

論文2002-39TC-1-3

PDV를 이용한 가상 버퍼상의 AAL2 패킷 폐기 알고리즘과 성능분석

(Performance Analysis of AAL2 Packet Dropping Algorithm using PDV on Virtual Buffer)

鄭多位*, 趙榮鐘*

(Dawi Jeong and Young-Jong Cho)

요 약

패킷을 이용한 음성 서비스는 무선 망을 통한 음성 서비스 등으로 구현되고 있으며, 미래의 모든 음성 서비스는 패킷 기반형으로 진화할 것이다. 이러한 측면에서 ATM의 AAL2를 이용한 음성 패킷의 전달은 백본 망에서 음성 패킷의 전달 효율을 증가시키는 대표적인 방법이다. AAL2를 이용한 음성 서비스의 경우, 망의 자원이 허락되면 새로운 호의 연결을 수락한다. 하지만 새로운 호에 의해 발생하는 패킷으로 기존의 AAL2 연결의 전송 지연이 급격하게 증가할 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 AAL2를 이용한 음성 서비스를 제공하는데 있어, AAL2 버퍼 관리 매커니즘으로 N개의 호에 대해 N개의 가상 버퍼를 통하여 각각의 호에 대한 전송지연변이를 계산하고, 전송 지연 변이에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 제시한다. 이러한 패킷 폐기 알고리즘은 새로운 호의 수락으로 인해 발생하는 전송지연변이의 증가때문에 기존의 호의 QoS가 급격하게 악화되는 것을 방지한다. 그리고 중단 대 중단 지연에 영향을 미치는 AAL2 패킷 구성과 ATM 셀 구성의 요소를 분석하고, 음성 서비스를 ATM 셀로 만드는 과정을 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템과 MIN(K, Tc) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템으로 모델링함으로써, AAL2 패킷을 ATM 셀로 만드는 과정에서의 ATM 셀 밀집도와 AAL2 버퍼에서의 지연시간을 분석하였다. 제안하는 알고리즘을 모의 실험하여서 큐잉 시스템 모델링 결과와 비교하고 성능 결과를 분석하였다. 성능 분석 결과, AAL2 패킷 생성 시간과 ATM셀 생성 시간은 음성 소스의 갯수가 증가할 경우 전송 지연에 영향을 미치지 못하였으며, 제안하는 알고리즘은 음성 소스의 QoS를 저하하지 않은 수준에서 전송 지연을 낮게 유지할 수 있었다.

Abstract

Usage of ATM AAL2 packets becomes dominant to increase transmission efficiency of voice traffic in the backbone network. In case of voice service that uses AAL2 mechanism, if resources of network are enough, connection of new call is accepted. However, due to packets generated by the new call, transmission delay of packets from old calls can increase sharply. To control this behavior, in this paper we present an AAL2 buffer management scheme that allocates a virtual buffer to each call and after calculating its propagation delay variation(PDV), decides to drop packets coming from each call according to the PDV value. We show that this packet dropping algorithm can effectively prevent abrupt QoS degradation of old calls. To do this, we analyze AAL2 packet composition process to find a critical factor in the process that influences the end-to-end delay behavior and model the process by K-policy M/D/1 queueing system and MIN(K, Tc)-policy

* 正會員, 亞洲大學校 情報 및 컴퓨터工學部
(Division of Information and Computer Engineering,
Ajou University)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 :
97-0100-14-01-5)지원으로 수행되었음
接受日字:2001年7月25日, 수정완료일:2001年12月10日

M/D/1 queueing system. From the mathematical model, we derive the probability generating function of AAL2 packets in the buffer and mean waiting time of packets in the AAL2 buffer. Analytical results show that the AAL2 packet dropping algorithm can provide stable AAL2 packetization delay and ATM cell generation time even if the number of voice sources increases dramatically. Finally we compare the analytical result to simulation data obtained by using the COMNET III package.

I. 서 론

인터넷의 확산은 다양한 서비스를 인터넷을 통하여 제공하는 형태로 통합되고 있다. 그리고 사용자는 이동 중에서 서비스를 받기를 원함과 동시에 멀티미디어 서비스도 제공받기를 원한다. 이러한 추세는 회선 서비스로만 여겨졌던 음성 서비스의 영역을 패킷에 의한 음성 서비스로 변모 시키고 있다. 무선 단말에게 음성 패킷의 전달할 경우에는 가입자선로(local loop)의 여러 환경 때문에 중심망(Core Network)에서의 패킷 처리는 유선 보다 더욱 정확하고 신속한 처리를 요구하게 된다^[1]. 패킷에 의한 음성 서비스는 대역폭의 보장이나 패킷의 지연과 같은 QoS 문제를 가지고 있다. 현재는 QoS 보장을 위한 다양한 방법들이 연구되고 있지만, 확실한 QoS 보장을 위한 해결책은 제시되고 있지 않다.

QoS 문제를 해결하기 위한 한가지 방법은 음성을 위한 QoS 파라미터를 망 차원에서 지원하여서 음성 패킷이 망을 거쳐갈 때, QoS 파라미터를 보장 하는 것이다. 현재의 초고속 통신망에서는 중심망에 광전송 기술이 도입되므로 QoS 파라미터의 위반을 최소화하는 것이 가능하다. 이러한 광전송 기술의 핵심은 ATM 스위칭 기술이다. ATM은 다양한 서비스를 통합하고 고정된 크기의 패킷인 셀을 고속의 하드웨어 스위칭을 통하여 전송하므로 패킷이 거쳐가는 노드에서의 지연을 최소화하는 특징을 가지고 있다. ATM 은 음성 서비스를 위해서 CBR 서비스를 제공하고 있지만, 인터넷 음성 패킷의 CBR 전송은 ATM의 통계적 다중화 이득을 줄이게 된다. 그래서, ATM 포럼에서는 AAL2의 적응 계층의 표준을 제정하였다^[2,3].

AAL2를 이용한 음성 패킷의 ATM 셀로의 전송에도 문제점이 있다. 음성 서비스는 실시간 서비스이기 때문에 지연에 민감한 트래픽으로 구성된다. 음성 패킷은 엄격한 지연 한계점을 가지고 있기 때문에 한계점을 초과한 지연을 갖는 패킷은 음성 데이터로서의 역할을

상실하게 된다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 대부분의 연구는 음성 패킷이 지연에는 민감하지만 데이터 손실에는 덜 민감한 특성을 이용하여, 지연이 발생할 경우에는 음성 패킷의 덜 중요한 부분을 폐기하므로 지연의 발생을 최소화하고자 한다^[4-8]. 이와 같은 연구에서는 지연을 최소화하기 위해서 AAL2 버퍼의 용량에 따라서 AAL2 패킷을 폐기하고 있다. 그리고 가상 버퍼를 이용하여 UPC 파라미터를 예측하고자 하는 방법이 연구되기도 하였다^[9]. 한편 AAL2 패킷을 만드는 패킹(Packing) 시간을 줄이기 위한 Time_CU 값에 따른 통계적 다중화 이득의 차이를 구하는 연구가 이루어지기도 하였다^[10].

AAL2를 이용한 음성 서비스의 경우, 망의 자원이 허락하면 새로운 호의 연결을 수락한다. 하지만 새로운 호에 의해 발생하는 패킷으로 인하여 기존의 AAL2 연결의 전송 지연이 급격하게 늘어날 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 AAL2를 이용한 음성 서비스의 제공할 때에, AAL2 버퍼 관리 매커니즘으로 N개의 호에 대해 N개의 가상 버퍼를 통하여 각각의 호에 대한 전송 지연 변이(PDV)를 계산하고, PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 제시한다. 이러한 패킷 폐기 알고리즘은 새로운 호의 수락으로 인해 발생 가능한 PDV의 증가로 인해서 기존의 호의 QoS가 급격하게 떨어지는 것을 방지한다. 이와 같은 방법을 통하여, 기존의 연구^[4-8]에서의 문제점이라고 할 수 있는 지연 시간을 줄이기 위해서 AAL2 패킷을 폐기함에 있어서 음성 패킷의 특징을 고려하지 않고 단순히 버퍼의 용량에 따라서 패킷을 폐기함으로써 경우에 따라서는 무리 없이 모든 패킷을 전송할 수 있음에도 불구하고 패킷이 폐기될 가능성이 발생하는 경우와 패킷의 폐기에 있어 각각의 음성 소스를 고려하지 않음으로써 임의의 음성 소스 패킷이 다수 폐기될 가능성이 존재하는 경우를 막을 수 있다. 그리고 본 논문에서는 종단 대 종단 지연에 영향을 미치는 AAL2 패킷 구성과 ATM 셀 구성의 요소를 분석하고, 음성 서비스를 ATM 셀로 만드는 과정

을 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템과 MIN(K, Tc) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템으로 모델링함으로써, AAL2 패킷을 ATM 셀로 만드는 과정에서의 ATM 셀 밀집도와 AAL2 버퍼에서의 지연시간을 분석한다. 마지막으로 제안하는 알고리즘을 모의 실험하여서 큐잉 시스템 모델링 결과와 비교하고 성능 결과를 분석한다.

