

ATM 망에서 분산형 멀티미디어 서비스를 위한 동기 알고리즘

정희원 이 동 은*, 노 선 식*, 이 봉 주*, 김 영 선**, 김 영 천*

A Synchronization Algorithm for Distributed Multimedia Services in ATM Network

Dong-eun Lee*, Sun-Sik Roh*, Bong-ju Lee*, Young-sun Kim**, Young-chon Kim*

Regular Members

요 약

본 논문에서는 ATM 망에서 분산형 멀티미디어 서비스의 지연 특성 및 QOS 특성을 고려하여 효율적인 동기를 제공하기 위하여, ATM 망의 가상 채널에 대한 지연 모델을 정의하고, 가상 채널의 가변적인 지연 특성을 예측할 수 있는 지연 예측 기법 및 미디어의 QOS 특성을 기반으로한 동기 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 망에 분산되어 위치한 다수의 미디어 서버와 수신측이 서로 다른 클럭을 사용하는 분산 환경에서 미디어마다 가상 채널상의 지연 특성 및 패킷 손실을 등과 같은 QOS 특성을 이용하여 망의 종단간 제어 시간을 계산하고 이를 기반으로 송신측의 전송 스케줄을 조정하여 동기를 제공한다. 또한 가상 채널의 종단간 제어 시간의 변화를 이용하여 비동기 상태를 감시하고, 비동기 상태 발생시 새로운 종단간 제어 시간을 송신측에 전송하여 새로운 망 환경에 적응하도록 하는 재동기 알고리즘을 제안하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a synchronization algorithm based on the delay estimation scheme and QOS characteristics of media in order to provide efficient synchronization by considering delay and QOS characteristics of distributed multimedia services in ATM networks. The proposed algorithm computes end-to-end control time of the network by using the delay characteristics and QOS characteristics such as packet loss rate of each virtual channel in the distributed environment that utilize different clock between various media server located in the distributed network and receiver site. Based on this algorithm, synchronization is provided by controlling of transmission schedule of sender sites. Also we propose resynchronization algorithm that adapt to new network environment by transmitting the new end-to-end control time to sender sites as asynchronization situation arise from network.

I. 서 론

최근 통신 서비스 사용자들은 기존의 음성 서비스뿐만 아니라 오디오, 비디오, 이미지, 텍스트, 그래픽 등의 다수의 미디어를 통합한 광대역 멀티미

디어 서비스를 요구하고 있다. B-ISDN은 기존의 개별적인 통신망을 통하여 전송되던 다양한 형태의 미디어를 통합하여 전송할 수 있으며, 광전송 기술의 진보에 의하여 방대한 대역폭을 제공할 수 있음에 따라 오디오 및 비디오와 같이 많은 전송 대역

* 전북대학교 컴퓨터공학과(ycKim@moak.chonbuk.ac.kr)

** 한국전자통신연구원

논문번호 : 98048-0205, 접수일자 : 1998년 2월 5일

폭을 요구하는 미디어를 수용할 수 있게 되었다.

ATM을 기반으로한 B-ISDN에서는 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위하여 미디어마다 별도의 가상 채널을 할당하고 미디어 스트림을 53 옥텟의 고정 크기 셀로 나누어 통계적 멀티플렉싱을 수행한다. 이와 같이 별도의 가상 채널을 통하여 미디어를 전송하게 되면 미디어마다 서로 다른 QOS 특성을 보장할 수 있고 망 자원을 효율적으로 이용할 수 있게 된다. 그러나 각 미디어가 별도의 가상 채널을 통해서 전송되는 동안 망내의 가변적인 지연 특성으로 인하여 가상 채널마다 서로 다른 지연과 지터가 발생되고, 이로 인하여 미디어간 또는 미디어내 데이터 스트림의 비동기가 유발된다. 따라서 ATM 망에서 다수의 미디어를 통합하여 표현하기 위해서는 미디어 내에서 패킷들의 시간 관계 및 미디어간의 시간 관계를 송신측과 일치시키도록 하는 동기 알고리즘에 대한 연구가 필수적으로 요구된다.

