

무음 압축을 이용하는 음성 통신 시스템을 위한 동적 버퍼 관리 알고리즘

이성형*, 이현진*, 김재현°, 이형주**, 허미정**, 최증원**, 신상현***,
김태완***

Active Buffer Management Algorithm for Voice Communication System with Silence Suppression

Sung-Hyung Lee*, Hyun-Jin Lee*, Jae-Hyun Kim°, Hyung-Joo Lee**, Mi-Jeong Hoh**,
Jeung-Won Choi**, Sang-heon Shin***, Tae-Wan Kim***

요약

본 논문은 무음 압축(silence suppression)을 이용하는 음성 코덱 이용 시 음성 통신 용량(voice capacity)을 늘리기 위한 동적 버퍼 관리 알고리즘인 silence drop first(SDF) 알고리즘을 제안한다. SDF 알고리즘은 음성 통신을 위한 버퍼에서 오버플로우가 발생할 경우 무음 패킷을 음성 패킷보다 먼저 폐기하는 기법을 이용하여 상대적으로 더 많은 음성 패킷을 중단간 전송한다. 알고리즘의 성능 평가를 위하여 G.729A 및 G.711 음성 코덱을 사용하였다. 성능 분석 결과 제안하는 기법을 이용할 경우 MOS가 3.0인 수준의 품질을 유지하면서 G.729A 코덱에 대해 약 84.21%, G.711 코덱에 대해 약 38.46%의 사용자가 추가로 네트워크 이용이 가능함을 확인할 수 있었다. 또한 제안하는 기법 이용 시 동일 사용자 수에 대해 음성 통화 품질을 보장하기 위해 필요한 무음 패킷 생성 주기 및 링크 용량의 제한을 완화할 수 있음을 확인하였다.

Key Words : Buffer Management, Queue Management, VoIP, Silence Suppression, Congestion Control

ABSTRACT

This paper proposes silence drop first(SDF) active buffer management algorithm to increase the voice capacity when silence suppression is used. This algorithm finds and drops silence packet rather than voice packet in the queue for resolving buffer overflow of queue. Simulations with voice codec of G.729A and G.711 are performed. By using proposed SDF algorithm, the voice capacity is increased by 84.21% with G.729A and 38.46% with G.711. Further more, SDF algorithm reduces the required link capacity and loosens the silence packet inter-arrival time limit to provide target voice quality compared with that of conventional algorithms.

I. 서론

전송 기술의 발달에 따라 링크 용량이 증가하여 데

이터 및 영상 통신까지 가능하게 되었다. 그러나 여전히 음성 통신 서비스는 전화, 무선 등과 같이 널리 쓰이고 있다. 특히 음성 통신을 지원하는데 있어 예전의

◆ 주저자 : 이주대학교 전자공학과 무선인터넷연구실, xaviersr@ajou.ac.kr, 준회원

° 교신저자 : 이주대학교 전자공학부, jkim@ajou.ac.kr, 종신회원

* 이주대학교 전자공학과 무선인터넷연구실, 133hyun@ajou.ac.kr, 정회원

** 국방과학연구소, hyungjoo.lee@add.re.kr, miyeong@add.re.kr, 정회원, jwchoi@add.re.kr, 정회원

*** 삼성탈레스, sangheon.shin@samsung.com, tw0203.kim@samsung.com

논문번호 : KICS2012-05-257, 접수일자 : 2012년 5월 19일, 최종논문접수일자 : 2012년 6월 29일

서킷 기반 네트워크에서 패킷 기반 네트워크를 이용하는 것으로 변화하고 있다^{1,2}. 이에 따라 패킷 기반 네트워크에서 일정 품질의 음성 서비스를 제공하기 위한 기술이 필요하다.

패킷 기반 네트워크를 이용하여 음성 서비스를 제공하기 위해서 음성 신호를 패킷화 하여 전송하고 복호하는 음성 코덱을 이용한다. 이전의 음성 코덱은 소리가 발생하지 않는 상황에서도 주기적으로 패킷을 생성하여 전송하였기 때문에 네트워크의 성능을 떨어뜨리는 요인이 된다. 이에 따라 소리가 발생하지 않는 상황에서는 패킷을 전송하지 않는 무음 압축(silence suppression) 기술이 등장하였다³.

무음 압축을 이용할 때 유음 패킷은 사람의 음성 신호 또는 필요로 하는 소리의 정보가 담겨져 전송되기 때문에 무음 패킷보다 더 많은 정보를 담고 있다. 따라서 코덱에서 생성된 유음 패킷의 크기는 무음 패킷의 크기보다 훨씬 크며 중요도에 있어 유음 패킷이 더 많은 정보를 포함하고 있으므로 이 패킷이 중요하다. 그러나 IP 나 MAC 계층과 같이 버퍼 관리 알고리즘을 이용하는 하위 계층에서는 이들을 종류의 구분 없이 모두 패킷 단위로 취급된다. 그리고 상대적인 크기 차이는 헤더가 추가됨에 따라 하위 계층으로 내려올 수록 줄어들게 된다. 그렇기 때문에 하위 계층에서 동작하는 동적 버퍼 관리 알고리즘에서는 유음 패킷과 무음 패킷 구분 없이 버퍼가 넘치지 않도록 하는 것에 중점을 두었다.