본 논문의 2장에서는 향상된 AAL2 음성 서비스를 제공하기 위한 방안을 제시하며, 3장에서는 AAL2 버퍼 매커니즘을 MIN(K, Tc)-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템과 K-정책을 갖는 큐잉 시스템을 이용하여 큐잉 시스템 모델을 제시하며, 제안하는 알고리즘을 큐잉 시스템을 이용하여 성능 분석한다. 4장에서는 컴퓨터를 이용한 모의 실험을 통하여 제안하는 알고리즘의 성능을 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 향상된 AAL2 음성 서비스 제공 방안

1. PDV에 따른 AAL2 가상 버퍼 알고리즘

음성 패킷 서비스의 일반적인 환경인 IS-95 기반의 CDMA 시스템에서는 매 20ms마다 음성 패킷이 생성된다. 모든 이동 단말기는 매 20ms 틱(tick)마다 패킷을 전송한다. 이 경우에 PDV는 활성 중인 호의 수에 기반하여 20ms까지 허용될 수 있다. 음성 통신의 경우, 종단 대 종단 지연은 100ms에서 150ms의 범위에 있어야 한다. 그러나 종단 대 종단 지연에는 코딩, 인터리빙, 디코딩, 디인터리빙 등이 지연의 일부로 포함되기 때문에 20ms는 추가적으로 허용될 수 있는 지연의 경계점이 된다. 이동 단말로 부터 패킷의 전송은 주어진 시간인 틱마다 이동 단말의 집합들에 의해 발생된다. 이러한 집합을 오프셋 그룹이라고 하며, 4개의 오프셋 그룹이 매 5ms 마다 패킷을 전송한다고 하면, 허용될 수 있는 PDV의 경계점은 5ms가 될 것이다^[2]. 이와 같이 서비스에 따른 PDV의 경계점을 T_p 라고 하자. 만약 새로운 호의 요청에 따라 연결을 수락하였을 경우, 기존에 연결된 호들의 PDV가 T_p 를 넘게 되면 새로운 호에 의해 기존의 호의 QoS가 급격하게 저하되게 된다. 따라서 제안하는 알고리즘에서는 새로운 호의 수락에 의해 기존의 호의 QoS가 급격하게 저하하게 되는 것을 막기 위해 새로운 호에 의해 기존의 호의 PDV가 T_p 를 넘게 될 경우, AAL2 버퍼로 향하는 패킷의 일부를 폐기함으로써 AAL2 연결을 이루는 각각의 호의 QoS를 유지하고자 한다. <그림 1>은 제안하는 알고리즘의

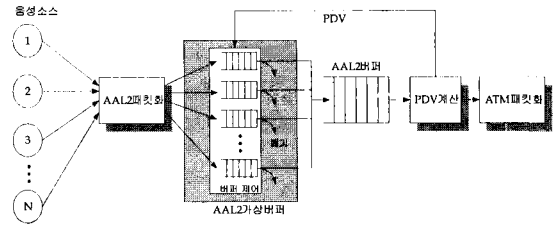


그림 1. PDV를 이용한 가상 버퍼 관리 알고리즘의 구조
Fig. 1. The architecture of the virtual buffer management algorithm using PDV.

구조를 도시한 것이다.

<그림 1>에서의 AAL2 가상 버퍼는 AAL2 버퍼의 일부분으로 논리적인 부분이다. AAL2 가상 버퍼에서는 PDV의 임계치인 T_p 를 유지하기 위해서 AAL2 패킷의 일부를 폐기함으로써 AAL2 패킷의 전송률을 조절한다. $w_{n,t}$ 를 임의의 t시간(t는 양의 정수)에서 n번째 음성 소스가 AAL2 버퍼에서 지연된 시간이라고 하자. 그러면 n번째 음성 소스의 처음 지연 차이인 $w_{n,1}^-$ 는 식(1)과 같다.

$$w_{n,1}^- = (w_{n,2} - w_{n,1})u(w_{n,2} - w_{n,1}) \quad (1)$$

여기서 $u(n)$ 은 단위함수로 식(2)와 같다.

$$u(n) = \begin{cases} 1, & n \geq 0 \\ 0, & n < 0 \end{cases} \quad (2)$$

새로운 호가 들어오거나 종료되는 시점인 임의의 t시간에서 n번째 음성 소스의 지연 차이인 $w_{n,t}^-$ 는 식(3)과 같다.

$$w_{n,t}^- = (w_{n,t} - w_{n,t-1})u(w_{n,t} - w_{n,t-1}), \quad \text{where } 1 \leq t < \infty \quad (3)$$

따라서 음성 소스들이 임계치 T_p 안에서 AAL2 패킷을 전송하는지는 식(4)을 통하여 알 수 있다.

$$T_p \leq PDV_{n,t}, \quad \text{where } PDV_{n,t} = (w_{n,t}^- - w_{n,1}^-)u(w_{n,t}^- - w_{n,1}^-) \quad (4)$$

여기서 $PDV_{n,t}$ 는 t시간에서 n번째 음성 소스의 PDV이다. 위와 같이 임계치를 만족하는 조건을 가지고 종단

```

if(n-th call admission condition){
  for(i=1; i<n;i++){
    if(PDVn-1 > Tp){
      Sequential Increment of (n-1)-th AAL2 packet dropping rate
      break
    }
  }
  if(i == n) exit
  else retrial on t+1 time
}
if(n-th call departure condition){
  Sequential Recovery of (1-n)-th AAL2 packet dropping rate
}
    
```

그림 2. 제안하는 알고리즘
Fig. 2. Proposal algorithm.

대 중단 지연에 대한 QoS를 보장하기 위한 알고리즘을 제시하였다. 제안하는 알고리즘은 <그림 2>과 같다.

새로운 호가 들어오게 되면 AAL2 버퍼 상에서 기존의 호에서 발생하는 패킷의 지연이 증가하게 된다. 이 증가분이 지연 변이를 이룬다. 따라서 새로운 호가 발생하는 경우와 기존의 호가 완료되는 경우에 제안하는 알고리즘은 다음과 같이 동작한다.

- (1) n번째의 새로운 호가 발생할 경우, n번째의 새로운 호에서 발생하는 패킷을 포함하여, 이전의 모든 호에 대한 PDV_{i,t}를 계산한다. 여기서 i는 1부터 n-1번째까지의 호를 나타내고, t는 호 수락이 받아들여져서 n번째 호의 패킷을 포함하여 PDV를 계산할 수 있는 시간이다.
- (2) 만약 1부터 n-1번째의 호 중에서 하나라도 T_p를 넘는 PDV가 존재하면, n번째 AAL2 패킷의 폐기율을 1/n으로 한다.
- (3) n번째 이전의 모든 호에 대한 PDV_{i,t+1}을 계산한다. 만약 다시 T_p를 넘는 PDV가 존재하면, n번째 AAL2 패킷의 폐기율을 2/n으로 한다.
- (4) n번째 이전의 모든 호에 대한 PDV_{i,t+2}를 계산한다. 만약 다시 T_p를 넘는 PDV가 존재하면, n-1 번째 AAL2 패킷의 폐기율을 1/n으로 한다.
- (5) 위와 같은 방법으로 새로운 n번째의 호로 인해 PDV가 T_p를 넘게 되면, n번째 호부터 순차적으로 i/n, (i-1)/n, (i-2n번째 이전의 모든 호의 PDV가 T_p를 넘지 않게 한다.
- (6) 기존의 호가 완료되는 경우에는 패킷 폐기율을 n번째에서 가장 먼쪽의 호부터 매 t시간 마다 증가된 패킷 폐기율을 감소시킨다. 마찬가지로 모든 PDV가 T_p를 넘지 않을 경우까지만 패킷 폐기율을 감소시킨다.

