

論文 96-33A-5-4

ATM 망에서 멀티미디어 서비스를 위한 지연 예측 기반 동기화 프로토콜

(A Delay Estimation-based Synchronization Protocol for Multimedia Services in ATM Networks)

李東垠*, 姜寅坤*, 金煥善**, 金永川*

(D.E.Lee, I.K.Kang, Y.S.Kim, and Y.C.Kim)

요 약

본 논문에서는 B-ISDN에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성을 분석하였으며, 미디어의 QoS 특성 및 망의 가변적인 지연 특성을 고려한 가중치 가변 윈도우 예측기를 제안하고, ATM 망을 기반으로한 B-ISDN에서 효율적인 동기를 위하여 제안한 지연 예측기를 기반으로한 동기화 프로토콜을 제안하였다. 제안한 예측기는 수신측에 도착한 최근의 패킷에 높은 가중치를 부여하고, 가상 채널상의 지연의 변화에 효율적으로 적응할 수 있도록 망의 지연 변화를 감지하는 파라메타를 이용하여 윈도우의 크기를 적절히 조정한다. 제안한 동기화 프로토콜은 가중치 가변 윈도우 예측기를 이용하여 송신측과 수신측 간의 중단간 지연을 예측하고, 수신측에서 정해진 시간에 멀티미디어 데이터를 표현할 수 있도록 송신측의 가상 채널에 대하여 동적으로 스케줄링을 한다. 또한 제안한 동기화 프로토콜에서 가장 중요한 기능을 수행하는 지연 예측기에 대하여 시뮬레이션을 실시하여 성능을 평가하고 결과를 분석하였다.

Abstract

In this paper, we analyze the delay characteristics of the multimedia traffic in B-ISDN, and propose a weighted variable-size window estimator considering the QoS characteristics of the media and the variable delay characteristics of the networks, and present a delay estimator-based synchronization protocol for the efficient synchronization in ATM-based B-ISDN. The proposed estimator assigns a high weight value to recent cells arrived in the receiver, and suitably adjusts window size in order to efficiently adapt to delay variation by the parameter to detect the delay variation of the networks. The proposed synchronization protocol estimates end-to-end delay by the weighted variable-size window estimator, and dynamically schedules the virtual channel of the transmitter to playout multimedia data on time in the receiver. Also, we evaluate the performance of the delay estimator, which is the most important functional element in our proposed synchronization protocol, by the simulation and analyze the results of the simulation.

I. 서 론

최근 압축 기술, 교환 기술 그리고 전송 기술 등의

급속한 발전에 따라 통신망은 점차 고도화되고 있으며, 통신 서비스 사용자들은 오디오, 비디오, 이미지, 텍스트, 그래픽 등의 다수의 미디어를 통합한 멀티미디어 서비스를 요구하고 있다. 이러한 정보 통신 환경에서 B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)은 기존의 개별적인 통신망을 통하여 전송되던 다양한 형태의 미디어를 통합하여 전송할 수 있으며, 광 전송 기술의 진보에 의하여 방대한 대역폭을 제공할 수 있음에 따라 오디오 및 비디오와 같이 많은

* 正會員, 全北大學校 컴퓨터工學科

(Dept. of Computer Eng., ChonBuk Nat'l Univ.)

** 正會員, 韓國電子通信研究所

(Elec. and Telecomm. Research Institute)

接受日字: 1996年1月16日, 수정완료일: 1996年 4月19日

전송 대역폭을 요구하는 미디어를 수용할 수 있게 되었다. 이에 따라 B-ISDN에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.^[1]

ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 기반으로 한 B-ISDN에서는 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위하여 미디어마다 별도의 가상 채널을 할당하고, 미디어 스트림을 53 옥텟의 고정 크기 셀로 나누어 가상 채널의 대역폭에 따라 통계적 멀티플렉싱을 수행한다. 이와같이 별도의 가상 채널을 통하여 미디어를 전송하게 되면 미디어마다 서로 다른 QoS(Quality of Service) 특성을 보장할 수 있고, 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있게 된다.^[2] 그러나, 멀티미디어 데이터를 전송하기 위하여 미디어마다 서로 다른 가상 채널을 사용하므로써 가상 채널마다 서로 다른 지연과 지터가 발생되고, 이로 인하여 미디어 간 혹은 미디어내 데이터 스트림의 비동기가 유발된다. 따라서 B-ISDN에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 이러한 비동기를 해결하기 위한 동기화 프로토콜이 필수적으로 요구된다.^[3]

동기화 프로토콜은 미디어 내에서 패킷과 패킷 사이의 시간 관계를 유지시키기 위한 미디어 내 동기화 프로토콜(intramedia synchronization)과 미디어들 간의 시간 관계를 유지시키기 위한 미디어 간 동기화 프로토콜(intermedia synchronization)로 구분할 수 있으며, 실시간 처리, 분산 환경 및 구현이 용이한 프로토콜을 목표로 많은 연구가 이루어졌다. 기존의 동기화 프로토콜에 대한 연구는 주로 미디어별로 별도로 구축된 점대점 형태의 통신망을 기반으로한 미디어내 동기화 프로토콜에 대한 것이었다. 또한 미디어간 동기화 프로토콜은 별도의 동기 채널을 두어 동기 정보를 주기적으로 전송하는 동기 채널 기법, 전송되는 패킷 스트림 사이에 동기를 위한 마킹 패킷(marking packet)을 삽입하는 동기 마커(synchronization marker) 기법, 논리 계층과 물리 계층으로 분리하여 동기를 제공하는 Nicolaou의 2단계 동기 기법, 저장 모델의 정보 검색에 적합하게 설계된 Little의 ASP/NSP 동기 기법 등이 연구되어왔다.^[4,6,7,8] 그러나, 기존의 동기화 프로토콜은 미디어마다 서로 다른 QoS 특성, 전송 망에서의 세션의 추가 삭제 등으로 인한 가변적인 지연 특성, 클럭 동기 등에 대하여 고려하지 않은 일반적인 프로토콜이었다.

따라서 본 논문에서는 B-ISDN에서 효율적인 멀티

미디어 서비스의 동기를 위하여 B-ISDN 내에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성을 분석하였으며, 미디어의 QoS 특성 및 망의 가변적인 지연 특성을 고려한 적응적인 가중치 가변 윈도우 예측기를 제안하였다. 제안한 예측기는 최근에 도착한 패킷에 높은 가중치를 부여하고, 망의 부하 변화를 감지하는 파라메타를 이용하여 윈도우의 크기를 조정하므로써 가상 채널에서 최근에 발생한 지연의 변화에 효율적으로 적응할 수 있도록 하였다. 그리고 제안한 예측기를 기반으로 하고, B-ISDN과 같이 분산된 통신 환경에 적합하도록 상대적 클럭 동기 기법을 채택한 동기화 프로토콜을 제안하였다. 제안한 동기화 프로토콜은 가중치 가변 윈도우 예측기를 이용하여 송신측과 수신측 간의 종단간 지연을 예측하여 수신측에서 정해진 시간에 멀티미디어 데이터를 표현할 수 있도록 송신측의 가상 채널을 스케줄링하여 동기를 수행한다. 또한 제안한 동기화 프로토콜에서 가장 중요한 기능을 수행하는 지연 예측기에 대한 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 실시하고 결과를 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 장에서는 B-ISDN에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성 및 기존의 지연 예측 기법에 대하여 서술하고, III 장에서는 가중치 가변 윈도우 예측기 및 이를 기반으로한 동기화 프로토콜을 제안하며, IV 장에서는 제안한 지연 예측기에 대한 성능을 평가하고 분석하며, 마지막으로 V 장에서는 결론을 맺는다.

II. B-ISDN에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성 및 기존의 지연 예측 기법

본 장에서는 전송을 위한 기간망으로 ATM 망을 사용하는 멀티미디어 서비스에 대하여 트래픽의 지연 특성을 분석하고, 망 내에서의 지연을 예측하기 위한 기존의 지연 예측 기법에 대하여 분석을 하였다.

