

## ATM 멀티플렉서에서 우선순위 제어에 의한 음성전송효율 및 버퍼관리에 관한 연구

正會員 李 東 洙\* 正會員 崔 昌 洙\* 正會員 康 俊 吉\*

### A Study on the Voice Traffic Efficiency and Buffer Management by Priority Control in ATM Multiplexer

Dong Su Lee\*, Chang Su Choi\*, June Gill Kang\* *Regular Members*

#### 要 約

본 논문은 광대역 ISDN에서 음성 서비스를 효율적으로 제공하는 방법에 관한 연구이다. 음성은 그 특성상 유음구간과 묵음구간으로 나누어지며, 음성활성검출에 의하여 실제로 말을 하는 동안만 전송이 이루어질 수 있도록 음성 트래픽을 발생한다.

본 논문에서는 ATM 통신망에서 음성을 음성활성검출과 삽입(Embedded) ADPCM으로 코딩하고, 멀티플렉서에서 셀 폐기를 통하여 트래픽을 제어하는 알고리즘에 관하여 연구하였다. 트래픽 제어는 버퍼에 임계값을 주어, 버퍼의 상태가 임계값을 초과하는 경우에 낮은 우선순위를 갖는 음성 셀을 폐기하는 셀 폐기 알고리즘을 사용하였다.

셀 손실 확률, 큐 크기, 평균지연등을 성능분석 파라미터로 설정하고, 트래픽 제어 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션하였다. 이를 통하여 셀 폐기방식에 의한 트래픽 제어가 음성의 질을 많이 저하시키지 않으면서도 트래픽 제어를 하지 않을 때에 비하여 전송 대역 이득을 향상시킨다는 것을 확인하였다.

#### Abstract

This paper describes the method that voice traffic is served efficiently in B-ISDN. Voice is divided into talkspurt and silent period, and it is possible to transmit only talkspurt by the speech activity detection.

This paper described the voice traffic control algorithm in the ATM network where cell discarding method is applied to the embedded ADPCM voice data. For traffic control, the cell

\*光云大學校 電子工學科  
Dept. of Electronic Eng., Kwangwoon Univ.  
論文番號 : 94 - 35

discarding was used over low priority cells when it overflows the queue threshold. To estimate the efficiency of traffic control algorithm, the computer simulation was performed with cell loss probability, queue length and mean delay as performance parameters.

The embedded ADPCM voice coding and cell discarding resulted in improving the voice cell traffic efficiency and the dynamic control over network congestion.

## I. 서 론

다가오는 21세기의 고도 정보화사회에서 그 기반 구조가 될 광대역 통신망은 음성과 데이터 서비스 뿐만 아니라 초고속 데이터 파일 전송이나 HDTV 서비스등을 통합해서 전달하고, 나아가 기존 네트워크와의 상호연결이 가능하므로 고속화 지능화된 네트워크를 실현하는 모든 통신의 근간이 될 것이다.

CCITT에서는 광대역 종합정보통신망(BISDN)을 실현하기 위한 교환기술로서 회선교환과 패킷교환의 절충형인 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 방식을 국제적 단일 표준으로 확정하고, 세부사항을 표준화하고 있다. ATM 통신방식에서는 전송 대역폭을 효율적으로 사용하기 위하여 비동기 시분할 다중화 방식을 사용하며, 광대역 종합정보통신망의 핵심 요구사항인 고속 정보전송과 라우팅이 가능하도록 프로토콜을 단순화하였다.

ATM 전송 방식에서 음성, 영상, 데이터등의 모든 트래픽은 48 옥테트의 정보 영역과 5 옥테트의 헤더 영역으로 구성된 53 옥테트의 고정된 ATM 셀(Cell)에 의하여 전송된다. ATM 셀 헤더는 기능에 따라 몇 가지 필드로 나누어지고, 그 중 1비트의 CLP(Cell Loss Priority) 필드는 우선순위에 따른 트래픽 제어에 사용할 수 있다.<sup>[1][2]</sup>

본 논문에서는 광대역 통신망에서 음성 트래픽을 효율적으로 서비스하기 위한 방법으로 셀 폐기를 통하여 버퍼를 관리하는 방법에 관하여 연구한다. 음성은 그 특성상 유음구간과 묵음구간으로 나누어지며, 음성활성검출(Speech Activity Detection)에 의하여 유음구간만을 전송할 수 있다. 음성 전송 효율을 향상시키기 위한 방법으로 삽입(Embedded) 코딩을 사용하며 오버로드에서 트래픽을 제어하기 위하여, PVP(Packetized Voice Protocol) 프로토콜에서 사용한 블럭 폐기 방법을 이용하여 음성 트래픽의 서비스율을 높인다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 ATM 멀티플렉서에 도착하는 음성 트래픽을 포아송 분포로 가정하고, 서비스 시간이 망

의 상태에 따라서 변하는 변형된 M/D/1/K 모델을 사용하여 멀티플렉서의 동작을 해석하였다. 그리고, 해석값의 검증을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

II장에서는 ATM 전송망에서의 음성서비스 방법과 멀티플렉서에서의 트래픽 제어 알고리즘을 설명한다. III장에서는 트래픽 제어 모델에 대한 수학적 해석을 한다. IV장에서는 시뮬레이션과 고찰을 다루고, V장에서는 결론을 맺는다.

## II. 트래픽 제어 모델

### 2.1 음성 서비스

광대역망에서 음성은 CBR(Constant Bit Rate) 방법과 VBR(Variable Bit Rate) 방법으로 서비스될 수 있으며, 광대역망에서 음성 서비스를 위한 통신형태를 그림 1에 나타내었다.