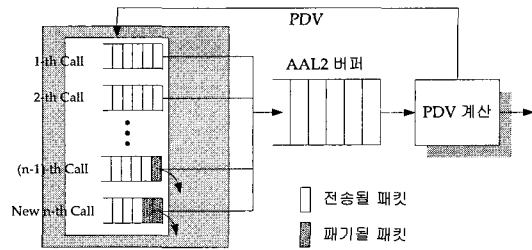


그림 3. 새로운 호의 추가시에 세번의 t시간 동안의 알고리즘 수행 결과

Fig. 3. When new call is connected, the result that was executed by algorithm during 3 times.

<그림 3>는 n번째의 새로운 호의 도착으로 T_p를 넘는 PDV의 발생에 의해 세번의 t시간동안 알고리즘을 수행한 결과를 도시한 것이다. 즉 n번째 호에서 발생하는 패킷은 n개 중에 2개는 폐기되며, n-1번째 호에서 발생하는 패킷은 n개 중에 1개는 폐기된다.

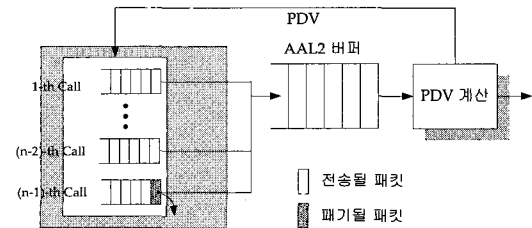


그림 4. 호 완료시에 두번의 t시간 동안의 알고리즘 수행 결과

Fig. 4. When call is completed, the result that was executed by algorithm during 2 times.

<그림 4>는 n개의 호 중에서 하나의 호가 완료되어진 경우, 두번의 t시간동안 알고리즘을 수행한 결과를 도시한 것이다. 즉 <그림 3>에서의 n-1 번째 호의 폐기율은 정상으로 복구되었으며, n번째 호의 폐기율도 낮아짐을 보인다.

III. 큐잉 시스템을 이용한 성능 분석

<그림 5>는 음성 소스가 AAL2를 이용하여 음성 서비스를 제공하고자 할 경우에 ATM 셀이 만들어지기까지의 과정을 도시한 것이다.

위의 <그림 5>에서 볼 수 있듯이 음성 소스가 AAL2를 이용할 경우 추가적으로 걸리는 시간은 세가지로 나눌수 있다.

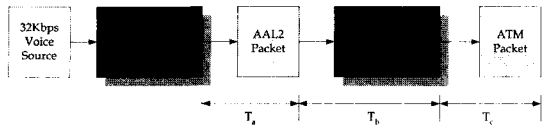


그림 5. AAL2를 이용하는 음성 소스의 경우 추가적으로 걸리는 시간

Fig. 5. Time that take additionally in case of voice source that use AAL2.

▶ AAL2 패킷 생성 시간(=T_a) : 송신단으로 부터 생성된 음성소스를 AAL2 패킷 헤더 3옥텟을 포함하는 AAL2 패킷을 만드는 시간이다. T_a 값이 클 경우는 종단 대 종단 지연 시간은 증가하지만, AAL2 패킷 헤더 3옥텟에 대한 AAL2 패킷 페이로드의 크기가 증가하게 되어 오버헤드가 감소하게 된다. 반면, T_a 값이 적을 경우에는 오버헤드는 증가하지만 종단 대 종단 지연 시간이 감소하게 된다.

▶ AAL2 버퍼링 시간(=T_b) : 3옥텟의 헤더를 포함한 AAL2 패킷이 ATM 셀이 되기 위해서 순서를 기다리는 시간이다. T_b는 하나의 ATM VC를 사용하는 음성 소스들이 많을 경우에 지연 시간이 증가하게 된다.

▶ ATM 셀 생성 시간(=T_c) : 3옥텟의 헤더를 포함한 AAL2 패킷들을 SIF 필드를 제외한 47옥텟의 ATM 페이로드에 채우는 시간이다. T_c는 버퍼에 AAL2 패킷이 존재하여 T_c 시간 내에 ATM 페이로드를 채우게 되면, T_c 지연 시간과 관계없이 ATM 셀을 전송한다. 그러나 버퍼에 AAL2 패킷이 존재하지 않으면, T_c 지연 시간 만큼 기다린 후에 ATM 셀을 전송한다.

T_b와 T_c 는 서로 상반된 의미를 가지고 있다. T_b 가 존재하지 않을 경우에 T_c 값이 존재하게 되며, T_b 가 존재하면, T_c 값은 존재하지 않게 된다.

1. MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템을 이용한 AAL2 버퍼의 분석

다음 <표 1>은 분석을 위해 사용되는 기호들을 나열한 것이다.

T_b 지연이 발생하는 시점 이후에는 버퍼는 T_c 시간을 기다리지 않기 때문에 C의 처리율을 가진다.

버퍼로의 입력인 는 식(5)의 도착율을 가지는 포아송 분포로 가정한다^[11].

$$\lambda = N \cdot P \cdot \mu \tag{5}$$

AAL2 버퍼의 지연 시간은 도착율이 N*P*μ이고 서비

표 1. 분석을 위해 사용되는 기호들
Table 1. Notations for equations.

N	음성 소스의 갯수
S	음성 활성화 기간동안 생성되는 패킷의 갯수
B	패킷 수로 나타내는 버퍼의 최대 크기
C	초당 패킷수로 나타내는 링크 속도
P	초당 패킷수로 나타내는 음성 소스의 최대 패킷 전송률
μ	음성 활성화 요소
b	버퍼에 있는 패킷수를 나타내는 램덤 변수
K	ATM 페이로드를 다 채울 수 있는 AAL2 패킷 갯수

스율이 C인 M/D/1 큐잉 시스템을 통하여 유도할 수 있다. 단, 마지막으로 버퍼에 남아 있는 AAL2 패킷의 갯수는 K개이고, K개가 서비스되는 동안 새롭게 들어오는 패킷이 없으면 버퍼는 비게 된다. 이후에는 K개의 패킷이 들어오든지, 아니면 시간 T_c시간이 지난 후에야 서비스를 시작하게 된다. 따라서 휴가형(Vacation type) M/D/1 큐잉 시스템이 더욱 정확한 모델이 될 것이다. 위와 같이 시스템의 서버가 휴가를 떠난 후에 K개의 패킷 도착과 T_c 시간을 고려하여 휴가에서 복귀하는 M/D/1 큐잉 시스템으로 설계한다. 이와 같은 휴가형 M/D/1 큐잉 시스템은 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템이 된다^[12]. 위와 같은 조건에서 서비스가 시작될 경우는, K-정책을 만족하는 경우와 T_c-정책을 만족하는 경우로 나뉘어 진다. 휴가 기간(vacation period)이 시작된 이후에, T_c 기간이 지나기 전에 K개 이상의 패킷이 도착하면 K-정책에 의해 바쁜 기간(busy period)이 시작된다. 이와 같이 바쁜 기간이 시작될 확률인 PK 는 식(6)와 같다.

$$P_K = \frac{1}{F_1(T_c)} F_K(T_c) \tag{6}$$

여기서 Fⁿ(t)는 n번째 패킷의 도착시점을 나타내는 분포함수로서 다음 식(7)과 같은 정의를 갖는다.

$$F_n(t) = \int_0^t \frac{\lambda(\lambda t)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda t} dt = 1 - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad t \geq 0 \tag{7}$$

휴가 기간이 시작된 이후에, T_c 기간 동안 K-1개 이

하의 패킷이 도착하면 T_c -정책에 의해 바쁜 기간이 시작된다. 이와 같이 바쁜 기간이 시작될 확률을 PT_c 라고 하면, PT_c 는 식(8)와 같다.