1. B-ISDN에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성

B-ISDN에서 멀티미디어 서비스의 동기를 위해서는 미디어내 또는 미디어간의 비동기를 야기하는 가장 중요한 원인인 지연 특성에 대한 분석이 요구된다. ATM 망을 기본 전달망으로 사용하는 B-ISDN 환경에서의 지연은 가상 채널에 패킷을 전송할 때 발생하는 전송 지연, 송신측에서 패킷을 전송한 후 수신측에서 패킷을

수신할 때 까지의 전파 지연, 패킷이 버퍼에서 큐잉될 때 발생하는 큐잉 지연 등으로 구성된다. 여기에서 전송 지연과 전파 지연은 상수 성분의 지연 요소이고, 큐잉 지연은 망의 부하의 변화에 따라 일정하지 않고 불규칙하게 변화되는 가변적인 지연 요소로서 일반적으로 실측을 통한 통계 정보를 이용하여 정의한다.^[9,10,11]

ATM 망에서 하나의 패킷을 전달할 때 발생하는 지연을 λ 라고 할때, 송신측에서 전송한 패킷은 최소한 λ 시간 이후에 수신측에 도착되어 playout된다. 수신측에서 패킷을 수신하여 playout하는 시점을 π 라고 정의하면, λ 보다 큰 값을 갖는 종단간 제어 시간 T 를 선택하여 송신측에서 $\pi - T$ 로 정의되는 θ 시간에 패킷을 전송하도록 가상 채널에 대하여 스케줄링을 하면 하나의 패킷에 대한 동기를 이룰 수 있다.^[6] 그림 1에서는 가상 채널 스케줄링을 위한 시간 관련 파라메타를 나타내었다.

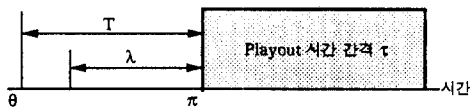


그림 1. 가상 채널 스케줄링을 위한 시간 관련 파라메타
Fig. 1. Time-related parameters for virtual channel scheduling.

ATM 망에서는 하나의 멀티미디어 오브젝트(예를 들면, 비디오의 한 프레임)가 다수의 패킷으로 나뉘어 전송이 되고, 오브젝트에 대한 동기를 이루기 위해서는 오브젝트를 전송할 때 망에서 발생하는 다양한 지연 요소를 정의할 수 있어야 한다. 멀티미디어 오브젝트에 대한 지연 λ 를 D_o 라고 정의하면, 식 (1)과 같이 상수 성분과 변수 성분의 지연으로 나누어진다.

$$D_o = D_c + D_v \quad (1)$$

여기서, D_o 는 ATM 망에서 하나의 오브젝트에 대한 전체 지연을 의미하고, D_c 와 D_v 는 각각 지연의 상수 성분과 변수 성분을 의미한다. D_c 는 가상 채널의 대역폭 및 패킷의 크기 등으로 결정되는 전송 지연이나 전파 지연으로 구성되고, D_v 는 큐잉 지연과 같은 가변적인 지연 요소로 구성되며 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$D_o = D_p + D_T + D_v \quad (2)$$

ATM 망에서는 하나의 오브젝트가 여러 개의 패킷으로 분할되고, 패킷은 통계적 멀티플렉싱을 이용하여 할당된 가상 채널을 통하여 파이프라인 형태로 전송된다. 따라서 하나의 오브젝트가 γ 개의 패킷으로 구성된다면 전체 지연 시간은 식 (3)과 같다.

$$D_o = D_p + \gamma D_T + \sum_{i=1}^{\gamma} D_{v_i} \quad (3)$$

여기서, $\gamma = \lfloor \frac{x}{S} \rfloor$ 이다.

여기서, $|x|$ 는 오브젝트의 크기를 의미하고 S 는 패킷에서 부가 정보를 제외한 데이터 영역의 크기를 의미한다. 식 (3)의 마지막 항목은 첫번째 패킷의 가변 지연과 나머지 패킷의 패킷간 도착 지연(interarrival delay)의 합으로 나타낼 수 있기 때문에 식 (4)와 같이 정의할 수 있다.

$$D_o = D_p + \gamma D_T + D_v^F + \sum_{i=1}^{\gamma-1} D_{v_{i,i+1}} \quad (4)$$

식 (4)에서, D_T 는 패킷의 크기를 가상 채널의 대역폭으로 나눈 값으로 정의하고, D_v^F 는 오브젝트의 첫번째 패킷의 가변 지연을 의미하며, $D_{v_{i,i+1}}$ 은 i 번째 패킷과 $i+1$ 번째 패킷 사이의 도착간 지연을 의미한다. ATM 망에서 D_p 는 정확하게 모델링할 수 없는 문제점을 가지기 때문에 오브젝트의 첫번째 패킷의 전체 지연에서 D_T 를 제외한 나머지 지연 요소를 $D_c(D_p + D_v^F)$ 로 정의하고, 오브젝트의 종단간 지연 D_o 를 식 (5)와 같이 정의한다.

$$D_o = D_c + \gamma D_T + \sum_{i=1}^{\gamma-1} D_{v_{i,i+1}} \quad (5)$$

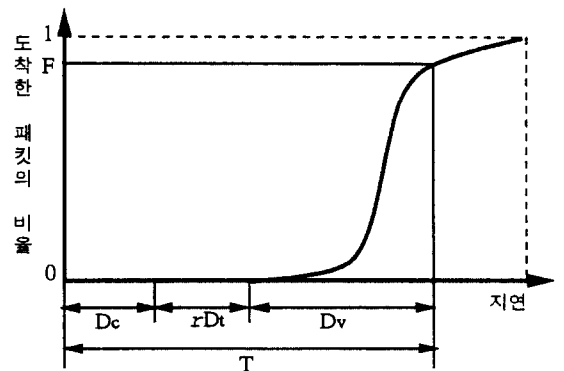


그림 2. 오브젝트의 도착 누적 분포
Fig. 2. Cummulative fraction of arrived objects.

식 (5)로부터 ATM 망에서 오브젝트의 지연은 도착 간 가변 지연의 누적 분포를 이용하여 그림 2와 같이 표현할 수 있다.

멀티미디어 서비스에서 오디오와 비디오와 같은 시간 연속적인 미디어는 정해진 시간 내에 도착하지 못하면 정보로서의 가치가 없게 되어 패킷이 손실된다. 따라서 F 는 모든 패킷이 손실없이 전부 도착할 비율에서 미디어의 패킷 손실율을 뺀 패킷의 비율로 정의한다.

그림 2에서 오브젝트의 동기를 위하여 채널 스케줄링에 사용되는 종단간 제어 시간 T 는 D_c , γD_T , 및 도착간 가변 지연의 누적 분포로부터 QoS 파라메타 F 에 의하여 결정할 수 있다. 여기서 γ 개의 패킷으로 구성되는 오브젝트의 도착간 가변 지연을 나타내는 마지막 항목을 알기 위해서는 γ 개의 패킷에 대한 통계를 관리하고, F 에 해당되는 γ 개의 패킷의 도착간 가변 지연의 누적값을 선택하여야 한다. 그러나, 하나의 패킷에 대한 누적 분포의 평균과 분산이 각각 μ 와 σ^2 이라하면 중심 극한 정리에 의하여 γ 개의 패킷에 대한 평균과 분산은 각각 $\gamma\mu$ 와 $\gamma\sigma^2$ 으로 쉽게 모델링할 수 있다.

패킷의 손실없이 동기를 이루기 위해서는 F 를 1.0으로 하고, 이때의 종단간 제어 시간을 이용하여 채널을 스케줄링하면 된다. 그러나 이 경우에는 T 값이 크게 결정되므로 버퍼에서 지연되는 시간이 증가하여 많은 버퍼를 요구한다. 따라서 버퍼와 같은 망자원과 미디어의 QoS를 고려하여 적절한 F 값을 선택해야 한다.

