성을 증가시키는 활용, 성능이 개선됨을 증명하였으며 트래픽 부하에 따른 전송량, 총길이와 전송회수, 채널 사용성 등을 산출하여 제안된 기법이 기존 UPFC 기법과 비교하여 성능 면에서 환경의 변화에 더욱더 효과적인 것을 알 수 있었다.

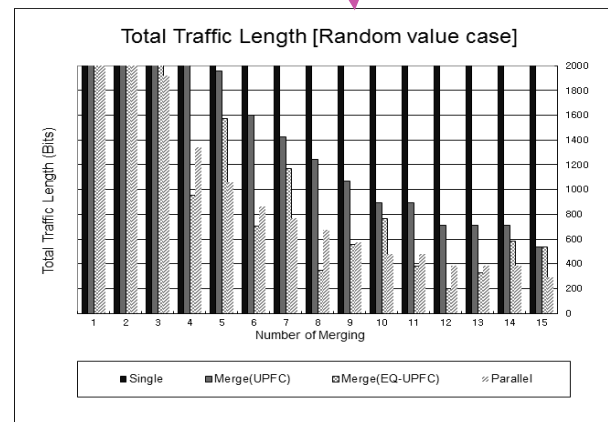
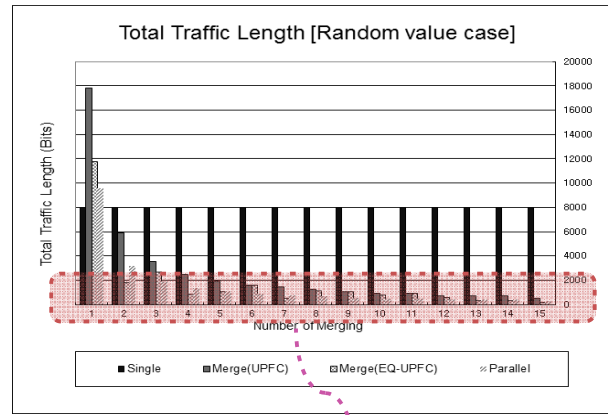


그림 9. 전체 전송 길이  
Fig. 9. Total Traffic Length.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 수중 MAC 프레임의 구조상 사용하지 않는 헤더의 여유비트를 전용해서 다양한 전송패킷의 타입의 전송을 제공하므로 네트워크 트래픽의 부하가 불균형(랜덤)하거나 부하량이 증가하여 네트워크가 혼잡한 상태일 때 효과적으로 적용할 수 있는 기법을 제안하였다. 각 송신자는 전송대기열에 적재중인 패킷의 개수와 Max\_Payload\_Length 길이를 기준으로 싱글, 결합, 병렬결합 패킷의 패턴을 생성하였고 패킷이 두개이상일 때 최대 페이로드 길이를 넘지 않는 범위에서 결합패킷을 만들되 제안한 EQ-UPFC방식을 활용 채널의 사용성을 증가시키는 활용, 성능을 검증하였다. 트래픽 부하에 따른 전송량, 총길이와 전송회수, 채널사용성 등을 산출하였으며 제안된 기법이 기존 UPFC기법과 비교하여 효율적인 것을 확인하였다.

향후 다양한 전송요인인 입력정보를 활용하여 적응적인 전송기준을 도출하여 수시로 변동되는 수중환경에 적응적인 통신이 가능할 수 있도록 기존 SBMAC 시스

템과 통합 실험환경을 구축하여 성능분석을 수행할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] X Guo, M.R. Frater and M.J. Ryan, "Design of a Propagation-Delay-Tolerant MAC Protocol for Underwater Acoustic Sensor Networks," *Oceanic Engineering, IEEE Journal of*, vol. 34, no.2, pp. 170-180, 2009
- [2] Ping Wang, Jiahao Li and Xi Zhang, "Adaptive RTT-driven transport-layer flow and error control protocol for QoS guaranteed image transmission over multi-hop underwater wireless networks: Design, implementation, and analysis," in *Proceedings of IEEE ICC 2014 - Wireless Communications Symposium*, pp. 5142-5147, Sep 2014.
- [3] 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 (Basel) 2010, Journal of*, vol. 10(1), pp. 501-525, January 2010.
- [4] R. Jurdak, P. Baldi and C. V. Lopes, "Software-driven sensor networks for short-range shallow water CHplications," *Ad Hoc Networks 2009, Journal of*, vol. 7 (5), pp. 837-848, July 2009.
- [5] J. Y. Lee, N. Y. Yun, S. Muminov, S. Y. Shin, Y. S. Lyuh and S. H. Park, "A Focus on Practical Assessment of MAC Protocols for Underwater Acoustic Communication with Regard to Network Architecture," *The Institution of Electronics and Telecommunication Engineers (IETE) Technical Review*, vol. 30(4), pp. 214-221, July 2013.
- [6] M. Stojanovic and L. Freitag, "Recent Trends in Underwater Acoustic Communications," *Marine Technology Society Journal*, vol. 47, no. 5, pp. 45-50, Oct 2013.
- [7] S. Y. Shin and S. H. Park, "Underwater Packet Flow Control for Underwater Networks," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 19. No. 5. pp. 924-931, May 2016.
- [8] Ian F. Akyildiz, Dario Pompili, and Tommaso Melodia, "Underwater acoustic sensor networks: reseach challenges," *Ad Hoc Networks 3 (2005), Elsevier*, pp. 257-279, 2005.

## 저 자 소 개



신 수 영(정회원)  
2007~현재 국민대학교 전임연구  
교수  
2015~현재 국민대학교 특수통신  
연구센터 부센터장  
1998년~한국방송통신대학교 교육  
학 학사 졸업.

2002년 덕성여자대학교 정보통신 전공 석사 졸업.  
2007년 국민대학교 비즈니스IT(정보통신 전공)  
박사 졸업.  
<주관심분야: 유비쿼터스 시스템, 무선(수중음파)  
MAC, 통신표준>



박 수 현(평생회원)  
2002년~현재 국민대학교 정보시스  
템전공 교수  
1988년 고려대학교 전산과학과 학사  
졸업  
1990년 고려대학교 수학과 전산학  
전공 석사 졸업

1998년 고려대학교 컴퓨터학과 박사 졸업  
<주관심분야: IoT, Underwater Acoustic Network,  
Underwater IoT>



남궁정일(정회원)  
2014년~현재 국민대학교 금융정보  
보안학과 연구교수  
1995년 인천대학교 기계공학과 공  
학사 졸업.  
2005년 국민대학교 비즈니스IT 전  
문대학원 석사 졸업.

2011년 국민대학교 비즈니스IT 전문대학원 이학  
박사 졸업  
<주관심분야: M2M/IoT, 인공지능, 제약환경 통신  
프로토콜 등>