$$P_{T_c} = \frac{1}{F_1(T_c)} [F_1(T_c) - F_K(T_c)] \quad (8)$$

M/G/1 큐잉 시스템에서 n명으로 시작되는 바쁜 기간은 1개의 패킷으로 시작되는 바쁜 기간의 n차 중합이므로, 바쁜 기간 시작 시간의 패킷수를 알면, 이를 이용하여 버퍼의 바쁜 기간의 평균 길이를 구할 수 있다^[13]. 즉 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템에서도 바쁜 기간 시작 시점의 패킷의 갯수를 알면 바쁜 기간 동안의 버퍼의 평균 길이를 구할 수 있다. 따라서 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 바쁜 기간 시작 시점의 패킷수의 PGF를 $N_B(z)$ 라고 하면 $N_B(z)$ 는 식(6),(8)를 이용하여 다음 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$N_B(z) = \frac{1}{F_1(T_c)} \left\{ \sum_{n=1}^{K-1} z^n [F_n(T_c) - F_{n+1}(T_c)] + z^K F_K(T_c) \right\} \quad (9)$$

위의 식(9)를 이용하여 바쁜 기간의 평균 패킷수인 $E(N_B)$ 를 식(10)과 같이 구할 수 있다.

$$E(N_B) = \frac{1}{F_1(T_c)} \sum_{n=1}^K F_n(T_c) \quad (10)$$

휴가 기간이 되기 전의 버퍼에 있는 패킷의 갯수는 K개라고 가정하였다. 따라서 시스템은 버퍼에 있는 모든 패킷을 서비스한 후에야 휴가 기간에 들어간다. 따라서 완전서비스를 갖는 휴가형 큐잉 시스템에서의 고객수의 분해성질(decomposition)^[13]에 의해 MIN(K, T_c)를 정책을 갖는 M/D/1에서의 시스템에서의 패킷의 갯수는 M/D/1 큐잉 시스템의 패킷수의 PGF와 재생이론에 의한 바쁜 기간 시작점에서의 패킷수를 재생 간격으로 갖는 이산시간 재생과정에서의 경과 시간으로 분해된다. MIN(K, T_c) 정책의 M/D/1 큐잉 시스템의 안정상태에서의 패킷수의 PGF인 $P(z)$ 는 식(11)과 같다.

$$P(z) = (PGF \text{ of } M/D/1) \cdot$$

(25)

$$\frac{F_1(T_c) - \left[\sum_{n=1}^{K-1} z^n (F_n(T_c) - F_{n+1}(T_c)) + z^K F_K(T_c) \right]}{\sum_{n=1}^K F_n(T_c)} \quad (11)$$

앞에서 본 모델을 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/G/1 큐잉 시스템로 정의하기 위해서 시스템에 대기중인 마지막 패킷의 갯수는 K개라고 가정하였다. 하지만 실질적으로 시스템이 휴가기간에 들어가기 바로 전의 패킷의 갯수는 1개 부터 K개까지의 갯수를 갖는다. 여기서 K개의 패킷을 갖을 경우는 앞에서 구한 경우와 동일하게 K개의 패킷을 모두 서비스 한 후에야 휴가기간에 들어가지만, 1개부터 K-1개까지의 패킷을 가지고 있는 경우는 버퍼에서의 대기 시간이 증가한다. 즉 MIN(K, T_c) 정책에 의해 바쁜 기간을 시작하는 순간에서 증가한 대기시간이 바쁜 기간을 끝내는 기간에도 존재하게 된다.

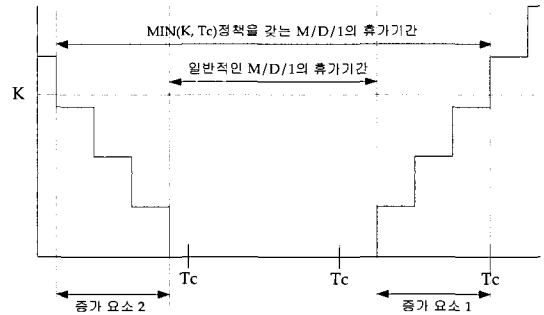


그림 6. MIN(K, T_c)정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 대기시간에 대한 증가 요소

Fig. 6. Increment factor of waiting time at M/D/1 queueing system with MIN(K, T_c)-policy.

<그림 6>은 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템이 일반적인 M/D/1 큐잉 시스템보다 대기 시간이 증가함을 도시한 것이다. 위의 <그림 6>에서 증가요소1은 앞의 식(9),(10)에 반영되어 있다. 하지만 증가요소2는 반영되어 있지 않다. 증가요소 1에 의한 대기시간의 증가분과 증가요소2에 의한 증가분은 직관적으로 보았을 때 그 크기가 같을 것이다. 따라서 서비스 시간이 1/C로 고정되고 서비스 시간의 분산이 0인 MIN(K, T_c)정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 평균 대기 시간인 $E_{MIN}(W_q)$ 을 식(12)과 같이 유도할 수 있다.

$$E_{MIN}(W_q) = \frac{\sum_{n=1}^{K-1} n(n-1)(F_n(T_c) - F_{n+1}(T_c)) + K(K-1)F_K(T_c)}{\lambda \sum_{n=1}^K F_n(T_c)}$$

$$+ \frac{\lambda(\sqrt{C})^2}{2(1-\rho)} \quad (12)$$

마찬가지로 $\text{MIN}(K, T_c)$ 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 버퍼에서 평균 대기 패킷의 갯수 $L_{\text{MIN-}q}$ 는 식(12)와 <그림 6>의 가정에 따라서 다음 식(13)과 같이 유도할 수 있다.

$$L_{\text{MIN-}q} = \frac{\sum_{n=1}^{K-1} n(n-1)(F_n(T_c) - F_{n+1}(T_c)) + K(K-1)F_K(T_c)}{\sum_{n=1}^K F_n(T_c)} + \frac{\lambda^2 E(S^2)}{2(1-\rho)} \quad (13)$$

2. K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템을 통한 AAL2 버퍼의 분석

$\text{MIN}(K, T_c)$ 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템은 서비스의 시작이 K개의 패킷이 들어오든지, 아니면 시간 T_c 시간이 지난 후에 이루어진다. 여기서 K개의 패킷이 T_c 시간안에 들어오면, AAL 패킷은 ATM 셀을 모두 채우게 된다. 하지만 T_c 시간이 지난 후에 서비스가 시작될 경우에는 AAL2 패킷은 ATM 셀을 모두 채우지 못한다. 그러나 ATM은 ATM 셀의 비워진 부분을 모두 채워서 전송하게 된다. 따라서 서비스가 시작되는 시점에서의 ATM 셀안의 AAL2 패킷의 갯수는 무조건 K개가 된다. 이와 같은 성질에 따라서 식(9)의 바쁜 시간 시작 시점의 패킷수의 PGF를 식(6),(8)을 이용하여 구하게 되면 식(14)와 같다.

$$N_B(z) = \frac{1}{F_1(T_c)} \left\{ z^K [F_1(T_c) - F_K(T_c)] + z^K F_K(T_c) \right\} = z^K \quad (14)$$

위의 식(14)의 결과는 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 바쁜 시간 시작 시점의 패킷수의 PGF이다. 따라서 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템을 이용하여 AAL2 버퍼내의 평균 패킷수와 평균 대기 시간을 구할 수 있다. 그리고 <그림 6>에서의 가정을 여기에도 적용시킨다. 즉 시작 시점에서의 추가분은 시스템이 유휴기간에 들어서는 지점에서도 똑같이 적용된다. 따라서 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템에서의 버퍼내의 평균 대기 패킷 수인 L_{K-q} 와 평균 대기 시간인 $E(W_{K-q})$

는 식(15),(16)과 같다.

$$L_{K-q} = K - 1 + \frac{\lambda^2 (\sqrt{C})^2}{2(1-\rho)} \quad (15)$$

$$E(W_{K-q}) = \frac{K-1}{\lambda} + \frac{\lambda(\sqrt{C})^2}{2(1-\rho)} \quad (16)$$