망 내 지연의 변화에 따라 가변 지연의 분포가 바뀌게 되면 변경된 지연 분포로부터 새로운 종단간 제어 시간을 생성하고 이를 이용하여 송신측에서 패킷의 전송 스케줄을 동적으로 재구성할 수 있다. 따라서 망 내 지연 분포를 정확히 예측하는 것은 매우 중요하고, 이를 위한 지연 예측 기법을 다음 절에서 다루도록 한다.

2. 기존의 지연 예측 기법

멀티미디어 서비스에서는 세션의 추가/삭제와 같은 망의 부하 변화 또는 사용자의 입력 등으로 인하여 가변적인 지연이 발생되기 때문에 망의 지연을 정확하게 평가하기가 어렵게 된다. 하지만, 최근에 도착한 패킷의 지연을 이용하면 현재의 망의 지연 특성을 적절히 표현할 수 있으며, 이를 이용하여 이후의 망의 지연에 대한 예측값으로 사용할 수 있다. 망의 지연은 일반적

으로 정규 분포를 나타내기 때문에 임의의 평균과 분산을 이용하여 표현할 수 있으며, 기존의 패킷망에서 망의 지연을 예측하기 위한 기법은 geometric 기법과 윈도우 기법이 있다.

1) Geometric 예측기

Geometric 예측기는 송신측으로부터 도착하는 패킷을 이용하여 망내 지연 분포의 평균과 분산을 회귀적인 방법을 사용하여 예측하는 기법이다. 이 기법은 간단한 필터를 이용하여 망의 지연을 예측할 수 있으며, 구현이 용이하고 적은 양의 계산이 요구되므로 빠른 제어를 수행할 수 있다는 장점을 갖는다.

예측 지연은 식 (6)과 같이 정의한다.

$$\mu_{i+1} = (1-\beta)\mu_i + \beta X_i \quad (6)$$

식 (6)에서 조정값(correction factor, $0 \leq \beta \leq 1$)은 i 시간에 도착한 패킷의 지연 X_i 와 $i-1$ 시간에 예측한 지연 μ_i 를 이용하여 $i+1$ 시간의 망 내 지연 분포에 대한 평균을 예측할 때, X_i 와 μ_i 의 비중을 조절할 수 있는 가중치이다. 조정값이 1에 근접할수록 X_i 가 예측 지연에 많은 영향을 주기 때문에 망의 지연 변화에 대하여 빠르게 수렴할 수 있지만 예측 지연의 오차가 증가하게 된다. 반면에 조정값이 0에 근접하게 되면 망의 지연 변화에 대하여 수렴 정도는 느리지만 예측 지연의 오차는 감소하게 된다.

예측 분산은 식 (7)과 같이 정의할 수 있기 때문에 식 (8)을 이용하여 식 (9)와 같이 정의한다.

$$\sigma^2 = E(X^2) - \mu^2 \quad (7)$$

$$X_{i+1}^2 = (1-\beta)(X_i^2) + \beta(X_i)^2 \quad (8)$$

$$\sigma_{i+1}^2 = (X_{i+1}^2) - (\mu_i)^2 \quad (9)$$

2) 윈도우 예측기

윈도우 예측기는 크기가 n 인 윈도우를 이용하여 송신측으로부터 도착하는 최근 n 개의 패킷에 대한 지연을 저장하고, 이를 이용하여 망 내 지연 분포에 대한 평균과 분산을 예측하는 기법이다. 시간 i 에서 윈도우에 관리하는 최근 n 개의 패킷들에 대한 지연을 ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$)이라 하면, $i+1$ 시간의 망 내 지연 분포의 예측 평균과 예측 분산은 식 (10), 식 (11)과 같다.

$$\mu_{i+1} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (10)$$

$$\sigma_{i+1}^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - \mu_{i+1})^2 \quad (11)$$

식 (10)과 식 (11)에서 i 시간에 도착한 패킷의 지연은 윈도우의 첫번째 요소에 저장되고, k 는 윈도우 내의 위치를 나타낸다.

윈도우 예측기는 망의 지연 변화에 대하여 윈도우의 크기 n 에 따라 수렴 정도와 예측 오차가 영향을 받는다. 윈도우 크기가 작은 경우에는 망의 지연 변화에 빠르게 수렴할 수 있지만 예측 지연의 오차가 증가하게 된다. 반면에 윈도우 크기가 큰 경우에는 망의 지연 변화에 수렴 정도가 느리게 된다.

III. 지연 예측 기반 동기화 프로토콜

본 논문에서는 멀티미디어 서비스의 효율적인 동기를 위하여 ATM 망에서 세션의 추가/삭제 및 사용자의 입력으로 인하여 발생하는 지연의 변화를 고려한 가중치 가변 윈도우 예측기를 제안한다. 제안한 예측기는 기존의 예측기와 달리 망 내 지연의 변화에 효율적으로 적용할 수 있고, 임의의 예측 평균과 분산을 갖는 도착간 지연 분포로부터 미디어의 패킷 손실율과 같은 QoS를 고려하여 오브젝트의 망 내 지연 요소를 구할 수 있도록 한다.

제안된 예측기를 기반으로한 동기화 프로토콜은 망의 지연의 변화 및 QoS를 고려하여 망 내 지연 요소를 구하고 이를 이용하여 종단간 제어 시간을 정의하여 송신측에서 오브젝트를 가상 채널을 통하여 전송할 시간을 스케줄링하므로써 동기를 이루게 된다. 또한 망 내에서의 지연의 변화가 발생하는 경우 제안한 예측기에 의하여 감지되어 송신측의 전송 시간을 동적으로 스케줄링하는데 이용된다.

1. 가중치 가변 윈도우 예측기

본 논문에서 제안하는 가중치 가변 윈도우 예측기는 망의 도착간 지연 분포에 대한 평균과 분산 등의 통계적 정보를 효율적으로 예측하고, 망 내 지연의 변화에 빠르게 적용할 수 있는 기법이다. 제안한 예측기는 수신측에 최근에 도착한 패킷의 지연이 현재의 망의 지연 특성을 보다 적절하게 반영하고, 이후에 도착할 패킷의 지연과 많은 상관성을 가지기 때문에 윈도우 내에 관리되는 최근의 패킷에 높은 가중치를 부여한다. 또한 사용자의 입력 및 망 부하의 변동에 따라 급격하

게 변하는 패킷의 지연에 대하여 적응적인 예측이 가능하도록 윈도우 크기를 가변적으로 조정할 수 있도록 하였다.

제안된 예측기는 시간 i 에서 윈도우 크기(win)와 동일한 갯수의 패킷의 지연을 ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_{win}$)이라 하고, 윈도우에 관리되는 각각의 패킷의 지연에 부여하는 가중치를 ($W_1, W_2, W_3, \dots, W_{win}$)이라 하면, $i+1$ 시간의 망 내 지연 분포의 예측 평균과 예측 분산은 식 (12), 식 (13)과 같다.

$$\mu_{i+1} = \frac{1}{\sum W_i} \sum_{i=1}^{win} X_i W_i \quad \text{단.} \quad \sum_{i=1}^{win} W_i = 1 \quad (12)$$

$$\sigma_{i+1}^2 = \frac{1}{\sum W_i} \sum_{i=1}^{win} (X_i - \mu_{i+1})^2 W_i \quad (13)$$

가중치는 최근에 도착한 패킷의 지연에 보다 높은 가중치를 부여하여 망 내 지연의 변화에 빠르게 적용할 수 있도록 식 (14)와 같이 정의하고, 식 (15)의 조건을 만족하도록 선형적으로 증가하도록 하였다.

$$W_i = \frac{i}{win * (win + 1) / 2} \quad (14)$$

$$W_{win} \geq W_{win-1} \geq \dots W_2 \geq W_1 \quad (15)$$

이에 따라 제안한 예측기는 최근에 도착한 패킷의 지연에 높은 가중치를 할당하므로써 지연의 변화에 빠르게 수렴할 수 있을 뿐만아니라, 새로운 세션의 설정 및 해제 또는 미디어의 추가 및 삭제에 따른 망 부하의 변동에도 적절히 대응할 수 있는 장점을 갖는다.