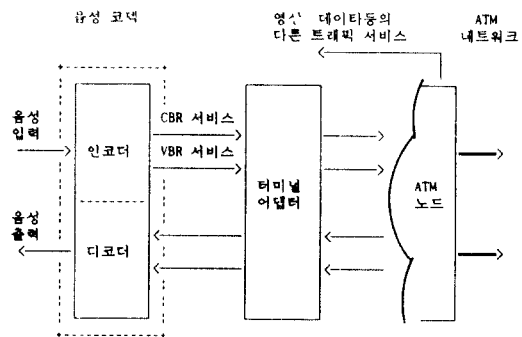


그림 1. 광대역망에서 음성 서비스 시스템 모델  
Fig 1. Voice Service System Model in BISDN.

CBR 서비스는 6Kbits/s PCM<sup>[4]</sup>, 또는 DS1 회선 교환과 같은 일정한 비트율로 전송되는 서비스를 지원한다. VBR 서비스는 PVP와 X.25 등의 네트워크

에서 음성을 패킷단위로 전송하는 방법으로 전송되는 음성 샘플의 비트수는 네트워크의 상태에 따라서 변한다.

CCITT에서는 패킷망에서 음성을 효율적으로 전송할 수 있는 방법으로 삽입(Embedded) ADPCM 코딩방법을 표준화하였다<sup>[1]</sup>. 본 논문에서는 ATM 망에서의 음성 코딩 방법으로 디지털음성모간(DSI)과 삽입(Embedded) ADPCM 코딩 방법을 사용한다. 그리고, 멀티플렉서에서는 셀 패기 알고리즘을 이용하여 트래픽을 제어한다.

일반적으로 음성은 유음(Talkspurt) 구간과 묵음(Silent) 구간으로 나누어진다. 음성화성검출 방법에 의하여, 셀은 음성위의 유음구간에서만 생성되고, 묵음구간 동안은 생성되지 않는다. 그림 2는 하나의 음성원으로 부터 발생하는 음성의 특성과 셀 생성과정을 나타낸다<sup>[2]</sup>.

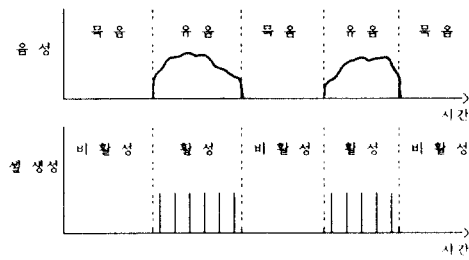
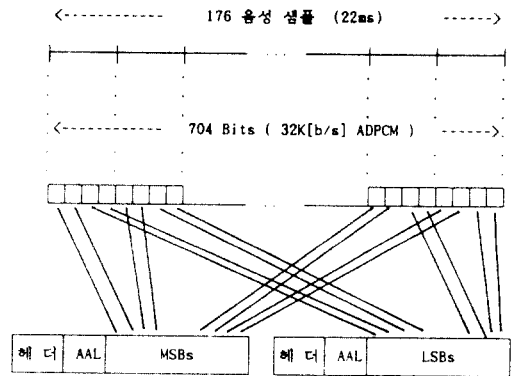


그림 2. 단일 음성원의 특성  
Fig 2. Characterization of single Voice Source.

단일 음성원에서 통화가가 실제로 말을 하고 있는 동안이 활성(Active) 기간이며, 말을 하지 않고 있는 구간은 비활성(Inactive) 기간이다. 삽입(Embedded) 코딩이 사용된 경우에 샘플은 정보량에 따라서 한 쌍의 셀(Cell Pair)로 만들어지며, 그림 3은 32Kbits/s 삽입(Embedded) ADPCM 코딩 방법으로 한 쌍의 셀을 만드는 과정을 나타낸다. 첫번째 셀은 정보량이 많은 2비트를 전송하고, 두 번째 셀은 나머지 2비트를 전송한다.

트래픽 제어에 따라 낮은 우선권의 셀들 중 일부가 폐기되고 그림과 약간의 음질저하가 나타난다. 그러나, 이 손실은 버려진 셀과 상응하는 높은 우선순위의 셀 정보를 사용하여 음성모간 방법에 의하여 디코더에서 부분적으로 복구될수있다<sup>[3]</sup>.



MSBs : Most Significant Bits of Voice Sample  
LSBs : Least Significant Bits of Voice Sample

그림 3. 음성 셀 쌍의 생성 모델  
Fig 3. Voice Cell Pair Mapping Model.

일반적으로 약간의 정보 손실은 사람이 느끼는 음질에 별다른 영향을 미치지 못한다. ATM 망에서 음성 셀 손실율은 10% 정도까지 허용되며, 샘플당 4비트의 삽입(Embedded) ADPCM으로 음성을 인코딩 한 경우에 3.7비트 이상으로 전송되어야 한다<sup>[4, 5]</sup>.

음성 코딩에 화성검출 방법을 사용한 경우, 음성의 활성도는 40%~50% 정도로 평가되며<sup>[6]</sup>, 본 논문에서는 음성의 활성도를 43%로 가정하였다. 표 1은 155Mbits/s인 대역폭을 가지는 ATM망에서 디지털 음성모간 방법을 사용하여 삽입(Embedded) ADPCM 코딩한 경우에 음성원의 수와 트래픽 밀도의 관계를 나타낸다.

표 1. 트래픽 로드와 음성원 수의 관계  
Table 1. Number of Calls Versus Traffic Load.