멀티미디어 서비스에서 동기는 미디어내에서 패킷들간의 시간 관계를 보장하기 위한 미디어내 동기와 미디어들간의 시간 관계를 보장하기 위한 미디어간 동기로서 구분할 수 있으며, 현재까지 실시간 처리, 분산 환경에 적합한 프로토콜 기반의 동기 기법들에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 기존에 제안된 동기 기법은 미디어별로 별도로 구축된 접대점 형태의 통신망을 기반으로 한 미디어 내 동기가 주로 연구되었고, 미디어간 동기 기법으로 별도의 동기 채널을 두어 동기 정보를 주기적으로 전송하는 동기 채널 기법, 전송되는 패킷 스트림 사이에 동기를 위한 마킹 패킷을 삽입하는 동기 마커 기법, 저장 모델의 정보 검색에 적합하게 설계된 Little의 ASP/NSP 동기 기법등이 연구되어 왔다. 그러나 이들 기법들은 전송망에서의 가변적인 지연 특성, 미디어마다 서로 다른 QOS 특성, 미디어 서버와 수신측간의 클럭 동기 및 미디어 서버가 망에 분산되어 위치되어 있는 분산 환경을 고려하지 않고 단일 미디어 서버에서 다수의 미디어 스트림을 제공하기 위한 기법들이었다.^[1,2,3,4,5,6]

따라서 본 논문에서는 ATM 망에서 분산형 멀티미디어 서비스의 지연 특성과 QOS 특성을 고려하여 효율적인 동기를 제공하기 위하여, ATM 망의 가상 채널에 대한 지연 모델을 정의하고, 가상 채널의 가변적인 지연 특성을 예측할 수 있는 지연 예측 기법 및 미디어의 QOS 특성을 기반으로한 동기

알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 망에 분산되어 위치한 다수의 미디어 서버와 수신측이 서로 다른 클럭을 사용하는 분산 환경에서 미디어마다 가상 채널상의 지연 특성 및 패킷 손실을 등과 같은 QOS 특성을 이용하여 망의 종단간 제어 시간을 계산하고 이를 기반으로 송신측의 전송 스케줄을 조정하여 동기를 제공한다. 또한 가상 채널의 종단간 제어 시간의 변화를 이용하여 비동기 상태를 감시하고, 비동기 상태가 발생하였을 때 새로운 종단간 제어 시간을 송신측에 전송하여 새로운 망 환경에 적응하도록 하는 재동기 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안된 동기 알고리즘은 기능의 응용, 동기, 전송 계층에 따라 3 계층으로 모듈화하여 기능의 추가 및 삭제가 용이하도록 구성하였고, 시뮬레이션을 통하여 제안한 동기 알고리즘의 성능을 평가 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 ATM 망의 가상 채널에 대한 지연 모델을 정의하고 QOS를 고려한 동기 기법의 원리를 소개하며, III장에서는 클럭 동기, 지연 예측 기법 등을 기반으로 분산 환경에 적합하게 구성된 3계층 동기 기법 및 재동기 기법을 제안한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통하여 제안한 동기 기법의 성능을 평가 분석하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺도록 한다.

II. ATM 망에서의 동기를 위한 지연 모델

ATM 망에서 하나의 멀티미디어 오브젝트(예를 들면, 비디오의 한 프레임)는 여러 개의 패킷으로 나뉘어지고, 각각의 패킷은 AAL5 CS-PDU로 매핑된 후 SAR 계층에서 48 옥텟 단위로 분할된다. 이어서 ATM 계층에서는 53 옥텟의 ATM 셀을 생성하고, 통계적 멀티플렉싱을 이용하여 할당된 가상 채널을 통하여 전송한다.

ATM 망에서 하나의 패킷을 전달할 때 발생하는 종단간 지연을 λ 라고 할 때, λ 는 전송 지연 및 전파 지연과 가변 지연으로 구성되며, 송신측에서 전송한 패킷은 최소한 λ 시간 이후에 수신측에 도착하게 된다. 수신측에서 패킷을 표현(playout)하는 시점을 π , 수신측에서의 표현 시간 간격(playout interval)을 τ 라고 정의하면, 식 1과 같이 λ 보다 큰 값을 갖는 종단간 제어 시간 D_E 를 선택하여 $\pi - D_E$ 로 정의되는 δ 시간에 패킷을 전송하도록 가상 채널에 대한 스케줄링을 하면 하나의 패킷에 대한 동기를

이룰 수 있다.^[1]

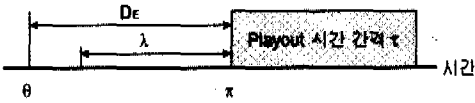


그림 1. 가상 채널 스케줄링을 위한 시간 관계도

그림 1은 하나의 패킷의 동기를 위해 가상 채널 스케줄링에 사용되는 시간 관계도를 보여준다.