한편, 윈도우 예측기에서 살펴본 바와 같이 윈도우 크기가 큰 경우에는 지연의 변화에 느리게 적응하기 때문에, 이를 보완하기 위하여 제안한 예측기에서는 윈도우 크기를 가변적으로 조정할 수 있도록 하였다. 즉, 망 내 지연의 변화가 심한 경우에는 지연의 변화에 빠르게 수렴할 수 있도록 윈도우 크기를 작게 조정하고, 지연의 변화가 심하지 않은 경우에는 윈도우 크기를 최대값으로 하여 빈번한 지연값의 진동으로 인한 오차를 줄이도록 한다. 윈도우 크기는 MIN으로 정의되는 최소 윈도우 크기와 MAX로 정의되는 최대 윈도우 크기 사이에서 조정될 수 있고, 새롭게 결정되는 윈도우의 크기 win은 식 (13)과 같이 결정된다.

$$win = a * MIN + (1 - a) * MAX \quad (16)$$

식 (16)에서 $a(0 \leq a \leq 1)$ 는 망 내 지연의 변화를

감지할 뿐만아니라 윈도우 크기를 결정하는데 이용하는 파라메타로서 식 (17)과 같이 정의한다. α 의 범위는 망의 지연에 큰 변화가 발생한 경우에는 1에 근사한 값을 가지고 망의 지연 변화가 적은 경우에는 0에 근사한 값을 가진다.

$$\alpha = \frac{(X_i - \mu_i)^2}{(X_i - \mu_i)^2 + \sum_{k=2}^{win} (X_i - X_k)^2} \quad (17)$$

수신측에 새롭게 도착한 패킷의 지연과 윈도우에 저장된 기존 패킷의 평균 지연과의 편차가 작으면 α 는 0에 근사한 값을 갖고 망의 지연에 큰 변화가 없음을 의미한다. 그러나 망의 부하 변동에 의하여 지연의 변화가 발생하면 새로 도착한 패킷의 지연이 기존의 패킷의 지연 특성과 큰 편차를 갖기 때문에 α 는 1에 근사한 값을 갖고 망의 부하가 변했음을 감지한다.

α 는 패킷이 도착할 때마다 측정되기 때문에 패킷이 도착할 때마다 윈도우 크기를 제어하게 되면, 윈도우의 크기가 빈번하게 변화되어 지연 예측시 오차를 증가시키는 결과를 초래할 수 있다. 이러한 문제를 방지하기 위하여 본 논문에서는 α 에 대한 임계치(threshold)를 두고 임계치를 초과하는 경우에 한해서 윈도우 크기를 조정하는 제어 방법을 도입하였다. 또한 연속되는 패킷 스트림 내의 하나의 패킷에서만 순간적인 지연의 변화가 발생하여 임계치를 초과하는 경우에, 윈도우의 크기를 조정하므로써 오히려 예측 오차를 크게하는 결과를 초래하므로, 연속되는 α 의 차이가 임계치(change threshold) 이상의 값을 갖는 경우에만 윈도우 크기를 제어할 수 있도록 하였다. 또한 망의 부하가 변하여 윈도우 크기를 감소시킨 이후에는 점진적으로 윈도우 크기를 증가시키도록 하였다. 윈도우 크기를 결정하기 위한 방법은 알고리즘 1과 같다.

[알고리즘 1] 윈도우 크기 결정 알고리즘

```

iff(  $\alpha_{i-1} - \alpha_i > change\_threshold$  ) change_flag=TRUE;
iff change_flag == FALSE) {
    iff(  $\alpha_i < threshold$  ) window_size ++;
    iff( window_size >= MAX ) change_flag=TRUE;
} else {
    iff(  $\alpha_i > threshold$  ) {
        window_size = (1 -  $\alpha_i$ ) * MAX -  $\alpha_i$  * MIN;
        change_flag = FALSE;
    } else window_size = MAX;
}
    
```

2. 지연 예측 기반 동기화 프로토콜

ATM 망을 전송을 위한 기간망으로 하는 멀티미디어 서비스에 대하여 효율적인 동기를 위해서는 미디어의 QoS 특성을 고려하여야 하고, 망 내 부하의 변화 및 사용자의 입력으로 인하여 발생하는 망 내 지연 변화를 고려하여야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 ATM 망에서의 종단간 지연을 정의하고, 종단간 지연을 극복할 수 있도록 송신측의 전송 채널을 스케줄링하여 수신측에 정해진 시간에 멀티미디어 데이터가 표현될 수 있도록 하는 지연 예측 기반 동기화 프로토콜을 제안한다. 제안된 지연 예측 기반 동기화 프로토콜은 구현이 용이하고, 미디어의 QoS 특성을 반영할 수 있으며, 실시간 처리가 가능하므로 B-ISDN 환경에 적합한 동기화 프로토콜이다.

제안한 동기화 프로토콜의 기능 구조는 그림 3과 같이 playout 스케줄 생성기, 전송 스케줄 생성기, 타임스탬퍼(time stamper), 타이머, 지연 예측기, 미디어 표현 부 시스템, 타이머, 지연 예측기, 미디어 표현 부 시스템 등으로 구성된다.

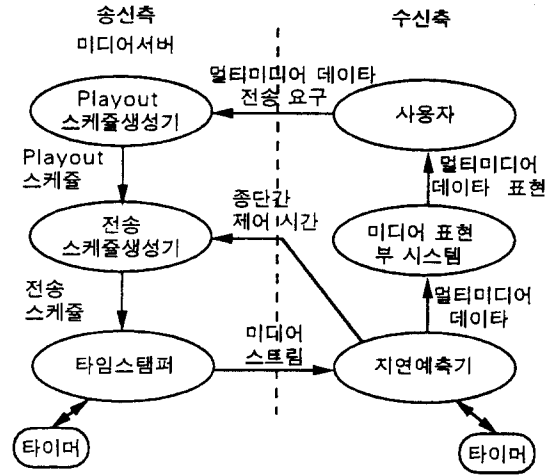


그림 3. 지연 예측 기반 동기화 프로토콜의 구조
Fig. 3. Structure of synchronization protocol based on delay estimation.

playout 스케줄 생성기는 멀티미디어 데이터의 미디어 간 동기를 위하여 멀티미디어 데이터의 시간 관련 정보로부터 미디어별 playout 스케줄을 생성한다.^[6] 사용자로부터 멀티미디어 데이터 전송 요구를 받으면 미디어들 간에 존재하는 시간 관련 정보를 표현하는 OCPN으로부터 미디어의 playout 스케줄을 생성하고, 다시 미디어별로 playout 스케줄을 분리하므로써 미디어

어 간 동기화를 단일 미디어 내 동기화 과정으로 축소하기 위한 전단계 과정을 수행한다.

전송 스케줄 생성기는 미디어별로 playout 스케줄 생성기로부터 수신한 playout 정보와 수신측의 지연 예측기로부터 수신한 종단간 제어 시간을 합산하여 송신측의 전송 스케줄을 생성한다. 망의 지연 변화로 인하여 새로운 종단간 제어 시간을 수신하게 되면 송신측의 전송 스케줄 생성기는 현재 스케줄링을 수행하는 오브젝트에 대해서는 블럭킹이 되고, 다음 처리할 오브젝트부터 새로운 종단간 제어 시간을 적용하여 전송 채널에 대한 스케줄링을 수행한다.

타임 스탬퍼는 송신측에서 전송할 오브젝트를 ATM 망에서 전송하기 위해서 트랜스포트 계층에서 처리할 수 있는 크기로 패킷화하고, 오브젝트의 첫번째 패킷의 헤더에 전송 스케줄링 정보 및 playout 시간 정보를 추가하며, 정해진 전송 스케줄에 따라 미디어 스트림을 전송한다. 타임 스탬퍼에 의하여 추가될 시간 정보는 송신측과 수신측에서 클럭 동기를 이용하여 동기화된 타이머를 이용한다. 트랜스포트 계층에서의 패킷화 과정을 그림 4에 나타내었다.