만약, 유음 패킷과 무음 패킷을 구별하여 버퍼 관리를 수행한다면 무음 패킷에 의해 점유 되던 자원을 이용하여 더 많은 유음 패킷을 전달할 수 있을 것이다. 따라서 네트워크의 음성 통화 용량을 더 높일 수 있을 것이다. 이 논문에서는 이러한 발상을 바탕으로 네트워크 요소에서 적용 가능한 동적 버퍼 관리(Active Buffer Management, ABM) 알고리즘을 제안한다.

본 논문 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 음성 통신과 관련하여 개발되고 있는 동적 버퍼 관리 알고리즘에 대해 분석한다. 그리고 3장에서는 음성 트래픽의 특성에 대해서 분석한다. 4장에서는 제안하는 동적 버퍼 관리 알고리즘을 소개하고 유음 패킷과 무음 패킷을 네트워크 요소에서 구별할 수 있는 방법에 대해 소개한다. 5장에서 제안하는 알고리즘에 대해 성능 분석을 수행하였으며, 6장에서 결론을 맺었다.

II. ABM 알고리즘 적용 현황 및 관련 연구

현재 상용 라우터는 버퍼 관리를 위하여

drop-tail 및 random early detection(RED) 기반 알고리즘을 이용하고 있다^{5,6}. Drop-tail 알고리즘은 들어오는 패킷이 버퍼 오버플로우를 발생키치게 되면 들어오는 패킷을 버리는 방식으로, 가장 간단한 방법이다. RED는 TCP를 이용하는 트래픽에 대해 혼잡 제어능력 향상을 위해 제안된 방식이다. RED에서는 버퍼의 점유율에 비례하여 패킷 폐기 확률을 올려 이에 따라 들어오는 패킷을 버린다. 이에 따라 TCP의 혼잡 제어가 미리 발생하기 때문에 혼잡 제어에 효과적이다. 그러나 영상 및 음성을 사용하는 단말은 혼잡 제어를 수행하지 않기 때문에 영상 및 음성 트래픽에 대해서는 RED 계열의 방식을 이용하여도 큰 차이가 없다.

Drop-head 방식은 [7]에서 소개된 방식으로 버퍼 오버플로우가 발생할 경우에 큐의 가장 앞에서 패킷을 버리는 방식이다. 이와 같은 방식을 이용하면 트래픽 부하(traffic load)가 링크 용량 이상이 될 때 평균 큐잉 지연시간이 더 줄어들 수 있다는 장점이 있다⁸. 따라서 네트워크 혼잡시 종단에서 패킷 손실을 알기까지 걸리는 시간을 줄이고, 종단간 지연 시간을 줄이는 효과가 있다. 그러나 이 경우 패킷 손실률이 drop-tail 방식에 비해 증가하기 때문에 멀티미디어 트래픽 성능에 대해서는 그 성능이 drop-tail과 비슷한 경향을 나타낸다.

[9]에서는 MPEG 비디오 서비스를 위한 버퍼 관리 기법을 제안하였다. 이 논문에서는 MPEG 트래픽에 대해 프레임 종류에 따라 다른 우선순위를 부여하고 가장 낮은 우선순위의 패킷을 먼저 버리는 방식을 이용하였다. 그러나 이 논문에서는 네트워크 요소에서 패킷의 종류를 구별하기 위한 방법을 제시하지 않고 있다. 본 논문에서는 [9]와 같은 발상을 바탕으로 동적 버퍼 관리 알고리즘을 제안한다. 또한 네트워크 요소에서 패킷의 종류를 구별하기 위한 기법을 추가로 제안한다. 이를 위해서는 음성 트래픽의 특성을 확인할 필요가 있다.

III. 음성 트래픽의 특성

음성 통신에 의해 발생하는 음성 트래픽은 유음 구간(talkspurt period)과 무음 구간(silence period)으로 이루어진 사이클(cycle)이 반복되는 형태로 모델링이 가능하다. 무음 압축을 이용하는 음성 코덱은 유음 구간에 유음 패킷(talkspurt packet)을 주기적으로 생성하여 전송하며, 무음 구간에는 무음 패킷(silence packet)을 주기적으로 전송한다. 유음 패

킷에는 사람의 목소리나 필요한 소리 정보가 실려 전송되며 무음 패킷에는 환경 잡음에 대한 크기 정보가 전송이 된다. 그래서 음성 통신 내용에 대한 정보는 유음 패킷에 많기 때문에 음성 통신에서는 무음 패킷에 들어있는 정보보다는 유음 패킷에 들어있는 정보가 중요하다.