3. 큐잉 시스템 모델을 통한 ATM 셀의 밀집도 계산
ATM 셀의 밀집도는 AAL2 패킷이 T_c 시간안에 ATM 셀을 얼마나 채우는가를 나타내는 척도이다. ATM 셀은 T_c 시간이 지난 후에는 ATM 셀안의 비어 있는 공간을 모두 채워서 전송한다. 따라서 ATM 셀안의 비어 있는 공간이 많을 수록 ATM 셀내의 AAL2 패킷의 밀집도는 낮아지게 된다. ATM 셀안에 AAL2 패킷이 모두 차 있게 되면, 밀집도는 1이 된다. T_c 시간안에 도착한 K개보다 작은 패킷의 평균 갯수는 $L_{\text{MIN-}q}$ 를 통하여 알 수 있다. 만약 T_c 시간안에 K개 보다 작은 패킷만이 존재하면, K개 보다 작은 패킷 수가 $L_{\text{MIN-}q}$ 에 적용된다. L_{K-q} 는 T_c 시간안에 K개 보다 작은 패킷만이 존재하여도, 서비스의 시작은 K개로 시작하는 경우를 나타낸다. 따라서 ATM 셀을 채우지 못하는 빈공간의 갯수 N_E 는 식(17)와 같다.

$$N_E = L_{K-q} - L_{\text{MIN-}q} \quad (17)$$

이 N_E 를 가지고 밀집도인 D를 식(18)와 같이 구할 수 있다.

$$D = 1 - \left(\frac{N_E}{L_{K-q}} \right) \quad (18)$$

4. 큐잉 시스템 모델을 통한 PDV와 평균 패킷 손실 갯수의 계산

여기서는 식(16)에서 구한 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템의 평균 대기 시간을 이용하여 PDV를 계산하고자 한다. 식(4)의 PDV_{nt} 는 n번째의 호가 도착하였을 때의 전송하는 패킷간의 지연차와 t시간이 지난 후에 전송하는 패킷간의 지연차의 차이를 나타낸다. 결국에는 식(4)의 다른 모습은 식(19)과 같다. 즉 식(4)에서 구하고자 하는 PDV_{nt} 는 AAL2 버퍼의 대기시간의 차이와 같다.

$$PDV_{n,t} = \{E_{K-q}(W_q) | \lambda = (n+n')P\mu\} - \{E_{K-q}(W_q) | \lambda = nP\mu\} \quad (19)$$

단, n은 t시간동안 추가된 호의 갯수이다.

$W_q^n \equiv \{E_{K-q}(W_q) | \lambda = nP\mu\}$ 라고 정의하고, 하나의 ATM VC를 공유하는 AAL2 호의 총 갯수를 N 이라고 하면 W_q^n 의 범위를 식(20)과 같은 행렬로 나타낼 수 있다.

$$W[N, N] = \begin{bmatrix} W_q^1 & \dots & W_q^{N-3} & W_q^{N-2} & W_q^{N-1} & W_q^N \\ W_q^2 & \dots & W_q^{N-2} & W_q^{N-1} & W_q^N & \\ W_q^3 & \dots & W_q^{N-1} & W_q^N & & \\ W_q^4 & \dots & W_q^N & & & \\ \vdots & \vdots & & & & \\ W_q^N & & & & & \end{bmatrix} \quad (20)$$

임의의 시점 t에서 n번째 호의 PDV_{n,t}는 식(21)과 같다.

$$PDV_{n,t} = |W[1, n] - W[n', n]|, \quad \text{where } 1 \leq n \leq N, n' \leq N - n \quad (21)$$

여기서 |n|는 n의 절대값을 의미한다.

따라서 평균 손실 패킷의 갯수인 E(P_{loss})는 식(22)과 같다.

$$E(P_{loss}) = \{(PDV_{n,t} - P_t)\mu(PDV_{n,t} - P_t)\} * C \quad (22)$$

IV. 모의 실험

1. 모델

모의 실험은 COMNET III 를 이용하였다^[14]. <그림 7>은 AAL2 음성 패킷 서비스를 모의 실험하기 위한 모델을 도시한 것이다. n개의 음성 소스는 ATM 에지 스위치 1에서 AAL2를 이용한 ATM 셀로 변환되어 ATM 망을 거치게 된다. 망의 혼잡 상황은 ATM 에지 스위치 1, 2 와 ATM 스위치 1에서 모두 발생 가능하다. 따라서 본 논문에서는 중단 대 중단 지연 변이에 따른 음성 패킷의 무효화를 막기 위한 방법으로 ATM 에지 스위치 1에서 PDV에 따른 AAL2 패킷 폐기 알고리즘을 적용한다. 물론 어느 정도의 PDV는 ATM 에지 스위치 2의 Play-out 매커니즘을 통하여 복구가 가능

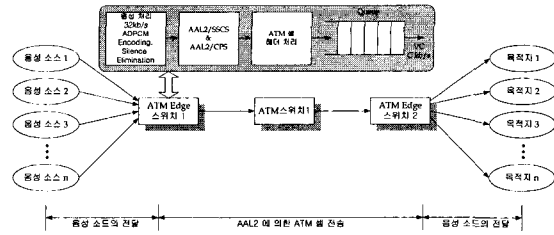


그림 7. 모의 실험 모델
Fig. 7. Simulation Model.

하지만, 본 논문에서는 Play-out 매커니즘을 제외한 PDV의 임계치를 가지고 모의 실험하였다. 제안한 알고리즘에 Play-out 매커니즘을 추가할 경우에는 음성 소스측에서의 PDV 임계치 값을 증가시킴으로 AAL2 패킷 폐기율을 낮게 유지할 수 있다.

2. 모의 실험에 따른 분석

서로 다른 음성 소스들이 AAL2를 거쳐서 하나의 VC를 통하여 전송된다. 다중의 음성 소스는 32kb/s ADPCM 과 음성의 비활성기간 제거 매커니즘을 통해 압축된다. 압축된 음성 소스는 AAL2/CPS와 AAL2/SSCS 과정을 통해서 AAL2 패킷을 형성한다. 다중의 AAL2 패킷은 ATM 셀을 형성한 후 하나의 VC를 통하여 전송된다. AAL2 헤더(3 옥텟)를 만드는 시간은 AAL2 유효부하 공간을 조합하는 시간에 비해 상당히 작기 때문에 무시한다. T_a는 중단 대 중단 지연에서 허용될 만큼 상당히 작은 값으로 할당되어야 한다. 만약 T_a=5ms 이면, AAL2 헤더를 포함한 AAL2 음성 패킷의 크기는 23 옥텟이 된다. 일반적으로 음성 패킷의 활성 기간이 400ms 이고 비활성 기간이 600ms 라고 하면, 각 음성 소스는 활성 기간동안 80개의 패킷을 생성할 수 있다. AAL2 패킷으로 부터 ATM 셀을 만드는 시간인 T_c는 충분히 작은 값으로(예, 2 ms), 이 시간 동안 생성된 AAL2 패킷을 ATM 셀 유효부하 공간에 채

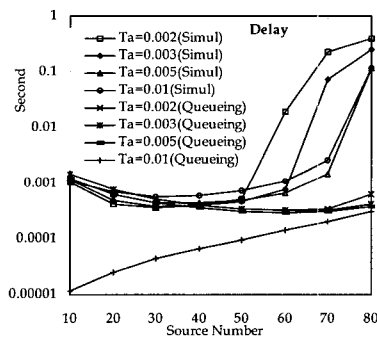
표 2. Ta에 따른 AAL2 패킷 생성 값
Table 2. Packet creation value according to Ta.

Ta	헤더 3옥텟을 포함한 AAL2 패킷 크기	음성 활성 기간동안 AAL2 패킷 수	하나의 ATM셀안의 AAL2 갯수
2	11	200	4.273
3	15	133	3.133
5	23	80	2.043
10	43	40	1.093

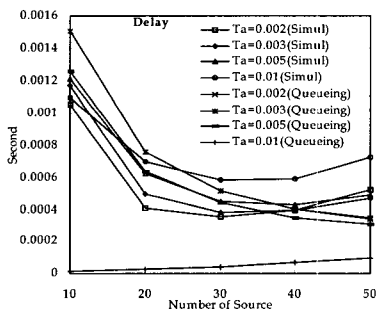
운다. 만약 47 옥텟을 다 채우면 채워진 ATM 셀이 전송되고, T_c 시간 동안 47 옥텟이 다 채워지지 않으면 그 상태로 ATM 셀을 만들어서 전송한다. 다음 <표 2>는 T_a 값에 따른 AAL2 패킷의 크기와 음성 활성화 기간 동안 발생하는 AAL2 패킷의 갯수와 하나의 ATM 셀을 채울 수 있는 AAL2 패킷의 갯수를 정리한 것이다.