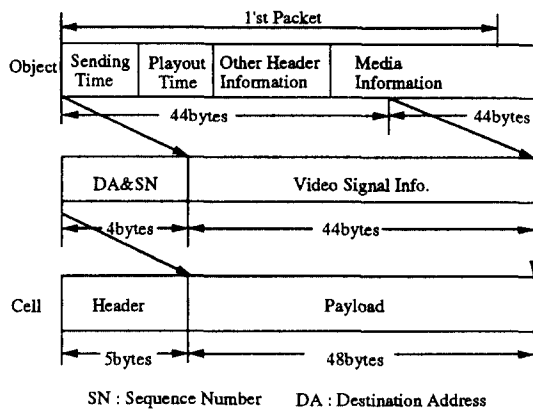


그림 4. 오브젝트 정보의 패킷화 과정
Fig. 4. Packetization procedure of object information.

일반적으로 트랜스포트 계층에서의 패킷이 ATM 망을 통하여 전송될 때에는 AAL 계층에서 4 바이트를 헤더로 사용하기 때문에 44 바이트 크기로 분할되어 전송되고 수신측에서는 반대의 과정을 거침으로써 패킷이 전송된다. 오브젝트의 헤더에는 전송 시간과 playout 시간 및 기타 관련 정보를 포함한다. 헤더에

포함된 시간 정보는 오브젝트의 첫번째 패킷에 위치한다. 이는 2장에서 망의 지연 특성을 언급할 때 살펴본 바와 같이 오브젝트의 첫번째 패킷의 지연을 측정 한 후에 이후의 패킷에 대해서는 도착간 지연을 측정하므로써 망 내의 지연을 적은 처리 시간을 가지고 구할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

수신측의 지연 예측기는 송신측으로부터 전송된 패킷을 수신하면 도착하는 패킷의 도착간 지연을 측정하고 이를 이용하여 망의 지연을 예측하며, 종단간 제어 시간을 계산하여 송신측에 전달한다. ATM 망에서의 종단간 지연은 제한한 지연 예측기를 통하여 예측한 망의 가변적 지연에 대한 통계 정보로부터 미디어의 QoS를 고려하고 망 내 부하의 변화 등을 고려한 종단간 제어 시간을 선택한다.

망의 종단간 제어 시간을 구하기 위한 알고리즘은 아래와 같다.

[알고리즘 2] 종단간 제어 시간 알고리즘

```

 $\gamma = \text{ceil}(x / S)$ 
 $D_T = C / S$ 
look up  $z$  for  $P[X \leq z] = F$  from standard normal
distribution ( $\mu=0, \sigma^2=1$ )
if ( $X_i ==$  1st packet of object)
     $D_C =$  1st packet of object -  $D_T$ 
 $D_{Vi} = X_i - X_{i-1}$ 
find  $\mu_{i+1}, \sigma_{i+1}^2$  using delay estimator
 $T = D_C + \gamma * D_T + (\mu_{i+1} + z * \sigma_{i+1}^2)$ 
send  $T$  to sender
    
```

알고리즘에 사용한 파라메타는 다음과 같이 정의하였다.

- x : 오브젝트의 크기(Byte)
- S : 패킷의 크기(Byte)
- γ : 하나의 오브젝트에 대한 패킷의 갯수
- F : 1 - 셀 손실율(%)
- z : F 에 대한 누적 표준 정규 분포 참조값
- C : 전송 채널의 용량(bits/sec)
- X_i : 수신측에 i 시간에 도착한 패킷

하나의 오브젝트에 대한 전송 지연은 γ 개 패킷의 전송 지연의 합으로 계산되며, 하나의 패킷에 대한 전

송 지연은 패킷의 크기 S 를 채널 용량 C 로 나누면 구할 수 있다. 지연 예측기에서는 미디어의 셀 손실율과 같은 트래픽 파라미터를 고려하여 종단간 제어 시간을 구하기 위하여, 누적 표준 정규 분포로부터 z 를 구한다.

오브젝트의 첫번째 패킷의 지연은 전송 지연, 전파 지연, 가변 지연으로 구성되고, 두번째 패킷부터는 전송 지연과 패킷의 도착간 지연으로 구성된다. 한편, ATM 망에서 식 (4)로 정의한 지연 요소 가운데 전파 지연과 가변 지연을 분리하여 추출하는 것이 어렵기 때문에 오브젝트의 첫번째 패킷의 경우에는 전송 지연만을 제거한 전파지연과 가변지연의 합을 D_c 로 정의하여 식 (5)와 같이 망의 지연 요소를 평가하였으며, 망 내에서의 종단간 지연을 계산하는데 사용한다. 오브젝트의 두번째 패킷부터는 수신측의 타이머를 이용하여 도착간 가변 지연을 구한다.

지연 예측기에서는 도착간 가변 지연을 이용하여 미디어의 QoS를 고려하여 지연을 예측하고, 망 내 다양한 지연 요소를 이용하여 종단간 제어 시간을 구하여 송신측에 전송을 한다.

미디어 표현 부 시스템에서는 지연 예측기로부터 미디어 패킷을 수신하여 버퍼에서 대기한 후, 정해진 playout 시간에 멀티미디어 오브젝트를 사용자에게 표현한다. 예를 들어, 비디오에 대한 정보를 수신한 경우에는 MPEG 인코더에 의하여 압축되어 정보를 전송하므로 표현 부시스템의 MPEG 디코더가 압축을 풀고 동영상 정보를 디스플레이 장치에 전송한다.

마지막으로, 프로토콜에 사용하는 타이머는 송신측과 수신측이 동기되어야 한다. 특히, B-ISDN과 같이 멀티미디어 서버와 수신측이 물리적으로 떨어진 분산된 환경에서는 클럭 동기 문제가 더욱더 중요하게 된다. 한편, 분산된 환경에서는 송신측과 수신측 간에 동일한 클럭을 사용하기 어려우므로, 본 논문에서는 상대적 시간(relative time)을 이용하여 클럭을 동기시킨다. 멀티미디어 서버는 클럭 동기를 위하여 미디어 정보의 전송을 위한 연결이 설정된 후에 수신측에 클럭을 요구하는 트리거 패킷을 전송한다. 트리거 패킷을 받은 수신측에서는 시간 정보를 담은 두 개의 패킷을 임의의 t 시간 간격으로 연속해서 전송한다. 두 개의 패킷을 받은 멀티미디어 서버는 이를 이용하여 수신측의 상대적인 시간을 계산할 수 있다.

수신측에서 트리거를 받은 이후에 두 개의 시간 정

보를 가진 패킷을 보낸 시간이 각각, x_0 와 x_0+t 라 하고, 멀티미디어 서버에서 두 개의 패킷을 받은 시간을 각각 y_0 와 y_0+t+w 라고 하면, 수신측의 x 라는 시간에 대하여 멀티미디어 서버에서의 상대적인 시간 y 는 식 (18)과 같이 계산될 수 있다.

$$y = \frac{(t+w)*(x-x_0)}{t} + y_0 \quad (18)$$

클럭 동기를 수행하였을지라도 지터에 의하여 상대적인 시간에 오차가 존재할 수 있다. 또한 시간이 흐를수록 오차는 누적되어 허용 오차를 넘어서게 되므로, 이를 방지하기 위하여 주기적으로 클럭 동기를 수행하여야 한다. 클럭 동기를 수행하는 주기는 오버헤드의 최소화와 상대적 시간의 정확성에 대한 두가지 상충된 목적을 만족할 수 있도록 설정해야 한다.

IV. 성능 평가 및 분석

제안한 동기화 프로토콜에서는 망 내의 지연의 변화에 대하여 동적인 스케줄링을 하기 위하여 지연 예측기가 가장 핵심적인 기능을 수행한다. 따라서 본 논문에서는 동기화 프로토콜에서 가장 중요한 기능 요소인 지연 예측기에 대하여 두가지 방법으로 시뮬레이션을 실시하고, 기존의 예측기와 제안한 예측기의 성능 평가를 실시하였다.