시스템에 따라서는 무음 구간에 패킷을 전송하지 않을 수도 있다. 그러나 이와 같은 경우에는 소리가 장시간 없을 경우에 상대방이 음성 통신이 끊긴 것으로 오해하여 세션을 종료시킬 수 있다. 또한 장시간 무음 상태가 유지될 경우 패킷이 전송되지 않기 때문에 무선 통신 구간에서는 음성 통신이 더 이상 진행되지 않는 것으로 오인하여 통신을 위해 할당 되어있던 자원 할당을 해제할 수도 있다. 일시적으로 무음에 진입하는 경우에도 자원 할당을 해제하였다가 유음 구간에 진입하였을 때 다시 자원을 할당하는 과정을 수행하는 등 무선 통신의 성능이 떨어지는 현상이 발생하기도 한다. 따라서 무음 구간에 작은 크기의 패킷을 전송하는 것이 음성 통신 품질 유지에 도움이 된다.

일반적으로 응용 계층에서 무음 패킷의 크기는 유음 패킷의 크기보다 매우 작다. 예를 들어, 표 1에서와 같이 G.729A 코덱을 이용하는 경우에는 유음 패킷은 10바이트이지만 무음 패킷은 2바이트로 유음 패킷이 약 5배 크다. 따라서 무음 패킷의 크기는 음성 트래픽에서 무시할만한 양이라고 오해하기 쉽다. 그러나 IP나 MAC 계층과 같은 동적 버퍼 관리 알고리즘이 적용되는 하위 계층에서는 오버헤드가 추가되기 때문에 무음 패킷을 무시할 수 없게 된다. 예를 들어, G. 729A의 경우 표 1에서와 같이 IP 계층에서는 유음 패킷이 50 바이트이지만 무음 패킷은 42 바이트로 유음 패킷이 약 1.19배만큼 크다. 즉 유음 패킷과 무음 패킷의 크기 차이가 뚜렷하지 않다. 따라서 하위 계층에서는 효율 및 처리율 측면에서 무음 패킷을 무시할 수 없게 된다.

IV. 제안하는 동적 버퍼 관리 알고리즘

4.1. Silence Drop First 알고리즘

본 논문에서는 동적 버퍼 관리를 위하여 silence drop first(SDF) 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 버퍼 오버플로우가 발생할 경우에 유음 패킷을 버리기 전에 버퍼 내의 무음 패킷을 먼저 버리도록 하여 무음 패킷에 비해 상대적으로 중요한 유음 패

표 1. 각 계층에서 음성 및 무음 패킷의 크기(G.729A)

Table 1. Packet size of talkspurt and silence packet at each layer(G.729A)

Layer	Talkspurt Packet(T)	Silence Packet(S)	Ratio (T/S)
Application Layer	10 bytes	2 bytes	5
Transport Layer (RTP+UDP)	30 bytes	22 bytes	1.36
IP Layer	50 bytes	42 bytes	1.19

```

silence_ptr = -1
queue_size = 0
buffer_size = MAX_BUFFER_SIZE

while(1)
    if(complete to send a packet)
        queue_size = queue_size - 1
        silence_ptr = max(0, silence_ptr - 1)
        continue
    endif

    if(packet is arrived)
        while(insert_packet(arrived_packet)==false)
            if(silence_ptr==buffer_size&&queue_size>0)
                drop_packet(0)
                queue_size = queue_size - 1
                continue
            endif

            drop_packet(silence_ptr)
            queue_size = queue_size - 1
            while(silence_ptr<buffer_size)
                if(silence_packet_check(silence_ptr)==true)
                    break
                endif
            endwhile

            silence_ptr = silence_ptr + 1
        endwhile

        queue_size = queue_size + 1
        if(silence_packet_check(packet)==true)
            silence_ptr = min(silence_ptr, queue_size-1)
        endif
    endif
endwhile
endwhile
    
```

그림 1. 버퍼 관리를 위한 Silence drop first 알고리즘

Fig. 1. Silence drop first algorithm for active buffer management

킷을 많이 처리할 수 있도록 한다.

그림 1은 SDF 알고리즘을 의사 코드로 나타낸 것이다. 이 알고리즘에서는 무음 패킷이 버퍼에 존재하게 되는 상황에서 버퍼의 가장 앞에 있는 무음 패킷의 위치를 추적하여 기록해둔다. 그리고 새로운 패킷이 도달하였을 때 버퍼가 가득 차있다면 새로운 패킷을 위한 공간이 나타날 때 까지 무음 패킷을 버퍼의 앞에서부터 폐기하고 다음 무음 패킷의 위치를 탐색한다. 패킷 폐기에 의해 공간이 확보되면 새로운 패킷을 버퍼의 가장 뒤에 삽입한다. 만약 무음 패킷이 더 이상 버퍼 내에 존재하지 않을 경우에는 drop-head와 같이 버퍼의 가장 앞에 있는

패킷을 폐기한다. 이때는 이미 무음 패킷이 모두 폐기된 상태이기 때문에 유음 패킷이 폐기된다.