트래픽 로드 [%]	음성원의 수 (개)
60	5743
70	6701
80	7659
90	8617
100	9575
110	10533
120	11491
130	12449
140	13407
150	14365

(32K[b/s] ADPCM, Speech Activity = 43%)

음성원의 갯수가 9775인 경우에 155M[b/s]인 ATM 망은 음성 셀에 의하여 포화되며, 100%로 나타내진다.

음성활성검출 방법과 디지털음성보간 방법이 사용되지 않은 경우에, 음성 셀은 멀티플렉서에 결정론적으로 도착하며, 망에서는 음성원에 대하여 일정한 비트율로 서비스를 제공해야 한다. 셀은 음성의 유음구간과 묵음구간 모두에게 생성되며, 묵음구간에 해당 하는 정보영역은 대역폭의 낭비를 나타낸다.

## 2.2. 우선순위제어 메카니즘

인코더에서 생성된 음성 셀의 도착 과정은 망이 오버로드 상태에 있게 되면 버스트(burst)한 특성을 나타낸다. 버스트한 특성은 멀티플렉서에 도착하는 셀의 도착시간 간격(Interarrival Time) 사이에 매우 큰 상관관계가 있기 때문이다<sup>16)</sup>.

그림 4는 단일 서버(Server)를 갖는 통계적 음성 셀 멀티플렉서 모델을 나타내며, 쌓이로된 셀의 도착은 포아송 프로세스(Poisson Process)라고 가정한다. 멀티플렉서에서는 버퍼 상태를 항상 감시하며, 큐의 크기가 임계값(Threshold)을 초과하는 경우에는 서버에서 낮은 우선순위의 셀을 폐기하여 전체적인 음성 셀 서비스율을 높인다.

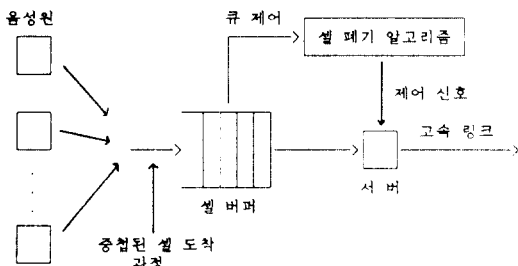


그림 4. 셀 폐기(CD) 알고리즘이 적용된 통계적 멀티플렉서  
Fig 4. Statistical Multiplexer with CD Algorithm.

음성활성검출과 디지털음성보간 방법에 의하여 생성된 셀이 멀티플렉서에 도착하는 과정을 포아송 프로세스로 모델링하는 경우에, 멀티플렉서에서는 포아송 모델에서 예상된 것보다 큰 큐잉 지연과 패킷 손실을 나타낸다<sup>17)</sup>. 이것은 버스트니스가 포아송 모델에서 예견된 것보다 큰 값을 가지기 때문이다.

그러나, 음성 트래픽에 대하여 블럭 폐기(Block

Dropping) 방법을 사용하는 경우에는 음성 패킷에 대한 서비스율을 높임으로써 패킷 중첩 과정을 완화시키며, 비교적 성능이 좋은 음성압축을 이룰 수 있게 한다<sup>18)</sup>.

ATM 트래픽 제어를 위하여는 셀 손실율과 함께 전송지연과 관한 품질요구조건(QOS)을 만족해야 한다. 음성은 전송지연과 매우 민감한 특성을 나타내므로, 한 노드에서의 전송지연은 수십 ms 이내의 값을 가져야 하며, 지연의 표준편차도 수 ms 이내로 유지되어야 한다<sup>19)</sup>.

수신단에서는 인코딩된 음성 셀을 트랜스코딩(Transcoding) 방법을 사용하여 본래의 음성으로 디코딩하게 된다. 디코딩한 경우에 음성 손실이 많으면 음성은 본래의 내용과 매우 다른 왜곡을 나타내게 된다. 따라서 정보량이 많은 부분의 손실을 피함으로써 전체적인 음질의 감소를 완만하게 만들어야 한다. PVP 프로토콜에서 사용한 음성 트래픽 제어 방법은 망에 오버로드가 있는 경우에 패킷 전체를 버리는 것보다 정보량이 낮은 비트를 버리는 방법이 주관적인 음질의 평가에 있어서 약간 좋은 특성을 나타낸다<sup>20)</sup>. 망의 상태가 오버로드인 경우에는 생성된 하향의 셀중에서 낮은 우선권을 가지는 셀을 폐기함으로써 버퍼 오버플로우를 방지한다.

본 논문에서는 멀티플렉서에 도착하는 셀은 음성 셀 만이라고 가정하고, ATM 멀티플렉서에서 셀 폐기 방법에 의하여 트래픽을 제어하는 방법과 적정한 셀 폐기 임계값을 설정하는 것에 관하여 연구하였다.

## III. 트래픽 모델링 및 해석

### 3.1 음성 셀의 도착 과정

본 논문에서 셀의 입력 분포는 쌓이로 포아송 프로세스에 따라서 도착한다고 가정하였으며, 멀티플렉서의 서버에서는 결정론적인 셀 서비스 시간 동안 FIFO 방식으로 셀을 서비스한다고 가정하였다. 도착하는 셀은 우선순위 제어 메카니즘에 의해 용량이 K인 유한 버퍼에 버퍼링된다고 가정하였다.

변형된 M/D/1/K 모델을 이용한 각 메카니즘들에 대한 해석은 다음과 같다.  $L_j$ 는 j번째 서비스가 이루어진 후에 버퍼에 대기하고 있는 셀 쌍의 수이다.  $A_j$ 는 j번째 서비스시간 동안에 도착한 셀 쌍의 수를 나타낸다.