먼저 지연 예측기의 성능은 망 부하의 변동이나 사용자의 입력 등으로 지연에 변화가 발생하였을 때 수렴 정도와 실제의 지연과 예측 지연 간의 예측 오차로 평가할 수 있으므로, 임의의 데이터를 사용하여 수렴 정도와 오차를 평가하는 시뮬레이션을 실시하였다. 제안된 가중치 가변 윈도우 예측기의 가중치는 최근에 도착한 패킷일수록 높은 가중치를 갖도록 선형적으로 증가하도록 할당하였다.

또한, MPEG 비디오 데이터를 프레임 단위로 Ethernet을 통하여 전송할 때에 발생하는 지연을 측정하고, 실측된 지연값을 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 예측기의 성능을 평가하고 분석하기 위하여 geometric 예측기에서는 조정값에 따라 지각 오브젝트의 비율을 측정하였으며, 윈도우와 제안된 예측기에서는 윈도우 크기에 따라 지각 오브젝트의 비율을 측정하였다. 지각 오브젝트의 비율은 도착한 패킷의 지연이 F 를 0.95로 하여 망의 종단간 지연을 예측하여 선택한

지연보다 큰 경우로 정의하였다.

1. 예측기의 수렴 정도 및 오차

기존의 예측기와 제안한 예측기의 수렴 정도와 지연 값의 진동에 대한 오차를 측정하기 위하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션의 입력 데이터는 예측기의 수렴 정도를 측정하기 위하여 지연을 5 ms에서 10 ms로 변화시킨 임의의 데이터를 사용하였으며, 지연값의 진동에 대한 오차를 측정하기 위하여 지연이 5 ms 와 10 ms를 번갈아가며 진동되는 임의의 데이터를 입력하였다.

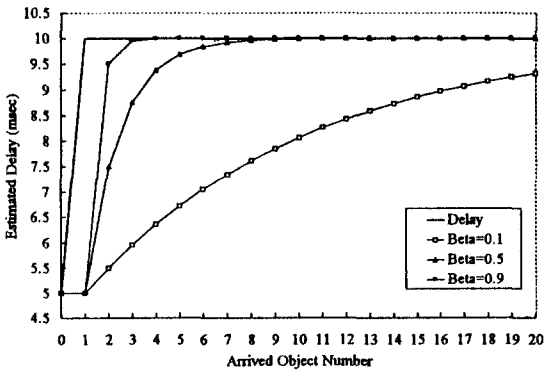


그림 5. 조정값에 따른 수렴 정도
Fig. 5. Convergence for correction factor.

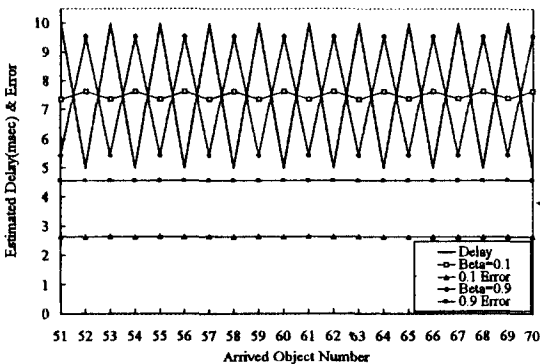


그림 6. 조정값에 따른 오차
Fig. 6. Error for correction factor.

그림 5와 그림 6은 geometric 예측기에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 5는 조정값의 변화에 따라 수렴 정도를 측정한 시뮬레이션 결과이다. 조정값이 0.1인

경우에는 지연의 변화가 발생한 시점에서 패킷이 20개 이상 도착해도 변화된 지연에 수렴하지 못하지만, 조정값이 0.9인 경우에는 단지 두 개의 패킷이 도착한 후에는 변화된 지연에 거의 수렴하였음을 알 수 있다. 그림 6은 진동하는 임의의 지연 데이터를 시뮬레이션의 입력으로 할 때, 조정값에 따른 예측된 지연과 오차를 나타내고 있다. 조정값이 0.9인 경우에는 지연의 변화에는 빠르게 수렴하지만, 진동하는 데이터에 대해서는 그림 6에서와 같이 $i+1$ 번째 예측값이 i 번째 입력에 많은 영향을 받아 4.55로 큰 오차를 초래한다. 그러나 조정값이 0.1인 경우에는 i 번째 데이터에 영향을 적게 받으므로 진동하는 데이터의 평균에 가까운 값을 유지하므로 조정값이 0.9의 결과에 비해서 2.63으로 작은 오차를 유지한다.

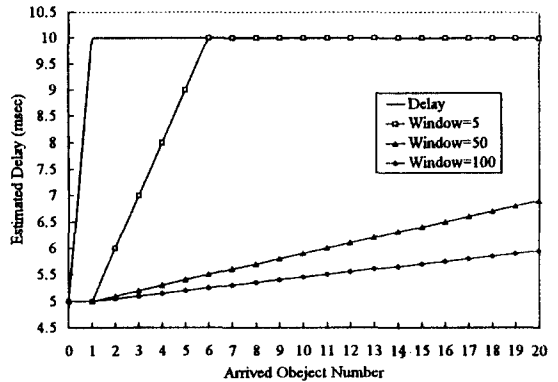


그림 7. 윈도우 크기에 따른 수렴 정도
Fig. 7. Convergence for window size.

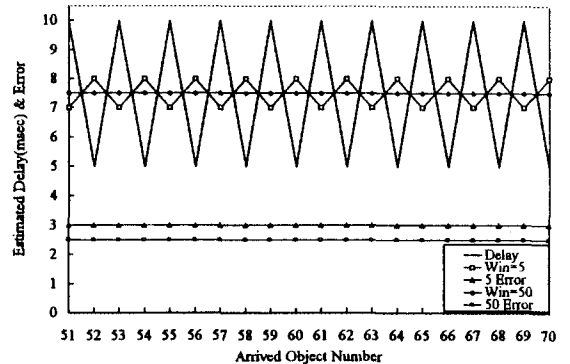


그림 8. 윈도우 크기에 따른 오차
Fig. 8. Error for window size.

그림 7과 그림 8은 윈도우 예측기에 대한 시뮬레이

선 결과이다. 그림 7은 윈도우 크기에 따른 수렴 정도를 측정하는 시뮬레이션 결과이다. 윈도우 크기가 50인 경우에는 패킷이 20개 이상 도착해도 변화된 지연에 수렴하지 못하지만, 윈도우 크기가 5인 경우에는 다섯 개의 패킷이 도착한 후에 변화된 지연에 수렴하였음을 알 수 있다. 그림 8은 진동하는 임의의 지연 데이터를 시뮬레이션의 입력으로 할 때, 윈도우 크기에 따른 예측된 지연과 오차를 나타내고 있다. 윈도우 크기가 5인 경우에는 지연의 변화에 빠르게 수렴하지만, 진동하는 데이터에 대해서는 윈도우에 새로 입력된 데이터가 많은 영향을 미치므로 예측 오차의 크기가 3 정도를 나타낸다. 그러나 윈도우 크기가 50인 경우에는 새로 입력된 데이터의 영향이 적어 진동하는 데이터의 평균에 가까운 값을 유지하므로 윈도우 크기가 5인 결과에 비해서 2.5로 작은 오차를 유지함을 알 수 있다. 결과에서 나타난 것처럼 윈도우 예측기는 윈도우의 크기가 예측기의 성능에 중요한 요소임을 알 수 있다. 윈도우 크기가 크면 진동하는 데이터에 대해서 오차는 줄일 수 있지만 수렴 속도가 느리게 되고, 윈도우 크기가 작은 경우에는 수렴 속도는 빠르지만 가변적인 지연값에 대한 예측 오차가 증가됨을 알 수 있다.