4.2. 유음 패킷과 무음 패킷의 구별

SDF 알고리즘을 네트워크 요소에서 사용하기 위해서는 네트워크 요소가 유입되는 패킷에 대해 유음 패킷과 무음 패킷을 구별할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 이를 확인할 수 있는 세 가지 방법을 소개한다.

첫 번째 방법은 네트워크 요소에서 패킷의 페이로드(payload) 부분을 보고, 상위 계층의 헤더나 패킷의 내용을 바탕으로 유음 패킷과 무음 패킷을 구별하는 것이다. 그러나 이 방식은 복잡도가 높으며, 개인정보 침해의 여지가 있고, 암호화 기법 사용 시에는 적용이 어렵다는 단점이 있다.

두 번째 방법은 패킷의 크기를 바탕으로 유음 패킷과 무음 패킷을 구별하는 것이다. 응용 계층에서 각 코덱별로 생성하여 전송하는 유음 패킷과 무음 패킷의 크기는 표 2와 같이 나타난다⁶⁾. 즉, 표에 제시된 음성 코덱 전체에 대해 음성 코덱과 상관없이 5바이트를 초과하는 패킷은 유음 패킷이며 이보다 작은 패킷은 무음 패킷이다. 이를 바탕으로 헤더를 포함한 패킷의 크기에 따라 경계값을 정하고, 경계값보다 큰 패킷은 유음 패킷, 작으면 무음 패킷으로 판별할 수 있다. 이 방식은 네트워크 요소에서 헤더의 패킷 크기 항목을 이용할 수 있다는 장점이 있으나, 암호화나 부정방지 등을 위한 처리를 위해 추가적인 크기 변화가 있다면 이를 고려하여 경계값을 정할 필요가 있다. 또한 버퍼가 영상과 같은 다른 종류의 트래픽과 공유하여 사용된다면 해당 종류의 트래픽 크기까지 고려할 필요가 있다.

세 번째 방법은 응용 프로그램에서 유음 패킷과 무음 패킷에 다른 코드로 클래스를 마킹하여 보내는 방식이다. 예를 들어 DSCP 코드를 이용할 경우에는 IP 헤더의 type of service(ToS) 필드에 유음 패킷은 EF, 무음 패킷은 AF43으로 마킹하여 보낼 수 있다. 이 경우 네트워크 요소는 IP 헤더의 ToS 필드를 보고 이 패킷이 유음 패킷인지, 무음 패킷인지 판별할 수 있다. 이 방식은 네트워크 요소의 알고리즘이 간단해진다는 장점이 있으나, 응용 프로그램의 변경이 필요하다는 단점이 있다.

표 2. 각 코덱별 응용 계층에서의 음성 및 무음 패킷의 크기

Table 2. Packet size of each voice codec in application layer

Codec	Talkspurt(bytes)	Silence(bytes)
G.711	160	2
G.723.1	19.875	2
G.729	10	2
Enhanced Variable Rate Codec	21.375, 10	2
Adaptive Multi-Rate Audio Codec	11.875, 12.875, 14.75, 16.75, 18.5, 19.875, 25.5, 30.5	5

V. 성능 평가

5.1. 시뮬레이션 환경 설정

본 논문에서 제안한 동적 버퍼 관리 알고리즘의 성능 평가를 위하여 네트워크 시뮬레이터인 OPNET을 이용하여 그림 2와 같은 네트워크를 구성하고 표 3과 같이 시뮬레이션 환경을 설정하였다.

이 시뮬레이션에서는 여러 음성 세션이 동시에 생성되어 병목구간을 통해 반대편으로 전송되며 ABM은 병목구간 진입 전에 적용된다. 음성 트래픽 생성은 OPNET의 음성 트래픽 생성 모델을 이용하였다. 세션은 반드시 동시 접속 사용자 수만큼 생성되며 사용자는 반드시 네트워크로 트래픽을 생성하여 전송한다. 성능 평가 지표로는 네트워크에서의 패킷 손실률 및 Mouth-to-Ear(M-to-E) 지연시간과 함께 음성 통신의 만족도를 주관적으로 나타내는 점수인 mean opinion score(MOS)[7]을 이용하였다. MOS는 1.0부터 4.5까지 부여되며, 점수가 높을수록 사용자의 만족도가 높은 것이다. 목표 MOS의 최소 점수는 3.2[11]로 설정하였다. 성능 평가를 위하여 drop-tail 및 drop-head 방식과 함께 제안하는 알고리즘의 성능을 비교하였다.