서비스 시간은 각각  $0 <= L_0 <= Q_1$ ,  $Q_1 < L_1 <= K-1$ 의 상태에 따라서  $D_0$ 와  $D_1$ 으로 나타내며, 각각 셀 쌍

과 단일 셀에 대한 서비스 시간을 나타낸다. 여기에서  $Q_i$ 은 우선권이 낮은 셀을 버리기 위한 버퍼의 임계값이다. 셀 폐기 알고리즘은 버퍼의 출력에서 동작한다. 이것을 우선권이 낮은 셀을 버리는 결정은 셀이 전송되려고 할 때, 버퍼에 있는 셀의 수가 임계값  $Q_i$ 을 초과하는가 또는 초과하지 않는가로 결정한다. 다음의 수식은 버퍼에 있는 셀 쌍의 수를 나타낸다.

$$L_{i+1} = \min \{K-1, (L_i+1)^+ + A_{i+1}\} \quad (1)$$

식 (1)에서  $K$ 는 셀 쌍 단위의 유한 버퍼 크기를 나타내며, 현재 서비스되는 셀 쌍을 포함한다.  $[x]^+$ 는 구간  $(x > 0)$ 에서  $x$ 이고,  $(x < 0)$ 에서 0을 나타낸다.

서비스 시간이 각각  $D_i$ 와  $D_j$ 인 동안에 셀 쌍의 도착 수에 대한 확률은  $\{a_i, i > 0\}$ ,  $\{b_j, j > 0\}$ 로 표시되며, 포아송(Poisson) 분포로 가정하였으므로 다음의 식으로 나타내진다.

$$a_i = \frac{(\lambda D_i)^i}{i!} \exp(-\lambda D_i), i > 0$$

$$b_j = \frac{(\lambda D_j)^j}{j!} \exp(-\lambda D_j), j > 0 \quad (2)$$

여기에서  $\lambda$ 는 각 음성원의 도착율이  $r$ 일 때,  $N$ 개의 음성원에 대한 전체 평균 셀 도착율을 나타낸다.

### 3.2 정상상태 해석

확률과정  $\{X(t), t > 0\}$ 에서 임의의  $t_1 < t_2 < \dots < t_n < t$ 에 대하여 조건부 확률

$$P\{X(t) = x | X(t_1) = x_1, X(t_2) = x_2, \dots, X(t_n) = x_n\}$$

$$= P\{X(t) = x | X(t_n) = x_n\}$$

(단,  $x_i$ 는 각각의 상태를 나타낸다.)

이 성립하면, 확률과정  $\{X(t), t > 0\}$ 은 마코프(Markov) 과정이다.<sup>15)</sup>

본 논문에서는 버퍼 상태 변화의 해석을 위하여 마코프(Markov) 체인을 사용하였다. 입력분포가 포아송(Poisson) 분포를 따르고, 서비스 시간이 감성분포인 단일 서비스를 갖는 시스템에 대한 버퍼 상태 전이 확률 행렬  $M_1$ 은 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

버퍼의 상태에 따라서 서비스 시간이 변하는 시스템을 식 (5)와 같은 전이 확률 행렬을 갖는다.<sup>16)</sup> 즉, 식 (9)에서는 임계값  $Q_i$ 을 기준으로 하여 버퍼에 있는 셀 쌍의 수가 임계값  $Q_i$  보다 큰 경우에 도착과정

이  $\{b_i, i > 0\}$ 로 나타내진다.

$$M_1 = \begin{matrix} & 0 & 1 & 2 & \dots & K-1 \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ K-1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & \dots & 1-\Sigma \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots & 1-\Sigma \\ 0 & a_0 & a_1 & \dots & 1-\Sigma \\ 0 & 0 & a_0 & \dots & 1-\Sigma \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1-a_0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4)$$

$$M_2 = \begin{matrix} & 0 & 1 & 2 & \dots & Q_i-1 & Q_i & Q_i+1 & \dots & K-2 & K-1 \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ Q_i \\ Q_i+1 \\ \vdots \\ \vdots \\ K-2 \\ K-1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & 1-\Sigma \\ a_0 & a_1 & a_2 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & 1-\Sigma \\ 0 & a_0 & a_1 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & 1-\Sigma \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & b_0 & b_1 & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_0 & b_1 & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1-\Sigma \\ b_0 & b_1 & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & 1-b_0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (5)$$

식 (4)와 (5)에서  $\Sigma$ 는 행의 나머지 요소들의 합을 나타낸다.

정상상태에서의 큐 길어 확률벡터  $\Pi$ 는 요소가  $\pi_i = \text{Prob}\{L_i = i\}$ ,  $0 < i < K-1$ 인 행렬로 정의되고, 우선권 제어를 하는 경우와 하지 않는 경우에 대하여 각각 식 (6)과 (7)로 표현된다.<sup>17)</sup>

$$\Pi_1 M_1 = \Pi_0, \Pi_0 \cdot e = 1 \quad (6)$$

$$\Pi_2 M_2 = \Pi_1, \Pi_2 \cdot e = 1 \quad (7)$$

$$e = [1, 1, \dots, 1]^T$$

$$K-1$$

$$\sum_{i=0} \pi_i = 1$$

$$i > 0$$

정상상태에서의 버퍼 상태 확률  $\pi_i$ 를 알면, 버퍼 길이의 평균과 표준편차, 지연의 평균과 표준편차, 샘플당 평균 비트수, 평균 셀 손실율등이 성능분석을 할 수 있다.