$$\theta = \pi - D_E \quad (1)$$

ATM 망에서 하나의 멀티미디어 오브젝트를 전송할 때 망에서 발생하는 지연은 단일 패킷 전송과 동일하게 상수 성분인 전송 지연과 전파 지연 및 가변적인 지연 요소인 큐잉 지연 등으로 모델링할 수 있다.^[1] 이때 하나의 오브젝트가 γ 개의 패킷으로 구성되었다고 가정하면, 전체 지연 D_E 는 상수 성분인 전파 지연 D_F , γ 개 패킷의 전송 지연 γD_T , 첫 번째 패킷의 가변 지연 D_V^1 과 나머지 패킷의 도착 간 가변 지연(interarrival delay) $D_{Vi,i+1}$ 의 합으로서 식 2와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, D_T 는 패킷의 크기를 가상 채널의 대역폭으로 나눈 값으로 정의하고, D_F 는 미디어별로 테스트 패킷을 보내 측정된 값으로 정의한다.

$$D_E = D_F + \gamma D_T + D_V^1 + \sum D_{Vi,i+1} \quad (2)$$

식 2로부터 하나의 멀티미디어 오브젝트의 전송 시 ATM 망에서 발생하는 전체 지연은 도착 간 가변 지연의 누적 분포를 이용하여 그림 2와 같이 표현할 수 있다.

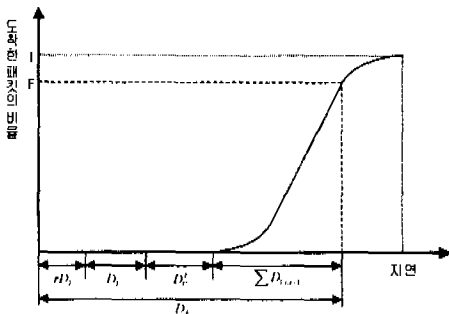


그림 2. 패킷 지연의 누적 확률 분포 함수

멀티미디어 서비스에서 오디오 및 비디오 등과 같은 시간 종속적인 미디어는 오류 없이 수신측에 도착했다더라도 정해진 표현 시간 이전에 도착한 정보만 사용자에게 정확히 표현될 수 있으며 이후에 도착한 정보는 정보로서의 가치를 잃고 손실된다. 즉, ATM 망에서의 패킷 손실율이 0인 경우에도 제시 시간에 도착하지 못하는 패킷에 의해서 패킷 손실율은 발생할 수 있게 된다. 따라서 멀티미디어 서비스의 동기를 위해 사용자가 요구하는 패킷 손실율은 미디어마다 망에서 허용 가능한 패킷 손실율과 제시 시간에 도착하지 못해 발생하는 패킷 손실율을 합한 값으로 정의할 수 있다. 그림 2에서 F 는 모든 패킷이 손실 없이 전부 도착할 비율에서 사용자가 요구한 미디어의 전체 패킷 손실율(일반적으로 5%)을 뺀 값으로 정의한다. 결과적으로 오브젝트의 동기를 위하여 채널 스케줄링에 사용되는 종단간 제어 시간 D_E 는 D_F , γD_T , D_V^1 및 도착 간 가변 지연의 누적 분포로부터 QOS 파라미터 F 에 의하여 결정할 수 있다. 패킷의 손실없이 동기를 이루기 위해서는 F 를 1.0으로 하고, 이때의 종단간 제어 시간을 이용하여 채널을 스케줄링하면 된다. 그러나 이 경우에는 D_E 값이 크게 결정되므로 많은 버퍼를 요구하고, 버퍼에서 지연되는 시간이 증가하게 된다. 반면에 F 를 작은 값으로 선택을 하면 요구되는 버퍼의 크기는 작아지지만 패킷 손실율이 증가될 수 있다. 따라서 버퍼와 같은 망자원과 미디어마다 요구되는 패킷 손실율 등과 같은 QOS를 고려하여 적절한 F 를 선택해야 한다.