1. 시나리오 1

시나리오 1은 T_a 값을 <표 2>와 같이 변화를 주면서, T_c 의 값은 2ms으로 고정하였다. 음성은 32kbps ADPCM과 음성 비활성 기간 제거 매커니즘을 이용하였고, 활성화 기간은 400ms로 하였고 비활성 기간은 600ms로 하였다. 링크 속도는 1.5Mbps로 하였다. 음성 소스의 갯수는 10개 부터 100개까지 변화를 주면서 성능을 분석하였다. <그림 8>는 일반적인 AAL2 음성 소스의 소스단에서의 지연 변이를 모의 실험한 결과와 큐잉 시스템에 의한 분석 결과를 도시한 것이다.



(a)



(b)

그림 8. 일반적인 AAL2 음성 소스의 소스단에서의 지연 (a) 10~80 개의 소스에 대한 지연 (b) 10~50 개의 소스에 대한 지연

Fig. 8. Delay of AAL2 voice source at the sender. (a) Delay about 10~80 sources (b) Delay about 10~50 sources.

<그림 8>에서와 같이 10개에서 50개까지의 소스는 큐잉 시스템 모델에 의한 결과와 모의 실험에 의한 결과가 거의 같게 나타남을 볼 수 있다. 음성 소스의 갯수가 40개 이하에서는 지연이 점차 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 음성 소스의 갯수가 증가하면서 T_c 에 의한 지연 요소가 사라지는 것을 의미한다. 모의 실험에서는 음성 소스의 갯수가 50이 넘어가면 지연이 급격하게 증가함을 보인다. 이는 음성 소스의 증가가 기존의 AAL2 연결에도 영향을 미침을 알 수 있다. 모의 실험과 큐잉 시스템 모델에 의한 결과 모두가 지연이 급격하게 증가하기 전까지는 1ms 수준의 지연을 가짐을 알 수 있다. 이는 PDV에 영향을 미치는 값이 아니다. 하지만 음성 소스의 갯수가 증가됨에 따라서 지연이 100ms 이상으로 급격하게 증가하게 되므로 이 경우에는 PDV에 영향을 주게 될 것이다. 뿐만 아니라 음성 소스가 80을 넘어서면 T_a 값에 상관 없이 지연이 100ms로 급격하게 증가 함에서 볼 수 있듯이, T_a 값의 변화는 지연 증가에 많은 영향을 미치지 못함을 볼 수 있다. <그림 8>에서 다른 선과 다르게 맨 아래에 있는 선은 $T_a=0.01$ 일 경우의 큐잉 시스템 모델에 의한 값으로, 일반적인 M/D/1 값을 갖게 된다. 즉 T_c 시간 동안 기다리는 AAL2 패킷의 개수가 1개인 경우이다. 큐잉 시스템 모델에서는 일반적인 M/D/1 큐잉 시스템으로 모델링 되어지지만, 실질적으로는 입력되는 패킷이 존재하지 않더라도 하나의 AAL2 패킷을 포함하는(정확히는 비워있는) ATM 셀을 전송한다. 이와 같은 이유로 발생하는 차이를 <그림 8>의 맨 아래선이 보여주고 있다.

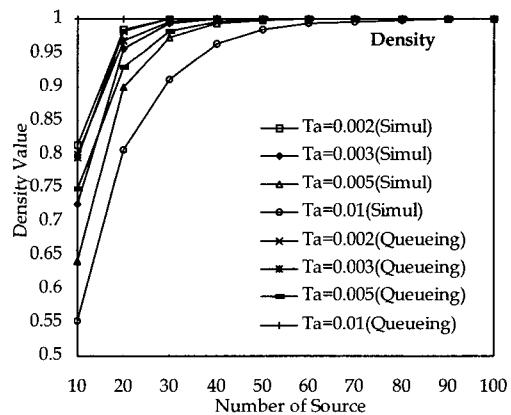
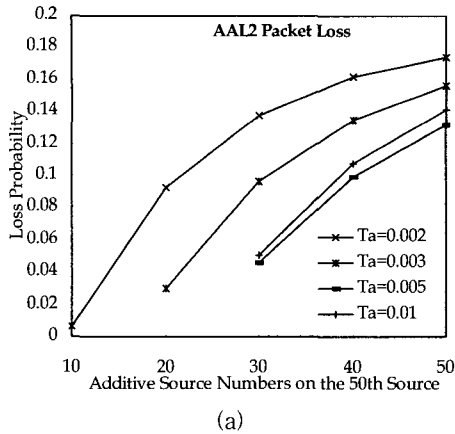
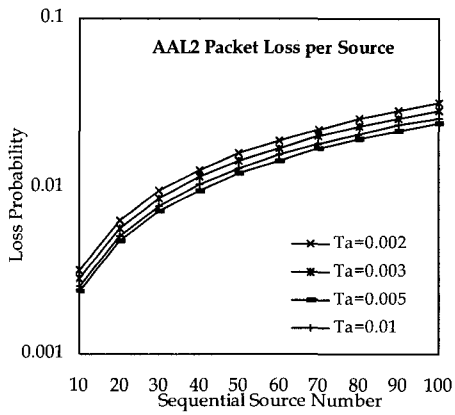


그림 9. ATM 셀의 밀집도
Fig. 9. Density of ATM cell.



(a)



(b)

그림 10. PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 적용한 경우 패킷 손실율 (a) 추가로 들어오는 소스에 따른 패킷 손실율 (b) 50개의 추가 소스에 따른 전체 소스의 패킷 손실율

Fig. 10. Packet loss probability in case of using proposed algorithm. (a) Packet loss probability according to additional sources (b) Packet loss probability of total sources according to additional 50 sources.

<그림 9>은 AAL2 패킷에 대한 ATM 셀의 밀집도를 도사한 것이다. 음성 소스의 수가 60을 넘을 경우, 큐잉 시스템 모델의 의한 결과나 모의 실험에 의한 결과 모두 밀집도가 1에 근접하는 것을 볼 수 있다. 이는 음성 소스의 수가 60을 넘을 경우에는 T_c 시간이 지나기 전에 ATM 셀을 모두 채울 수 있는 AAL2 패킷이 도달하기 때문에 T_c 지연을 거의 겪지 않는다는 것을 의미한다.

<그림 10>은 PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 적용하였을 경우의 패킷 손실율을 도사한 것이다. 여기서

PDV의 임계치 P_t 는 5ms으로 하였다. <그림 10>(a)는 현재의 음성 소스가 50개 있고 10개 부터 50개까지의 추가의 음성 소스가 들어 올 경우에 전체적으로 PDV가 P_t 를 만족하기 위하여 폐기되는 패킷의 손실율을 도사한 것이다. 손실율이 가장 큰 경우가 18%, 16%, 14%, 13%정도의 패킷 손실율을 나타냄을 보이고 있다. <그림 10>(b)는 (a)의 18%, 16%, 14%, 13%의 패킷 손실율의 경우 100개의 음성 소스가 분할하여 패킷을 폐기하게 된다. 마지막으로 들어온 100번째 음성 소스가 가장 많이 폐기하게 된다. 이 경우 각각의 음성 소스가 AAL2 패킷을 폐기하게 되는 패킷 손실율을 도사한 것이다. $T_a=2$ 인 경우에 100번째 음성 소스는 3%만을 폐기하게 되고 10번째 음성 소스는 0.3%만을 폐기하게 된다. 따라서 음성의 질에 거의 영향을 미치지 않는 수준에서 패킷을 폐기할 수 있으면서, 동시에 PDV의 임계치를 준수할 수 있게 된다.