트래픽 제어에 의한 셀 손실율은 다음과 같이 구할 수 있으며,  $P_1$ 과  $P_h$ 는 각각 우선권이 낮은 셀과 우선권이 높은 셀의 평균 손실율을 나타낸다.  $P_1$ 은 큐 크기가 임계값보다 큰 상태에 있을 확률의 합이며,  $P_k$ 는 전체 손실율을 나타낸다.

$$P_h = 0 \quad (8)$$

$$P_1 = \sum_{i=Q_h+1}^{K-1} \pi_i \quad (9)$$

$$P_k = P_h + P_1 \quad (10)$$

샘플당 평균 비트수는 식 (11)과 같이 표현되며,  $k$ 는 코딩에 사용된 샘플당 평균 비트수를 나타낸다. 본 논문에서는 음성 샘플을 4비트로 인코딩하였으며,  $k$ 는 4이다.

$$\bar{b} = \frac{k}{2} (2 - P_1) \quad (11)$$

전송된 셀들에 대한 큐 길이의 평균  $E(Q)$ 와 표준편차  $\sigma_q$ 는 정상상태에서의 버퍼 상태 확률  $\pi_i$ 를 사용하여 식 (12)와 (13)으로 표현된다.

$$E(Q) = \sum_{i=1}^{K-1} i \pi_i \quad (12)$$

$$\sigma_q^2 = \sum_{i=1}^{K-1} i^2 \pi_i - (E(Q))^2 \quad (13)$$

식 (12)에서 평균 큐 길이는 각 상태의 큐 크기와 그 상태에 있을 확률의 곱에 관한 전체 합으로 표현된다. 식 (13)은 큐 크기의 변화 정도로서, 표준편차에 관한 정의를 나타낸다.

평균 큐 길이  $E(Q)$ 를 사용하여 평균 대기 시간  $E(W)$ 를 식 (14)와 같이 나타낼 수 있으며, 표준편차  $\sigma_w$ 는 식 (17)과 같이 근사적으로 구할 수 있다.

$$E(W) = \frac{E(Q)}{\lambda(1-p_k)} \quad (14)$$

여기에서  $p_k$ 는 셀 손실율을 나타내고,  $\lambda$ 는 평균 셀 도착율을 나타낸다.

$$E(W^2) \approx \sum_{i=1}^{K-1} (i\mu^{-1})^2 \pi_i \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \sigma_w^2 &= E(W^2) - (E(W))^2 \\ &\approx \mu^{-2} \left[ \sum_{i=1}^{K-1} (i)^2 \pi_i - \left[ \sum_{i=1}^{K-1} i \pi_i \right]^2 \right] \\ &= \mu^{-2} \sigma_q^2 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\sigma_w \approx \frac{\sigma_q}{\mu} \quad (17)$$

식 (17)에서  $\mu$ 는 평균 셀 서비스 시간이다.

본 논문에서 분석한 셀 폐기 알고리즘에 대한 해석은 다음 장의 시뮬레이션 결과들과 비교된다.

해석은 위에서 분석한 여러 파라미터에 대하여 이루어졌으며, 버퍼 관리를 하는 경우와 하지 않는 경우에 대한 성능을 비교하였다.

#### IV. 시뮬레이션 및 고찰

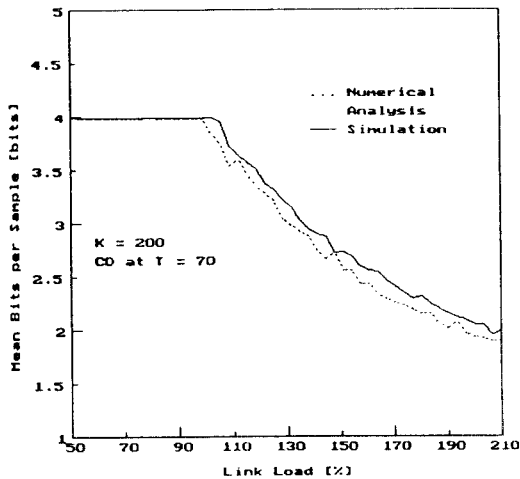
셀 폐기 알고리즘의 성능을 검증하고 변형된  $M/D/1/K$  모델에서 사용한 성능 해석 방법의 타당성을 검증하기 위하여 위스태이션(SunSparc 2) 상에서 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 성능평가를 위하여 시뮬레이션 프로그램은 우선순위 제어를 하지 않는 경우와 우선순위 제어를 하는 경우에 대하여 프로그램을 작성하였다. 버퍼에서의 정상상태 해석을 위하여 각 셀들은  $2^{13}$ 의 천이과정을 가진다.

본 논문에서는 트래픽 로드(Load)의 변화에 따라서 우선순위 제어를 하는 경우와 하지 않는 경우의 평균 큐 길이, 평균 셀 지연, 셀 손실율, 큐 길이의 표준편차와 셀 지연 표준편차등의 변화를 시뮬레이션 하였다. 그리고 셀 폐기 임계값에 따른 셀 손실율과 지연 표준편차를 알아보기 위하여 임계값을 변화시키면서 시뮬레이션을 하였다.

망의 전송용량은  $155M[b/s]$ 로 가정하였으며, 멀티플렉서에서 하나의 셀에 대한 평균 서비스 시간은  $2.732[\mu s]$ 로 가정하였다. 시뮬레이션 단위 시간은  $[ms]$ 로 설정하였고, 유한 버퍼의 크기  $K$ 는 200개의 셀 쌍으로 설정하였다.

시뮬레이션 결과 및 수치해석 결과는 그림 5부터 13까지의 그림과 표 3으로 나타내진다. 그림 5는 트래픽 로드가 증가함에 따라 감소하는 샘플당 평균 비

트수를 나타낸다. 트래픽 로드가 증가함에 따라 낮은 우선순위 셀들이 폐기되고, 평균 4비트의 샘플들을 점차 감소하여 2비트로 치미스된다. 샘플당 평균 비트수는 비교적 완만하게 감소함을 알 수 있다.



( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding, T : Threshold )

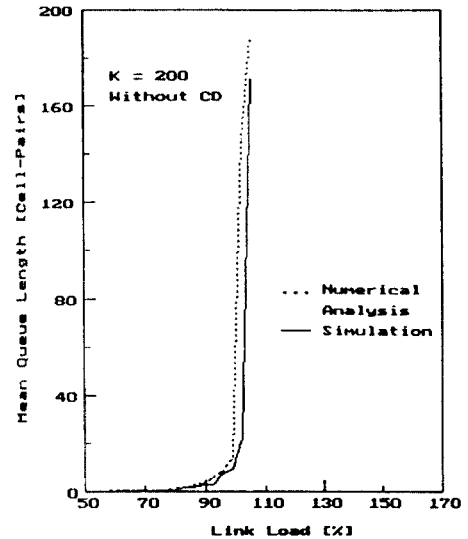
그림 5. 샘플당 평균 비트수  
Fig 5. The mean bits per sample.

그림 6은 셀 폐기 알고리즘을 사용하지 않는 경우에 멀티플렉서의 버퍼에 있는 셀쌍의 평균수를 나타내며, 오버로우드가 있는 경우에 큐의 오버플로우를 나타낸다. 큐 크기는 오버로우드에서 급격히 증가하며, 이것은 광대역 통신망에서 예방제어를 통한 트래픽 제어 방법이 반응제어보다 우선시되는 이유이다.

그림 7은 멀티플렉서에서 셀 폐기 알고리즘을 사용하여 트래픽 제어를 하는 경우에 큐 길이를 효과적으로 제어할 수 있음을 나타낸다. 큐 길이는 오버로우드가 있는 경우에 증가하다가 셀 폐기 임계값에 이르게 되면, 낮은 우선순위를 갖는 셀이 폐기되며, 큐 길이는 비교적 일정하게 유지된다. 그러나, 멀티플렉서에서 제어할 수 있는 것 이상으로 셀이 많이 도착하는 경우에 버퍼는 오버플로우를 나타낸다.

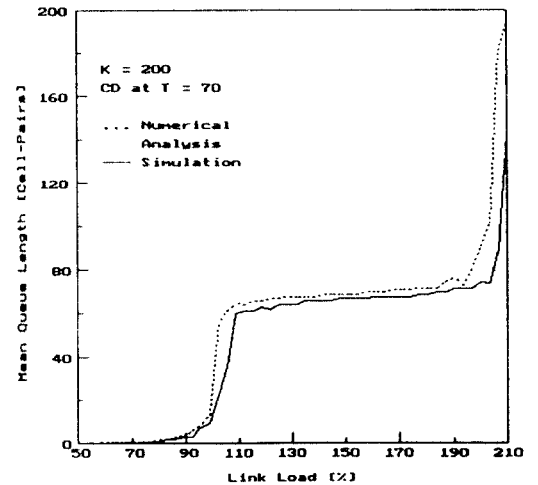
그림 8은 셀 폐기로 인하여 증가하는 셀 손실 확률을 나타낸다. 샘플당 4비트의 삽입(Embedded) ADPCM으로 음성을 코딩하는 경우에 음성은 샘플당 3.7비트 이상의 비트율로 전송되어야 한다. 이것은 약 7.5[%]의 음성 손실은 사람의 인식하는데 지장을 주지

않음을 의미한다. 그림 9의 결과에서 셀 폐기를 통한 트래픽 제어로 인하여 약 10[%]의 전송 대역 이득이 있음을 알 수 있다.



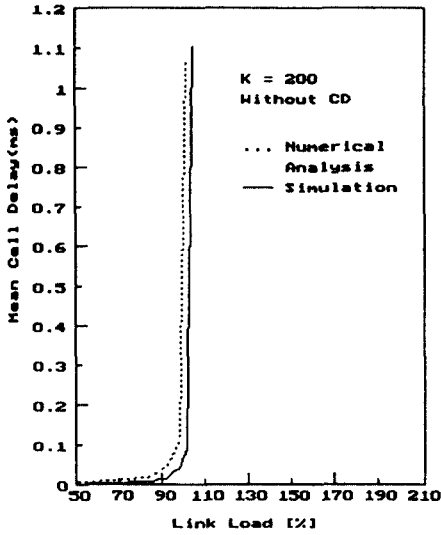
( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding )

그림 6. 셀 폐기를 하지 않는 경우의 평균 큐 길이  
Fig 6. The mean queue length without CD.



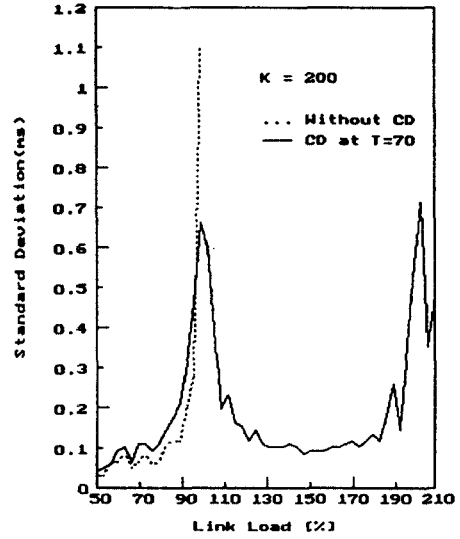
( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding, T : Threshold )

그림 7. 셀 폐기를 하는 경우의 평균 큐 길이  
Fig 7. The mean queue length with CD.