미디어 스트림 내의 동기는 단일 멀티미디어 오브젝트의 동기 과정을 확장한 것과 같다. 즉, 미디어 스트림에 포함된 연속적인 데이터 요소들의 생성 시간은 각각의 데이터 요소가 수신측에서 표현되어야 하는 시간에서 망의 종단간 제어 시간을 뺀 시간들의 연속적인 스케줄로 표현할 수 있다. 따라서 송신측에서는 연속적인 생성 스케줄에 따라 오브젝트를 전송하게 되면 수신측에서의 동기를 이룰 수 있다. 한편 미디어 스트림간의 동기를 위해서는 다수의 미디어들이 동일한 동기 시점(π)에서 표현(playout)되어야 한다. 그러나 각각의 미디어 스트림은 독립적으로 전송되므로 미디어별로 종단간 제어 시간이 서로 다르게 된다. 따라서 송신측의 미디어 생성 시간은 동일한 동기시점에서 다수의 미디어가 표현될 수 있도록 미디어별로 서로 다른 종단간 제어 시간을 뺀 시간에 오브젝트를 전송할 수

있도록 스케줄링 하므로써 미디어 간 동기를 이룰 수 있다.^[1]

III. 제안한 동기 기법

3.1 동기 기법의 개요

멀티미디어 서비스를 위한 동기 알고리즘은 망의 트래픽 특성 및 QOS 특성을 고려하여야 하며, 미디어 내의 시간 관계 및 미디어간의 시간 관계의 손실을 효율적으로 예방하여야 한다. 또한 동기 알고리즘은 망내 지연 특성의 변화에 따른 비동기 상태가 발생하면, 송신측의 전송 스케줄을 재조정하므로써 효율적으로 비동기 상태를 극복할 수 있어야 한다. 하지만, 송신측의 전송 스케줄 변경에 따른 셀 손실율등과 같은 비용을 고려할 때 효율적인 동기 알고리즘은 일시적인 버스트 트래픽에 의해 발생하는 지연 특성의 변화에는 반응하지 않아야 하며, 지속적으로 망의 지연 특성이 변화될 경우에만 반응하여야 한다.

제안한 동기 알고리즘은 망을 통하여 전송된 멀티미디어 데이터가 수신측에서의 QOS 요구 사항을 보장하면서 제시간에 표현되도록 하기 위하여 망내의 트래픽에 대한 통계 정보를 이용하여 송신측의 전송 스케줄을 생성한다. 제안한 알고리즘은 미디어 내 동기를 위하여 망의 종단간 제어시간을 이용하여 미디어 스트림에 대한 연속적인 스케줄을 생성하고 미디어간 동기를 위하여 동일한 시점에 다수의 미디어 스트림이 표현되도록 전송 스케줄을 생성한다. 또한 제안한 동기 알고리즘은 사용자의 입의의 가상 VCR 입력 및 망의 부하 변동 등에 기인한 동적인 시스템 상황에 적응적으로 대응할 수 있도록 종단간 제어 시간의 변화를 이용하여 비동기 상태를 감시하고 비동기 상태에서부터 회복할 수 있는 효율적인 재동기 알고리즘을 설계하였다. 또한 동기를 위한 기능을 3개의 계층으로 나누어 기능의 추가 삭제가 용이하도록 설계하였다.

그림 3은 제안한 동기 알고리즘의 기능 구조를 보여준다. 계층 1의 표현 스케줄 생성 모듈은 OSI 참조 모델의 응용(Application)계층에 해당되며, 사용자로부터 멀티미디어 서비스에 대한 요구를 수신하고, 망 내 데이터베이스에서 OCPN(Object Composition Petri Net)^[2] 형태로 저장된 멀티미디어 서비스의 시간 관련 정보를 수신하고 표현 스케줄 생성 알고리즘과 표현 스케줄 분리 알고리즘을 이용하여 미디어별 표현 스케줄을 생성하는 기능을

수행한다.^[1] 계층 2의 동기 모듈은 OSI 참조 모델의 세션(Session) 계층 및 표현(Presentation) 계층에 해당되며, 표현 스케줄을 송신측으로 전송을 하여 미디어 스트림을 제시간에 표현할 수 있도록 전송 스케줄 생성에 이용하도록 하고, 계층 3의 지연 예측 모듈로부터 전달받은 전송지연, 전파 지연, 가변 지연에 대한 통계 정보를 이용하여 미디어별 종단간 제어 시간을 구하고, 종단간 제어 시간의 변화가 임계값을 초과하는지를 판단하여 망 내 비동기 상태를 감시하고, 비동기가 발생하면 재동기를 이루기 위해 망의 종단간 제어 시간을 송신측에 전달하는 기능을 수행한다. 계층 3의 지연 예측 모듈은 OSI 참조 모델의 전송(Transport) 계층에 해당되며, 패킷이 도착할 때마다 본 논문에서 제안한 지연 예측 기법을 이용하여 망의 가변 지연에 대한 평균과 표준 편차와 같은 통계 정보를 생성 관리하며 망의 트래픽 특성 정보를 동기 모듈에 전달하는 기능을 수행한다.