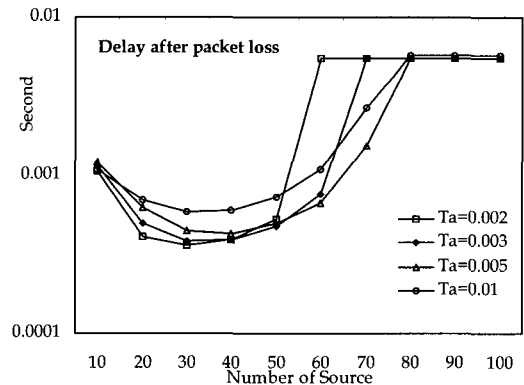


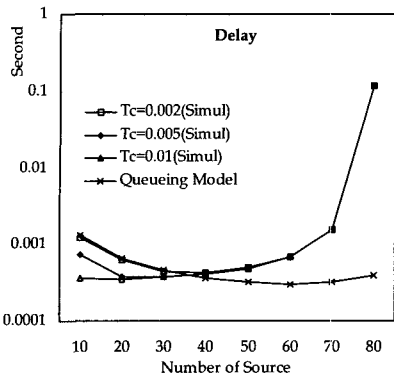
그림 11. PDV에 따른 AAL2 패킷 폐기 후의 음성 소스단에서의 지연

Fig. 11. Delay at the sender in case of using proposed algorithm.

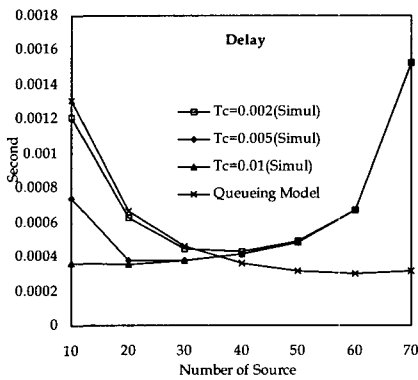
<그림 11>은 PDV에 따른 AAL2 패킷 폐기 후의 음성 소스단에서의 지연을 도사한 것이다. 패킷 지연이 급격히 증가되는 부분에서 PDV의 임계치를 만족하는 지연 값으로 수렴됨을 볼 수 있다. 따라서 제안하는 알고리즘은 음성 소스단에서 지연 변이 허용치에 대한 조건을 만족시킬 수 있다.

2. 시나리오 2

시나리오 2는 T_a 값은 5ms으로 고정하면서, T_c 의 값을 2ms, 5ms, 10ms으로 변화를 주었다. 음성은 32kbps ADPCM과 음성 비활성 기간 제거 매커니즘을 이용하



(a)



(b)

그림 12. 일반적인 AAL2 음성 소스의 소스단에서의 지연 (a) 10~80 개의 소스에 대한 지연 (b) 10~50 개의 소스에 대한 지연

Fig. 12. Delay of AAL2 voice source at the sender. (a) Delay about 10~80 sources (b) Delay about 10~50 sources.

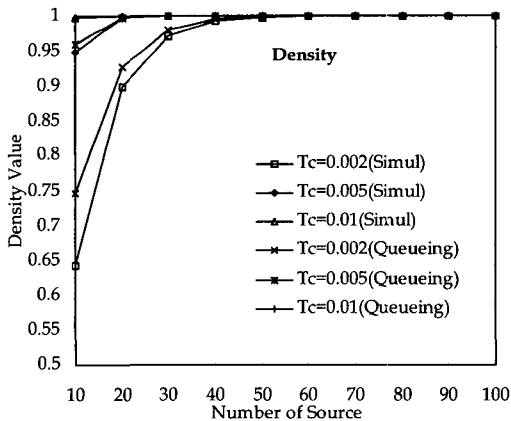


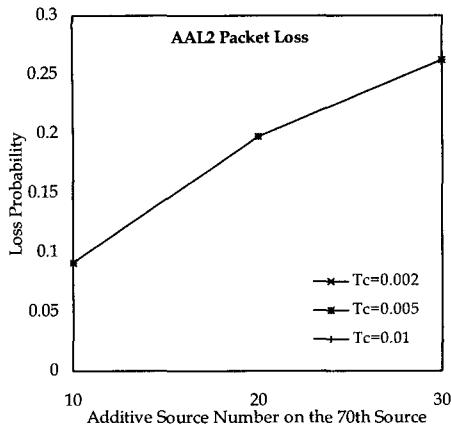
그림 13. ATM 셀의 밀집도
Fig. 13. Density of ATM cell.

였고 활성 기간은 400ms, 비활성 기간은 600ms, 링크의 속도는 1.5Mbps로 하였다. 음성 소스의 갯수는 10개 부터 100개까지 변화를 주면서 성능을 분석하였다. <그림 12>는 일반적인 AAL2 음성 소스의 소스단에서의 지연 변이를 모의 실험한 결과와 큐잉 시스템에 의한 분석 결과를 도시한 것이다.

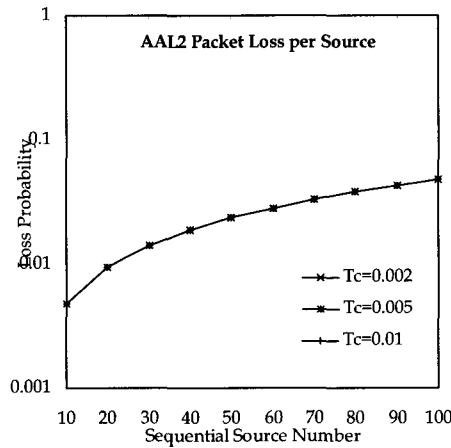
<그림 12>에서 보듯이 음성 소스의 갯수가 40을 넘어서면 T_c 의 값에 상관없이 지연이 일정하게 나타남을 볼수 있다. 이는 T_c 의 값과 지연과는 상관 관계가 없음을 나타낸다. 큐잉 시스템 모델로 계산한 결과가 하나의 그래프만 나타내는 것은 T_c 의 값에 따른 변화가 없기 때문이다. 즉 T_c 의 값의 변화는 큐잉 시스템 모델에서의 분석 파라미터로의 사용도가 없다는 것을 의미한다. 큐잉 시스템 모델과 모의 실험과의 차이는 음성 소스가 40개 이상이 되었을 경우에 발생한다. 이는 급격한 지연의 증가가 발생하는 시점이다.

<그림 13>은 AAL2 패킷에 대한 ATM 셀의 밀집도를 도시한 것이다. 음성 소스의 수가 50을 넘을 경우, 큐잉 시스템 모델의 의한 결과나 모의 실험에 의한 결과 모두 밀집도가 1에 근접하는 것을 볼수 있다. 이는 음성 소스의 수가 50을 넘을 경우에는 T_c 시간이 지나기 전에 ATM 셀을 모두 채울수 있는 AAL2 패킷이 도달하기 때문에 T_c 지연을 거의 겪지 않는다는 것을 의미한다. 그리고 큐잉 시스템 모델의 결과와 모의 실험 결과가 거의 일치함을 볼수 있다.

<그림 14>은 PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 적용하였을 경우의 패킷 손실율을 도시한 것이다. 여기서 PDV의 임계치 P_t 는 5ms으로 하였다. <그림 14>(a)는 현재의 음성 소스가 70개 있고 10개 부터 30개까지의 추가의 음성 소스가 들어 올 경우에 전체적으로 PDV가 P_t 를 만족하기 위하여 폐기되는 패킷의 손실율을 도시한 것이다. T_c 에 따른 변화가 없었던 것은 <그림 13>, <그림14>에서 살펴 보았듯이 지연 변이에 의해 패킷을 폐기해야 할 정도의 지연이 발생되면 T_c 에 따른 차이는 없게 된다. 손실율이 가장 큰 경우가 25% 정도의 패킷 손실율을 나타냄을 보이고 있다. <그림 14>(b)는 (a)의 25%의 패킷 손실율의 경우 100개의 음성 소스가 분할하여 패킷을 폐기하게 된다. 마지막으로 들어온 100번째 음성 소스가 가장 많이 폐기하게 된다. 이 경우, 각각의 음성 소스가 AAL2 패킷을 폐기하게 되는 패킷 손실율을 도시한 것이다. 100번째 음성 소스는 4%만을 폐기하게 되고 10번째 음성 소스는 0.4%만을



(a)



(b)

그림 14. PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 적용한 경우 패킷 손실율 (a) 추가로 들어오는 소스에 따른 패킷 손실율 (b) 30개의 추가 소스에 따른 전체 소스의 패킷 손실율

Fig. 14. Packet loss probability in case of using proposed algorithm. (a) Packet loss probability according to additional sources (b) Packet loss probability of total sources according to additional 30 sources.