K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding )

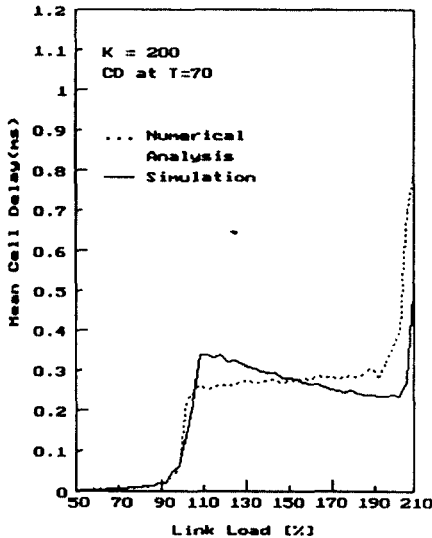
그림 10. 셀 폐가를 하지 않는 경우의 평균 셀 지연  
Fig 10. The mean delay time without CD.



( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding, T : Threshold )

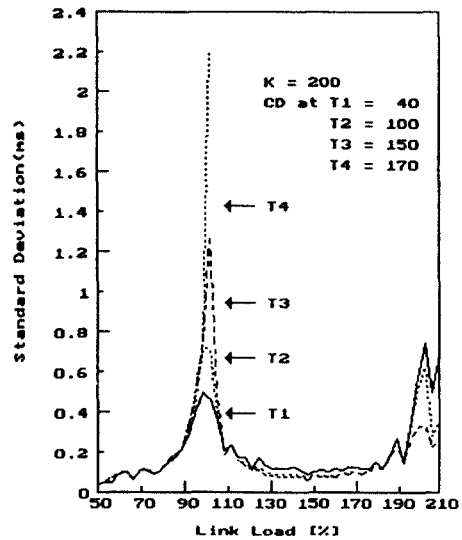
그림 12. 셀 폐기를 하는 경우와 하지않는 경우의 셀 지연의 표준편차 비교

Fig 12. The standard deviation of cell delay time with and without CD.



( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding, T : Threshold )

그림 11. 셀 폐기를 하는 경우의 평균 셀 지연  
Fig 11. The mean delay time with CD.



( K : Buffer Size[Cell-Pairs], CD : Cell Discarding, T1 ~ T4 : Threshold )

그림 13. 셀 폐기 임계값의 변화에 따른 셀 지연의 표준편차 비교

Fig 13. The standard deviation of cell delay time over thresholds.



표 2는 셀 폐기 임계값에 따라서 변하는 셀 손실율을 나타내고 있으며, 망에서 약 10% 정도의 전송 대역폭 이득을 얻기 위해서는 셀 폐기 임계값을 50 이상으로 설정하여야 함을 나타낸다. 임계값을 50 보다 작게 설정하는 경우, 셀 손실율의 증가로 인하여 전송 대역 이득을 얻기 어렵다.

그림 9는 큐 길이의 표준편차를 나타낸다. 트래픽 제어를 하지 않는 경우에는 표준편차가 오버로우드에서 커지게 된다. 그러나, 셀 폐기를 통하여 트래픽 제어를 하는 경우에는 표준편차를 효과적으로 제어할 수 있다.

그림 10은 트래픽 제어를 하지 않는 경우에 로드 증가에 따라 증가하는 지연을 나타내고 있으며, 오버로우드인 경우에 버퍼에서의 셀 지연을 커지게 된다. 그림 11은 트래픽 제어를 하는 경우에 셀 지연의 변화를 나타내며, 셀 지연이 효과적으로 제어됨을 나타낸다. 링크 로드가 증가함에 따라서 전송 지연은 증가하며, 큐 길이가 임계값을 넘는 경우에는 낮은 우선순위의 셀이 폐기되므로 지연은 다소 감소하게 된다. 우선위의 수가 더욱 증가하게 되면, 멀티플렉서의 처리 능력이 한계에 도달함으로써 전송지연은 급격히 증가한다.

그림 12는 셀 지연의 표준편차를 나타낸다. 트래픽 제어를 하지 않는 경우에 표준편차는 오버로우드에서 비교적 크게 나타나며, 셀 폐기를 통하여 표준편차를 효과적으로 제어할 수 있다. 그림 13은 임계값 변화에 따른 셀 지연 표준편차의 크기를 나타낸다. 셀 폐기 임계값이 커짐에 따라서 셀 지연 표준편차가 증가하게 된다. 그림의 결과를 고려하면 셀 폐기 임계값은 150 이하로 설정되어야 한다.

수학적인 해석결과와 시뮬레이션 결과는 그림에서와 같이 비교적 비슷한 결과를 나타내며, 셀 폐기 알고리즘을 이용한 버퍼 관리가 오버로우드에서 음성을 완만히 감소 시키면서 음성 셀을 서비스할 수 있음을 나타낸다. 그리고, 버퍼에서의 지연변화와 셀 손실율을 고려하여 적절한 셀 폐기 임계값을 선택하여야 한다.

## V. 결 론

본 논문에서는 광대역망인 ATM 네트워크에서 음성 서비스를 효율적으로 제공하는 방법에 관하여 연구하였다. ATM 멀티플렉서에서 트래픽 제어는 우선순위를 이용한 셀 폐기 방법으로 이루어졌다.

평균 셀 손실율, 평균 버퍼 길이, 평균 지연등의 파라미터를 이용하여 우선순위 제어 알고리즘의 성능을 해석하였다. 트래픽 제어로 인한 전송 대역 이득을 평가하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션하였고, 알맞은 셀 폐기 임계값을 선택하기 위하여 임계값에 따른 셀 손실율과 지연 변화를 시뮬레이션하였다.