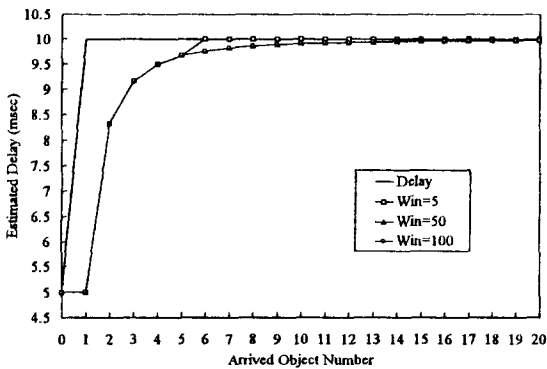


그림 9. 윈도우의 최대 크기에 따른 수렴 정도
Fig. 9. Convergence for the maximum window size.

그림 9와 그림 10은 제안한 가중치 가변 윈도우 예측기에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 9는 윈도우의 최대 크기에 따른 수렴 정도를 측정하는 시뮬레이션 결과이다. 기존의 윈도우 예측기와는 달리 윈도우 크기가 50이나 100 경우에도 빠르게 변화된 지연에 수렴하는 것을 알 수 있다. 그림 10은 진동하는 임의의 데이터를 시뮬레이션의 입력으로 할 때, 윈도우의 최대 크기에

따른 예측된 지연과 오차를 나타내고 있다. 진동하는 데이터에 대해서는 윈도우의 최대 크기가 5인 경우에는 오차가 3 이고, 윈도우 크기가 50인 경우에는 2.52 정도의 오차로 기존의 윈도우 예측기의 오차와 비슷한 결과를 보여준다. 따라서 제안된 예측기는 임의의 데이터에 대해서 기존의 윈도우 예측기와 비슷한 오차를 가지면서 수렴 정도에 있어서 매우 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다.

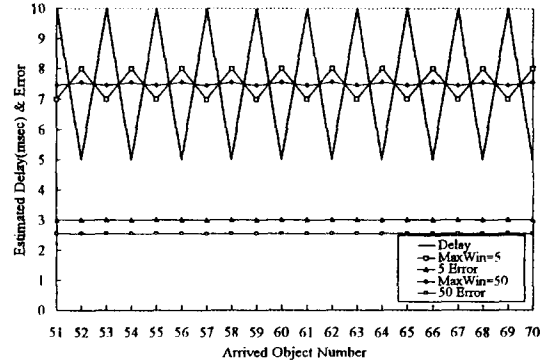


그림 10. 윈도우의 최대 크기에 따른 오차
Fig. 10. Error for the maximum window size.

2. 실측 데이터를 이용한 성능 평가

제안된 지연 예측기의 성능을 평가하기 위하여 MPEG 데이터를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션의 입력 데이터는 Ethernet을 통하여 150 프레임의 MPEG 표준 영상 'football'을 프레임 단위로 읽어들이는데 소요되는 지연을 측정하여 사용하였다. 성능을 평가하기 위하여 각 지연 예측기에서 측정된 평균과 표준편차를 이용하여 정규분포에 대한 누적 분포의 역함수값, 즉 지연값을 계산하였다. 2장에 언급한 것처럼 분포 확률 F 값은 0.9에서 1.0사이의 값으로 선택하는 것이 적합하므로 시뮬레이션에서는 0.95로 정하였다. 시뮬레이션은 F 값이 0.95일때의 계산된 지연값을 이용하여 종단간 제어시간 T 값을 예측하여 결정한다. 실제로 발생한 지연이 예측된 지연보다 클 경우에는 수신측에 도착한 오브젝트를 제시간에 playout 하지 못하므로, 이를 지각 오브젝트(late object)라고 정의하고, 지각 오브젝트의 비율을 성능 평가의 파라메타로 사용하였다.

실측된 지연값과 예측기에서 예측된 지연값을 비교하기 위하여 그림 11에 geometric 예측기, 그림 12에

윈도우 예측기, 그림 13에 제안된 가중치 가변 윈도우 예측기의 시물레이션 결과를 나타내었다.

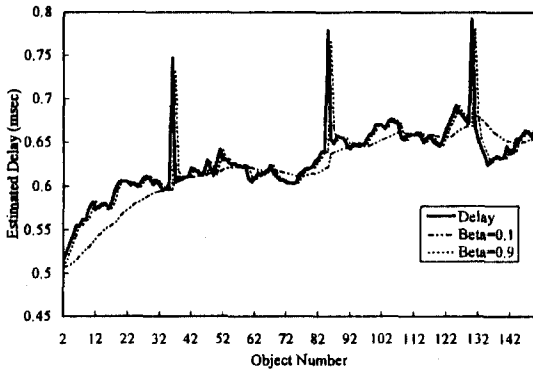


그림 11. Geometric 예측기의 예측 결과
Fig. 11. Estimated results of geometric estimator.

그림 11에서 geometric 예측기는 조정값이 0.9인 경우에는 지연의 변화에 민감하게 예측을 하기 때문에 실측된 지연값의 변화에 대해 하나의 단위 시간 후에는 실측한 지연과 유사하게 지연을 예측할 수 있고, 빠르게 수렴하는 것을 알 수 있다. 그러나 실측된 지연이 일시적으로만 큰 지연값을 나타내었을 경우에는 빠르게 수렴하므로써 많은 오차가 발생하였다. 조정값이 0.1인 경우에는 변화에는 빠르게 수렴하지는 못하지만 일시적인 변화에 대한 오차가 작다. 따라서, Geometric 예측기는 조정값이 성능에 중요한 요소임을 알 수 있다. 즉, 세션의 추가나 삭제가 빈번하여 지연값이 많이 변하는 멀티미디어 서비스에서는 큰 조정값을 선택하는 것이 적합하며, 일정기간 동안 지연값의 변동이 적은 멀티미디어 서비스는 작은 조정값을 선택하는 것이 적합하다. 그러나 멀티미디어 서비스에 따라서 서로 다른 조정값을 결정하는 문제는 geometric 예측기의 도입을 어렵게 한다.

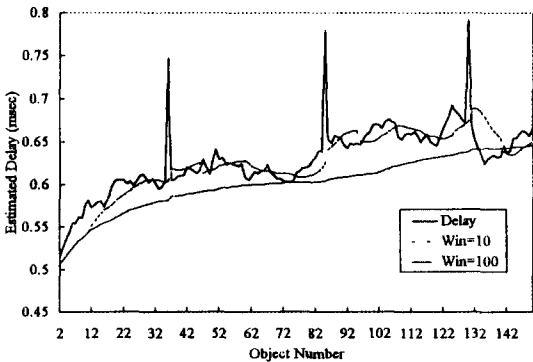


그림 12. 윈도우 예측기의 예측 결과
Fig. 12. Estimated results of window estimator.

그림 12에서 윈도우 예측기는 멀티미디어 서비스에 따라 적합한 윈도우 크기를 설정하는 것이 성능에 중요한 요소가 된다는 것을 알 수 있다. 윈도우 크기가 10인 경우에는 일시적인 지연의 변화에 민감하게 예측할 수 있지만 이후에 작은 값이 발생하였는데도 앞서 발생한 큰 지연값의 영향이 미치므로 예측값에 오차가 발생하게 되며, 윈도우의 크기가 100인 경우에는 변화에 민감하지 않으므로써 일시적인 지연 변화에 대한 오차를 줄일 수는 있지만 빠르게 수렴하지 못한다.

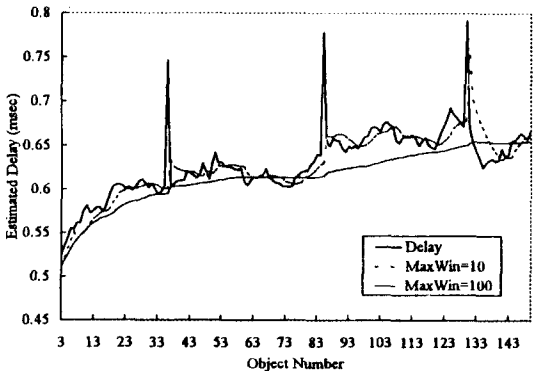


그림 13. 가중치 가변 윈도우 예측기의 예측 결과
Fig. 13. Estimated results of weighted-variable window estimator.