5.2. 동시 접속 사용자 수 별 성능 비교

그림 3은 G.729A 음성 코덱 사용 시 동시 사용자 수 별 평균 MOS를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 drop-tail 및 drop-head 방식을 이용하는 경우에는 약 570명 이상, SDF 알고리즘을 이용하는 경우에는 약 1050명 이상의 사용자가 동시에 사용 시 MOS가 3.0 이하로 떨어짐을 확인할 수 있다.

표 3. 시뮬레이션 환경 설정

Table 3. Simulation Configuration

Parameter	Value
Talkspurt Length	0.352
Silence Length	0.65
Voice Codec	G.729A, G.711
Frames per Packet	2
Maximum Number of Packets in Buffer	1000
Default Link Speed	10Mbps
Target MOS	3.2[11]

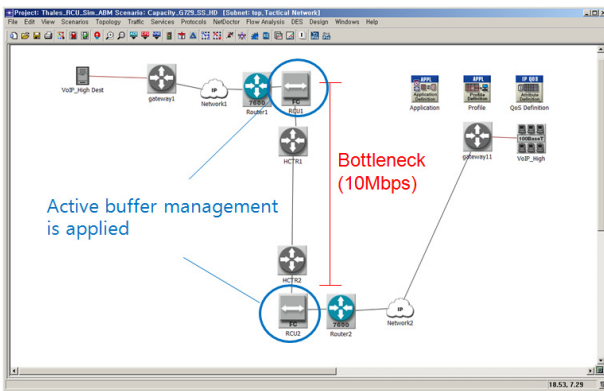


그림 2. 시뮬레이션을 위한 네트워크 구조

Fig. 2. Network architecture for the simulation

즉, G.729A 코덱에 대해서는 제안하는 알고리즘을 이용할 경우 동일 환경에서 MOS가 3.2로 떨어지기 전까지 약 84.21%의 동시 접속자 수 증가가 가능함을 확인할 수 있다.

이러한 결과가 나타나는 이유는 버퍼 관리 알고리즘에 따라 네트워크에서의 패킷 손실률이 달라지기 때문이다. 그림 4는 G.729A 음성 코덱 사용 시 동시 사용자수 별 네트워크에서의 유음 패킷 손실률을 나타낸 그래프이다. 이 결과에서 drop-tail 및 drop-head의 경우 약 550명 이상의 사용자가 동시에 네트워크에 접근하는 경우에는 패킷 손실률이 증가함을 확인할 수 있다. 제안하는 SDF 알고리즘의 경우에는 약 1000명 이상에서 패킷 손실이 발생하게 됨을 확인할 수 있다. 이 그래프와 그림 2를 같이 비교하면 패킷 손실률이 나타나기 시작하는 지점에서 MOS의 감소가 발생함을 확인할 수 있다.

그림 5는 G.729A 음성 코덱 사용 시 각 버퍼 관리 기법을 적용하였을 때의 M-to-E 지연시간을 나타낸 그래프이다. 제안하는 기법은 무음 패킷의 패기를 drop-head와 같이 버퍼의 앞에서부터 수행

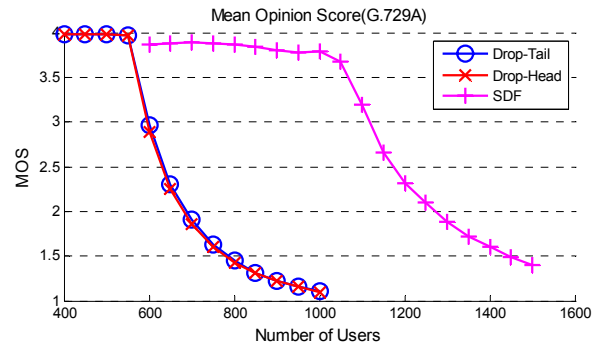


그림 3. 동시 사용자 수 별 MOS(G.729A)

Fig. 3. MOS with respect to the number of simultaneous users with G.729A codec

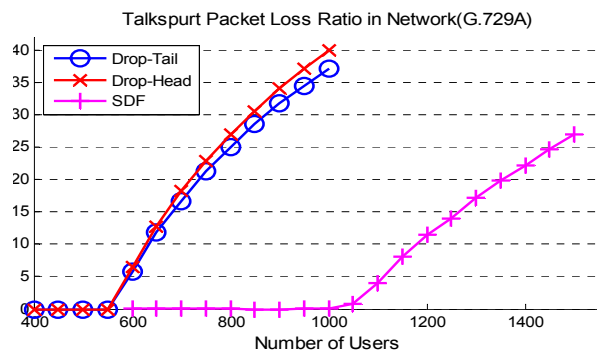


그림 4. 동시 사용자 수 별 네트워크에서의 유음 패킷 손실률(G.729A)

Fig. 4. Talkspurt packet loss ratio in the network with respect to the number of simultaneous users with G.729A codec

하기 때문에 네트워크에서의 혼잡 발생 시 M-to-E 지연시간이 drop-head와 비슷하게 나타남을 확인할 수 있다. 1000명 이상이 동시에 사용하게 되면 지연시간이 잠시 증가하는데, 이는 패킷 손실 확률의 증가로 응용계층에서 dejitter 버퍼 크기가 증가하여 dejitter 버퍼에서의 지연시간이 늘어나기 때문이다.