음성 코딩은 음성화성검출을 가지는 32Kbits/s 삽입(Embedded) ADPCM 방법에 의하여 이루어지며, 이러한 코딩방법을 통하여 전송 대역 이득을 얻을 수 있다. 우선순위 제어를 하지 않는 경우에 각 파라미터들은 링크된 로드의 95% 이상에서 모두 포화상태를 나타내며, 사용자는 심한 음질의 저하를 경험하게 된다. 파라미터의 변화 곡선은 오버로우드에서 급격하게 증가함을 보이며, 이것은 예방 제어를 통하여 망이 혼잡상태에 들어갈 소지를 미리 방지하여야 함을 나타낸다.

그러나, 우선순위 제어를 사용하는 경우에는 평균 큐 길이를 오버로우드에서 효율적으로 제어할 수 있으며, 셀 폐기를 통하여 전송 지연변화의 급격한 증가를 방지할 수 있다. 또한 110% 정도의 링크로드인 경우에도 비교적 원만하게 음성 셀을 전송할 수 있으며, 셀 폐기로 인하여 얻은 전송 대역폭은 광대역 통신망에서 새로운 서비스를 제공하는데 사용될 수 있다.

셀 폐기 임계치의 적정값은 멀티플렉서에서의 전송 지연변화와 셀 손실율을 고려하면, 전체 버퍼 용량이 200 셀 정도인 경우에 50 이상 150 이하에서 선택되어야 한다. 그렇지 않을 경우에는 버퍼에서의 처리 지연변화로 인한 음질 저하와 과도한 셀 손실로 인한 음질 저하를 나타내게 된다.

추후의 연구사항으로는 광대역망에서 품질요구조건(QoS)을 만족하면서 보다 낮은 비트수로 음성을 전송할 수 있는 코딩 및 트래픽 제어 방법에 관한 연구가 필요하겠다.

또한, 광대역망의 트래픽이 음성, 데이터, 영상등과 같은 여러 종류가 존재하는 경우에 각각의 트래픽에 대하여 망의 자원을 효율적으로 분배하는 방법에 관한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. CCITT Draft Rec. I, 121 "Broadband Aspects of ISDN," Study Group XVIII, Geneva, May, 1990.
2. CCITT Draft Rec. I, 361 "B-ISDN ATM Layer

- Specification," Study Group XVIII, Geneva, May. 1990.
3. CCITT Draft Rec. G. 764 "Voice Packetization-Packetized Voice Protocols," Study Group XV, Geneva, Dec. 1990.
  4. CCITT Draft Rec. G. 711 "Pulse code modulation(PCM) of voice frequencies," 1984.
  5. CCITT Draft Rec. G. 727 "5-, 4-, 3-, 2-bits/sample Embedded ADPCM," Study Group XV, Geneva, Dec. 1990.
  6. J. N. Daigle and J. D. Langford, "Models for Analysis of Packet Voice Communications Systems," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. SAC-4, pp.847-855, Sep. 1986.
  7. N. Benvenuto, et al., "The 32-Kb/s ADPCM Coding Standard," AT&T Tech. J., vol. 65, pp.12-22, Sept. -Oct. 1986.
  8. J. Suzki and M. Taka, "Missing Packet Recovery Techniques for Low-Bit-Rate Coded Speech," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 7, pp. 707-717, Jun. 1989.
  9. H. Heffes and D. M. Lucantoni, "A Markov Modulated Characterization of Packetized Voice and Data Traffic and Related Statistical Multiplexer Performnce," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. SAC-4, pp.856-868, Sep. 1986.
  10. V. R. Karanam, K. Sriram, and Duane O. Bowker, "Performance evaluation of variable-bit-rate voice in packet-switched networks," AT&T Tech. J., pp.57-71, Sept. -Oct. 1988.
  11. Mostafa Hashem Sherif, Duane O. Bowker, Guido Bertocci, Bruce A. Orford, and Gonzalo A. Mariano, "Overview and Performance of CCITT/ANSI Embedded ADPCM Algorithms," IEEE Trans. Commun., Vol. 41, pp.391-399, Feb. 1993.
  12. K. Sriram and D. M. Lucantoni, "Traffic Smoothing Effects of Bit Dropping in a Packet Voice Multiplexer," IEEE Trans. Commun., vol. 37, pp.703-712, Jul. 1989.
  13. J. G. Gruber, "Delay Related Issues in Integrated Voice and Data Networks," IEEE Trans. Commun., vol. COM-29, pp. 786-800, Jun. 1981.
  14. T. Nishitani, "Tandem Transcoding Without Distortion Accumulation," IEEE Trans. Commun., vol. COM-34, pp.278-284, Mar. 1986.
  15. J. N. Daigle "Queueing Theory for Telecommunications," Addison-Wesley, 1992.
  16. H. Kroner, G. Heduterne, P.Boyer, A. Gravey, "Priority Management in ATM switching nodes," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 9, pp.418-427, Apr. 1991.
  17. K. Sriram, and R. S. McKinney, M. Hanshem, "Voice packetization and compression in Broadband ATM networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 9, pp.294-304, Apr. 1991.



李 東 洙(Dong Su Lee) 正會員  
 1970年 2月 28日生  
 1992년 : 광운대학교 전자공학과(공학사)  
 1994년 : 광운대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1994년 ~ 현재 : 현대전자 연구소  
 ※주관심분야: 광대역통신, 이동통신

崔 昌 洙(Chang Su Choi) 正會員  
 17권 8호 참조

康 俊 吉(June Gill Kang) 正會員  
 17권 8호 참조

正會員

正會員