폐기하게 된다. 따라서 음성 신호의 질에 거의 영향을 미치지 않는 수준에서 패킷을 패킷할 수 있으면서, 동시에 PDV의 입계치를 준수할 수 있게 된다.

<그림 15>은 PDV에 따른 AAL2 패킷 폐기 후의 음성 소스단에서의 지연을 도기한 것이다. 패킷 지연이 급격히 증가되는 부분에서 PDV의 입계치를 만족하는 지연 값으로 수렴됨을 볼 수 있다. 따라서 제안하는 알고리즘은 음성 소스단에서 지연 변이 허용치에 대한 조건을 만족시킬 수 있다.

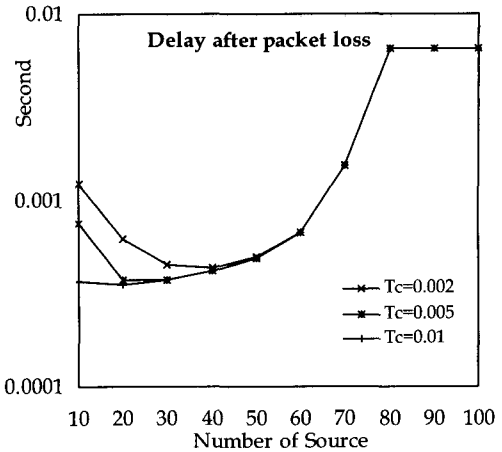


그림 15. PDV에 따른 AAL2 패킷 폐기 후의 음성 소스단에서의 지연

Fig. 15. Delay at the sender in case of using proposed algorithm.

V. 결 론

AAL2를 이용한 음성 서비스의 경우, 망의 자원이 허락하면 새로운 호의 연결을 수락한다. 하지만 새로운 호에 의해 발생하는 패킷으로 기존의 AAL2 전송 지연이 급격하게 떨어질 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 AAL2를 이용한 음성 서비스의 제공하는데 있어, AAL2 버퍼 관리 메커니즘으로 N개의 호에 대해 N개의 가상 버퍼를 통하여 각각의 호에 대한 PDV를 계산하고, PDV에 따른 패킷 폐기 알고리즘을 제시하고 이 알고리즘의 성능을 분석하였다. 이러한 패킷 폐기 알고리즘은 새로운 호의 수락으로 인해 발생 가능한 PDV의 증가로, 기존의 호의 QoS가 급격하게 떨어지는 것을 방지한다. 그리고 종단 대 종단 지연에 영향을 미치는 AAL2 패킷 구성과 ATM 셀 구성의 요소를 분석하였고, 음성 서비스를 ATM 셀로 만드는 과정을 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템과 MIN(K, T_c) 정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템으로 모델링함으로써, AAL2 패킷을 ATM 셀로 만드는 과정에서의 ATM 셀 밀집도와 AAL2 버퍼에서의 지연시간을 분석하였다. 제안하는 알고리즘을 COMNETIII를 이용하여 모의 실험하고, 실험 결과를 큐잉 시스템 모델링 결과와 비교하고 성능 결과를 분석하였다. 분석 결과, 큐잉 시스템 모델링에 의한 결과와 모의 실험에 의한 결과는 지연이 적을 경우에는 일치하였으나, 모의 실험에서는 지연이 급격히 증가하는 부분이 발생하므로 큐잉 시스템 모델링

결과와 차이를 나타내었다. 지연의 급격한 증가를 제외한 부분에서는 큐잉 시스템 모델링 방법이 모의 실험 결과와 거의 일치하였으며, 특히 K-정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템과 MIN(K, Tc)정책을 갖는 M/D/1 큐잉 시스템에서의 평균 대기 패킷의 차이를 통하여 구한 ATM 밀집도는 모의 실험 결과와 거의 일치함을 보였다. T_a와 T_c의 값은 음성 소스의 갯수가 증가할 경우에 지연에 거의 영향을 미치지 못함을 확인하였다. 제안하는 알고리즘의 모의 실험 결과는 PDV의 임계치를 만족하기 위하여 AAL2 패킷의 손실율은 지연이 증가함에 따라 같이 증가하지만, 패킷 손실율을 여러 개의 음성 소스가 분할하여 담당하므로 하나의 음성 소스 측면에서 보았을 경우, 패킷의 손실율이 낮게 되므로, 음성 품질의 저하를 막을 수 있음을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] G. Eneroth, et.al, "Applying ATM/AAL2 as a Switching Technology in Third-Generation Mobile Access Networks", IEEE Communications Magazine, pp.112-122, June 1999.
- [2] J. H. Baldwin, et.al, "AAL2-A New ATM Adaptation Layer for Small Packet Encapsulation and Multiplexing", Bell Labs Technical Journal, pp.111-131, Spring 1997.
- [3] B. Subbiah, et.al, "ATM Adaptation Layer 2(AAL2) for Low Bit Rate Speech and Data : Issues and Challenges", IEEE ATM Workshop '98, pp.225-233, 1998.
- [4] K. Sriram, et. al., "Anomalies Due to Delay and Loss in AAL2 Packet Voice Systems : Performance Model and Methods of Mitigation", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.1, pp.4-17, Jan 1999.
- [5] K. Sriram, et. al., "Voice over ATM Using AAL2 and Bit Dropping : Performance and Call Admission Control", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.1, pp.18-28, Jan 1999.
- [6] K. Sriram, et.al., "Traffic Smoothing Effects of Bit Dropping in a Packet Voice Multiplexer", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.37, No.7, pp.703-712, July 1989.
- [7] D.W. Petr, et.al. "Priority Discarding of Speech in Integrated Packet Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.7, No.5, pp. 644-28656, June 1989.
- [8] H. L. Pocher, et.al., "An Efficient ATM Voice Service with Flexible Jitter and Delay Guarantees", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.17, No.1, pp.51-62, Jan 1999.
- [9] D. W. Petr, et.al., "UPC Parameter Estimation Using Virtual Buffer Measurement with Application to AAL2 Traffic", IEEE Globecom'99, pp. 1372-1379, 1999.
- [10] C. Liu, et.al., "Packet Density of Voice Trunking using AAL2", IEEE Globecom'99, pp. 611-615, 1999.
- [11] K. Zhang, "Packet Delay Variation in Voice Trunking using AAL2", ATM Forum 98-0630 r1, 1998.
- [12] S. Hur, et.al., "An Analysis of M/G/1 System with N and T-Policy", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol.26, No.2, pp. 81-87, June 2000.
- [13] H. Takaki, "Queueing Analysis : Vacation and Priority Systems", North-Holland, 1991.
- [14] M. Falkner, "COMNET III : Reference Guide", CACI Products Company, 1998.

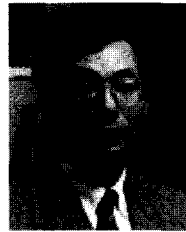
저 자 소 개



鄭 多 位(正會員)

1997년 : 아주대학교 컴퓨터공학과 학사. 1999년 : 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 석사. 2001년 : 아주대학교 일반대학원 컴퓨터공학과 박사과정 수료. 현재 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 시간강

사. <주관심분야> 유/무선 ATM, Multimedia over MPLS, 차세대 인터넷, 임베디드 시스템, 큐잉시스템, 시뮬레이션



趙 榮 鐘(正會員)

1983년 : 서울대학교 전자공학과 학사. 1985년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사. 1989년 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사. 1990년 : 금성정보통신연구소 책임연구원. 1991년 : 미국 AT&T

Bell Lab 교환연구원. 1993년 : LG정보통신연구소 ATM 교환실 실장. 1996년 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 조교수. 2000년 : 아주대학교 정보및컴퓨터공학부 부교수. <주관심분야> 광대역 통신, 유/무선 ATM, 큐잉시스템, 성능분석, 초고속 인터넷 장비 개발