그림 6은 G.711 음성 코덱을 사용하였을 경우의 동시접속자 수 별 평균 MOS를 나타낸 그래프이다. G.711 코덱을 이용하였을 경우에는 기존 기법의 경우 약 260명, 제안하는 기법의 경우 약 360명 까지 동시 접속 사용자들에게 MOS가 3.2인 수준의 서비스 제공이 가능함을 확인할 수 있다. 즉, 약 38.5%의 음성 통신 용량 증가가 이루어짐을 확인할 수 있다. 이러한 결과가 나타나는 요인은 그림 7의 동시 사용자 수 별 네트워크에서의 유음 패킷 손실률에서 동시 사용자 수의 증가에 따라 패킷 손실이 해당 지점에서 나타나기 때문이다.

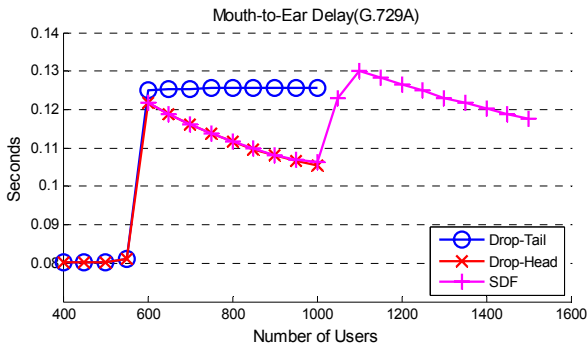


그림 5. 동시 사용자 수 별 Mouth-to-Ear 지연시간(G.729A)
Fig. 5. Mouth-to-Ear delay with respect to the number of simultaneous users with G.729A voice codec

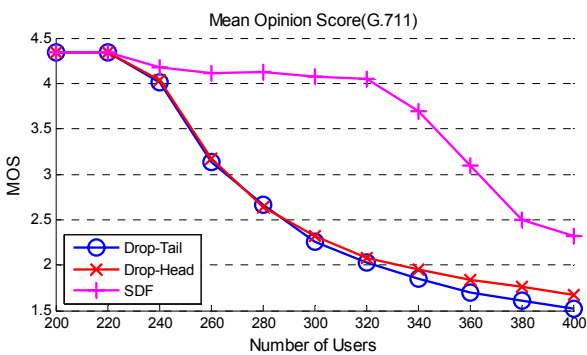


그림 6. 동시 사용자 수 별 MOS(G.711)
Fig. 6. MOS with respect to the number of simultaneous users with G.711 codec

5.3. 무음 패킷 발생 주기 별 성능 비교

무음 패킷의 발생 주기를 늘리면 무음 패킷이 생성되는 양이 줄어들어 동일 사용자 수에 대해 네트워크 용량의 여유가 생긴다. 그러나 무음 패킷 발생 주기가 늘어나게 되면 사용자의 오인이나 무선 체계의 오인으로 인해 음성 통신 세션이 끊어질 가능성이 높아진다. 즉, 패킷의 발생 주기는 시스템에 따라 변화 가능한 항목이므로 이에 의한 영향을 확인하기 위한 성능 비교를 수행하였다. 그림 8은 동시 접속 사용자수를 800명과 1000명으로 고정하고 무음 패킷의 발생 주기에 따라 평균 MOS의 변화를 나타낸 그래프이다. 동시 접속 사용자 수가 800명일 때는 drop-tail 기법을 이용하여도 무음 패킷의 발생 주기를 약 0.08초 이상으로 설정하면 무음 패킷으로 인한 영향이 감소하여 MOS가 3.2 이상의 수준으로 음성 서비스 제공이 가능하다. 그러나 동시 접속 사용자 수가 1000명일 경우에는 무음 패킷 발생 주기를 0.16초로 설정하여도 MOS가 3.2이 되지 않는다. 그러나 제안하는 기법을 이용할 경우 무음 패킷 발생 주기가 0.04초 이상으로 설정되면

800명과 1000명의 경우 모두 MOS가 3.2 이상이 되도록 음성 서비스 제공이 가능하다.