그림 13에서 가중치 가변 윈도우 예측기는 윈도우의 최대 크기가 10일 경우 지연값이 급격하게 변할 때에는 윈도우 예측기와 같이 민감하게 예측을 할 수 있고, 이후에 변화에 대해서도 가중치와 윈도우 크기를 조절하므로써 적응적으로 대응하므로써 예측값의 오차를 줄이는 것을 알 수 있다. 윈도우 최대 크기가 100인 경우에도 윈도우 예측기와는 달리 지연값의 변화에 적응적으로 예측하는 것을 알 수 있다.

그림 14는 geometric, 윈도우, 가중치 가변 윈도우 예측기에 대하여 시물레이션 결과로 지각 오브젝트의 비율을 나타내었다.

그림 14에서 geometric 예측기는 조정값에 따라 지각 오브젝트의 비율을 평가하였으며, 윈도우와 가중치 가변 윈도우 예측기는 윈도우 크기에 따라 지각 오브젝트의 비율을 평가하였다. Geometric 예측기는 윈도우 기반 예측기의 윈도우 크기가 30 이상인 경우에는

지각 오브젝트의 비율이 높게 나타나므로 윈도우 기반 예측기보다 낮은 성능을 보여준다. 제안한 가중치 가변 윈도우 예측기는 윈도우 예측기에 비하여 평균적으로 0.04 정도 낮은 지각 오브젝트의 비율을 나타내므로써 향상된 성능을 나타내었음을 알 수 있었다.

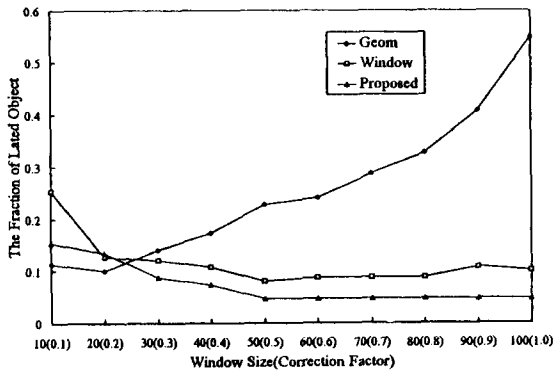


그림 14. 다양한 예측기에서 지각 오브젝트의 비율
Fig. 14. Fraction of late objects for variable estimator.

V. 결 론

본 논문에서는 B-ISDN에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 지연 예측 기반 동기화 프로토콜을 제안하였다. 이를 위하여 B-ISDN에서 멀티미디어 트래픽의 지연 특성에 대한 분석을 실시하였고, 지연 특성에 대한 분석을 토대로 미디어의 QoS 특성 및 망 지연 변화에 적응적인 가중치 가변 윈도우 지연 예측기를 제안하였다. 제안한 가중치 가변 윈도우 지연 예측기는 멀티미디어 서비스의 특성을 반영하기 위하여 최근에 전달된 오브젝트의 지연에 높은 가중치를 부여하여 다음 오브젝트의 지연을 예측하였다. 또한, 사용자의 요구 등으로 인하여 망의 성능 부하에 변동이 발생하면 새로이 발생될 지연을 빠르게 수렴, 예측하기 위해 윈도우의 크기를 줄이고, 지연값이 일정기간 동안 임계치 이상의 변동이 없으면 예측 오차를 줄이기 위해 최대 윈도우 크기를 사용할 수 있도록 하였다. 제안한 예측기를 기반으로 한 동기화 프로토콜은 B-ISDN과 같이 분산된 통신 환경에 적합하도록 상대적 클럭 동기 기법을 채택하였고, 구현이 용이하며, 미디어의 QoS 특성을 반영할 수 있고, 실시간 처리가 가능하므로 B-ISDN 환경에 적합한 동기화 프로토콜이

다. 제안한 동기화 프로토콜은 ATM 망에서의 종단간 지연을 정의하고, 종단간 지연을 극복할 수 있도록 송신측의 전송 채널을 스케줄링하여 수신측에 정해진 시간에 멀티미디어 데이터가 표현될 수 있도록 하여 동기를 이루도록 한다.

제안한 예측기의 성능을 평가하기 위해 임의로 발생시킨 데이터와 실측된 지연 데이터를 입력으로 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 실측된 지연값은 Ethernet 망을 통해 MPEG 표준 영상에 대한 압축 데이터를 전송하여 발생한 지연값을 측정하여 이용하였다. 시뮬레이션의 결과로는 예측기의 수렴정도, 오차, 지각 오브젝트의 비율을 측정하여 비교 분석하였다. 제안한 가중치 가변 윈도우 예측기는 기존 예측기의 장점을 수용하므로써 예측에 대한 성능을 향상시켰으며, 시뮬레이션에서는 지각 오브젝트의 비율에 있어서 윈도우 예측기에 비하여 향상된 성능을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] John F. Koegel Buford, Multimedia Systems, Addison-Wesley, 1994.
- [2] Martin de Prycker, Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN, Ellis Horwood, 1991.
- [3] Chang-Jia Wang, Liang-Seng Koh, Chao-Hui Wu, Ming T. Liu, "A Multimedia Synchronization Protocol for ATM Networks," Proc. of 14th ICDCS, pp. 476-477.
- [4] Lynnae Ehley, Borko Furht, Mohammad Ilyas, "Evaluation of Multimedia Synchronization Techniques," Proc of ICMCS '94, pp. 514-519.
- [5] Daniel Köhler and Harald Müller, "Multimedia Playout Synchronization Using Buffer Level Control," pp. 167-180.
- [6] T.D.C Little, and A. Ghafoor, "Multimedia Synchronization Protocols for Broadband Integrated Services," IEEE J.Select Areas Commun. vol 9, no. 9, pp. 1368-1382, Dec. 1991.
- [7] N. U. Qazi, M. Woo, and A. Ghafoor, "A Synchronization and Communication Model

for Distributed Multimedia Objects," Proc. ACM Multimedia 93, pp. 147-155.

[8] Sang H. Son and Nipun Agarwal, "Synchronization of Temporal Constructs in Distributed Multimedia Systems with Controlled Accuracy," Proc. of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 550-555. 1994.

[9] J.F.Gibbon, "Real Time Scheduling for Multimedia Services Using Network Delay Estimation," Ph.D Thesis, Department of Electrical, Computer Engineering, Boston University, 1994. 5.

[10] J.F.Gibbon and T.D.C Little, "Real Time Data Delivery for Multimedia Networks," Proc. of 18th Annual Conference on Local Computer Networks, pp. 7-16, 1993. 9.

[11] T.D.C Little, and A. Ghafoor, "Synchronization and Storage Models for Multimedia Objects," IEEE J.Select Areas Commun. vol. 8, no. 3, pp. 423-427, Apr. 1989.

[12] T.D.C Little, "Protocols for Bandwidth-Constrained Multimedia Traffic," Multimedia '92, pp. 150-159.

[13] Li Li, A. Karmouch, N. D. Georganas, "Real-Time Synchronization Control in Multimedia Distributed Systems," Multimedia '92, pp. 294-305.

저 자 소 개

李 東 垠(正會員)

1966년 6월 15일생. 1991년 2월 전북대학교 전자계산기공학과 졸업(공학사). 1996년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 현재 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학중. 주 관심분야는 B-ISDN, Multimedia 등임

姜 寅 坤(正會員)

1966년 4월 22일생. 1990년 2월 전북대학교 전자계산기공학과 졸업(공학사). 1992년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사). 1994년 2월 전북대학교 컴퓨터공학과 박사과정 수료. 현재 국방과학연구소 연구원. 주 관심분야는 B-ISDN, Multimedia 등임

金 煥 善(正會員)

第 32卷 A編 第 9號 參照
현재 한국전자통신연구소 ATM 교환연구실장(책임연구원). 전북대학교 컴퓨터공학과 겸임부교수

金 永 川(正會員)

第 32卷 A編 第 9號 參照
현재 전북대학교 컴퓨터공학과 부교수