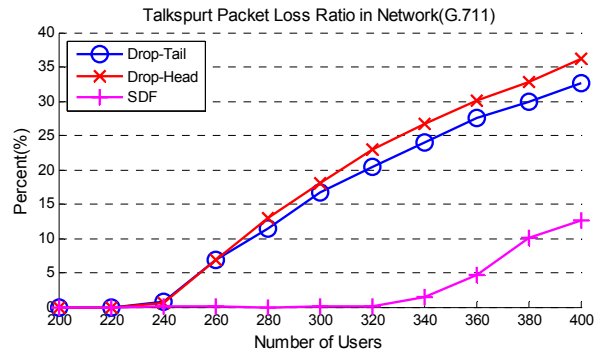


그림 7. 동시 사용자 수 별 네트워크에서의 유음 패킷 손실률(G.711)
Fig. 7. Talkspurt packet loss ratio in the network with respect to the number of simultaneous users with G.711 codec

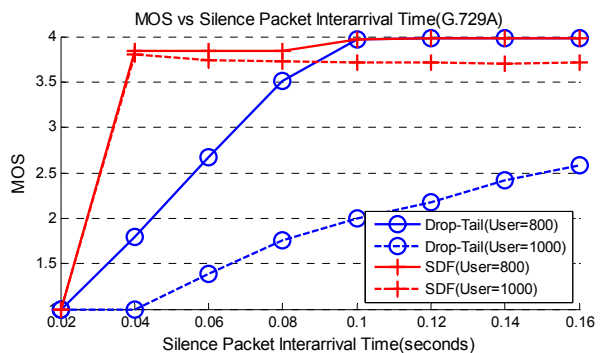


그림 8. 무음 패킷 발생 주기 별 MOS
Fig. 8. MOS with respect to silence packet inter-arrival time

5.4. 각 버퍼 관리 기법 별 필요 링크 용량 비교

음성 통신 시스템에서 목표로 하는 서비스 제공 사용자 수가 정해져 있다면 이를 달성하기 위해 필요한 링크 용량을 예상할 수 있다. 만약 더 적은 링크 용량으로도 목표 사용자 수에게 서비스 제공이 가능하다면 시스템 구축비용을 절감할 수 있다. 따라서 정해진 사용자 수에 따라 필요한 링크 용량을 비교하였다.

그림 9는 링크 용량 별 평균 MOS를 버퍼 관리 기법에 따라 나타낸 그래프이다. 이 그래프에서 drop-tail 및 drop-head를 이용하였을 경우에는 평균 MOS가 3.0이 되도록 서비스를 제공하기 위하여 약 8.5Mbps의 링크 용량이 필요함을 확인할 수 있다. 반면, 제안하는 버퍼 관리 기법을 활용할 경우 필요한 링크 용량은 약 5.5Mbps로 약 35.29%의 링크 용량 절감이 가능함을 확인할 수 있다.

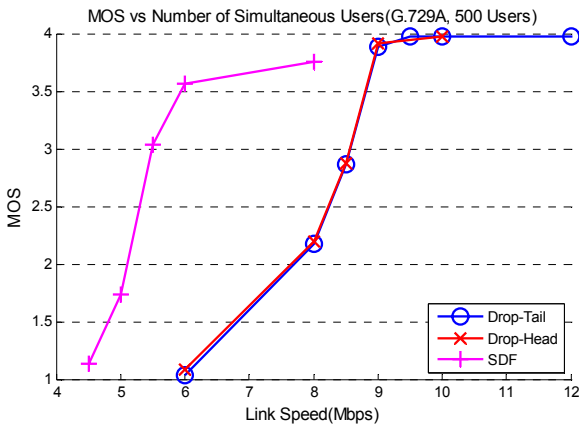


그림 9. 500명 동시 접속 시 링크 속도 별 MOS
 Fig. 9. MOS with respect to link speed when 500 simultaneous users communicate through the network

VI. 결 론

버퍼 관리에 있어서 응용 계층의 특성을 이해하고 이를 이용하여 알고리즘을 설계한다면 더 효율적인 네트워크 운용이 가능해진다. 본 논문에서는 무음 압축을 이용하는 음성 통신의 특성을 이용하여 네트워크 효율을 높이는 동적 버퍼 관리 알고리즘인 silence drop first 알고리즘을 제안하였다. 성능 평가 결과 제안하는 알고리즘을 이용하였을 때 음성 통화 용량의 증가가 가능하거나, 동일 사용자 수에 대해 일정 수준의 음성 통화 품질을 보장하기 위해 필요한 무음 패킷 발생 주기, 링크 용량 조건을 완화할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 버퍼 관리 알고리즘은 자원의 사용이 제한되는 상황에서 더 많은 동시 사용자 수 확보가 필요한 무선 네트워크 체계에 활용된다면 그 목적을 달성하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Y. W. Ha, B. S. Cho, "Trends and the Regulation Issues on Wireless/Mobile VoIP," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol.21, no.2, April 2006.
 하영욱, 조병선, 윤영석, "Wireless/Mobile VoIP 동향 및 규제 이슈," *전자통신동향분석* 제 21권 제 2호, April 2006.

[2] B. R. Kim, "About TICN", *The Korea Defense Daily*, October 21, 2010.
 김병륜, "TICN이란?," *국방일보*, 2010년 10월

21일

[3] I. A. Qaimkhani and E. Hossain, "Efficient Silence Suppression and Call Admission Control through Contention-Free Medium Access for VoIP in WiFi Networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 1, January 2008.

[4] S. M. Oh and J. H. Kim, "Application-aware Design to Enhance System Efficiency for VoIP Services in BWA Networks," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 13, no. 1, pp. 143-154, February 2011.

[5] Cisco Systems, "Quality of Service Solutions Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.1M&T"

[6] S. R. Kim, "Juniper Router QoS Overview," *Korea Juniper Networks*, June 2011.

[7] M. A. Labrador and S. Banerjee, "Packet dropping policies for ATM and IP networks," *IEEE Communications Surveys*, vol. 2, no.3, pp.2-14, 1999.

[8] S. Kim, T. Park, C. Kim, "Mean Value Analysis of the Waiting Time for the Drop-Head Buffer management," *IEICE Transactions on Communications*, vol. E85-B, no. 9, pp. 1860-1862, September 2002.

[9] K. H. Lee, H. J. Lee and J. H. Kim, "An Active Buffer Management Based on the Virtual Transmission Delay for Video Streaming Service," in *Proc. MILCOM 2011*, Baltimore, USA, 7-10. November 2011.

[10] ITU-T P.800, "Methods for Subjective Determination of Transmission Quality," 1996.

[11] Y. Xue, A. Zhuk, C. Christou, "Analysis of Performance Metrics for GIG voice and Video Service Classes," in *Proc. MILCOM 2007*, October 2007.

이 성 형 (Sung-Hyung Lee)



2007년 2월 아주대학교 전자공학부 졸업
 2009년 2월 아주대학교 전자공학과 석사 졸업
 2009년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 박사과정
 <관심분야> MAC 프로토콜, QoS, 국방 전술 네트워크 등

허 미 정 (Mi-Jeong Hoh)



1990년 2월 이화여자대학교 전자계산학과
 2005년 8월 충남대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업
 1990년 3월~현재 국방과학연구소 재직
 <관심분야> QoS, 국방 전술 네트워크 등

이 현 진 (Hyun-Jin Lee)



2004년 2월 아주대학교 전자공학부 졸업
 2009년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석/박사통합과정
 <관심분야> IEEE 802.11e, WLAN, Wibro, 무선망 QoS, Handover 등

최 증 원 (Jeung-Won Choi)



1989년 2월 충남대학교 계산통계학과 졸업
 1993년~1997년 충남대학교 전산학과 석/박사 졸업
 1997년~현재 국방과학연구소 책임연구원, PM
 <관심분야> 전술정보통신, 위성통신, 바이오통신, 정보융합

김 재 현 (Jae-Hyun Kim)



1987년~1996년 한양대학교 전산과 학사 및 석/박사 졸업
 1997년~1998년 미국 UCLA 전기전자과 박사 후 연수
 1998년~2003년 Bell Labs, Performance Modeling and

QoS Management Group, 연구원
 2003년~현재 아주대학교 전자공학부 교수
 <관심분야> 무선인터넷, QoS/QoE, MAC 프로토콜, IEEE 802.11/15/16, B4G, 국방 전술네트워크, 위성시스템 등

신 상 현 (Sang-heon Shin)



1998년 2월 영남대학교 전자공학과 학사
 1998년~2004년 영남대학교 정보통신공학과 석/박사 졸업
 2004년~2005년 미국 NIST 초정연구원

2005년~2007년 인텔 코리아 R&D 센터 과장
 2007년~2009년 POSDATA Flyvo 연구소 차장
 2009년~현재 삼성탈레스(주) 통신연구소 전문연구원
 <관심분야> WLAN, WiMAX, QoS, 군 전술통신망, 네트워크 M&S 등

이 형 주 (Hyung-Joo Lee)



1996년 2월 한서대학교 전산정보학과 졸업
 2000년~2011년 충남대학교 컴퓨터 과학교육 석사 및 전산학 박사 졸업
 2011년 6월~현재 국방과학연구소 재직

<관심분야> 전술정보통신, 무선센서네트워크 등

김 태 완 (Tae-Wan Kim)



1998년 2월 광운대학교 전자공학과 학사
 2008년 2월 고려대학교 전파공학과 석사
 1998년~현재 삼성탈레스(주) 통신연구소 전문연구원
 <관심분야> 라우팅 알고리즘, QoS, VoIP, MAC 프로토콜, 군 전술통신망 등