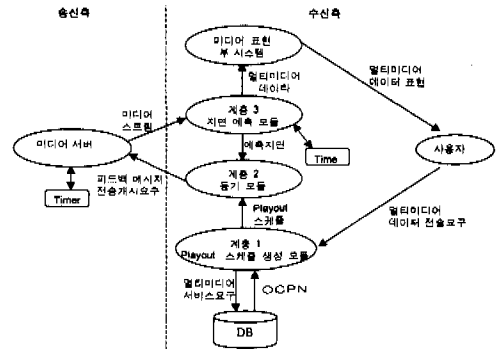


그림 3. 제안한 동기 알고리즘의 기능 구조

그림 3에서 보는바와 같이 수신측 사용자는 미디어별로 패킷 손실율과 같은 QOS 파라미터와 함께 멀티미디어 서비스 요구 메시지를 응용 계층에 전달한다. 응용 계층에서는 사용자가 요구하는 멀티미디어 서비스의 시간 관련 정보를 관리하는 망 내의 데이터베이스에 멀티미디어 서비스의 시간 관련 정보 및 미디어 서버의 위치 정보를 요구하여 OCPN 형태로 정보를 수신한다. OCPN 정보를 수신한 후 계층 1의 표현 스케줄 생성 모듈에서는 OCPN 정보로부터 멀티미디어 서비스의 표현 시간 정보를 추출하고, 이로부터 미디어별 표현 시간 스케줄(π_i)을 생성한 후 계층 2의 동기 모듈로 표현 시간 스케줄을 전달한다. 계층 2의 동기 모듈은 송신측과 수신측간의 클럭 동기와 망의 초기 지연을 측정

하기 위한 과정을 수행한 후 미디어별로 송신측의 전송 개시 시점 계산을 위한 관련 정보와 OCPN 정보로부터 추출한 표현 시간 스케줄을 포함한 전송 개시 요구 메시지를 송신측에 전송한다. 송신측에서는 전송 개시 요구 메시지를 수신한 후 미디어별 전송 개시 시점을 계산하고, 전송 개시 시점까지 대기한 후에 전송 타이머를 초기화하고 전송 타이머가 수신측에서 전송한 표현 시간 스케줄과 동일하면 미디어 스트림을 수신측으로 전송한다. 한편 전송개시요구 메시지를 전송한 후 수신측에서는 첫 번째 패킷의 도착 예정 시간(이론적인 수신측 타이머 초기화 시점)을 테스트 패킷으로 측정할 최대 초기 지연(Δ_{max})만큼 타이머의 초기화 시점을 지연시키고, 그에 해당하는 시간 동안은 미디어별로 버퍼를 두어 가변적인 지연으로 인해 예정 시간보다 늦게 도착하여 야기되는 패킷 손실을 방지하도록 한다. 이로 인하여 미디어별로 발생되는 망내 지연의 변화를 버퍼에서 수용할 수 있다면 항상 동기를 이룰 수 있게 된다. 이에 따라 수신측에서는 멀티미디어 데이터를 수신하고, 멀티미디어 데이터의 표현 시간이 수신측 타이머와 일치하게 되면 수신측의 표현 부 시스템으로 데이터를 전송하며 사용자에게 멀티미디어 데이터를 표현한다. 이 과정에서 수신측 지연 예측 모듈은 도착하는 패킷의 전송 지연, 전파 지연 및 가변 지연에 대한 통계를 관리하고 계층 2의 동기 모듈에 전달한다. 동기 모듈은 계층 2로부터 전달받은 통계정보로부터 현재 망의 종단간 제어 시간을 계산하고, 계산된 망의 종단간 지연과 현재 스케줄링에 사용되는 종단간 제어시간의 비율이 임계값을 초과하는지 판단한다. 만약 임계값을 초과하면 동기 모듈은 비동기 상태에 있다고 결정하고 종단간 제어 시간을 포함한 피드백 메시지를 송신측에 재전송하므로써 재동기를 이룰 수 있도록 한다.

종단간 제어 시간과 현재 망의 종단간 지연의 비율이 임계값을 초과하여 비동기 상태가 발생하게 되면 피드백 메시지를 송신측에 재전송 하므로써 재동기를 이룰 수 있도록 한다.

3.2 동기 알고리즘

3.2.1 송수신 클럭 동기

그림 4는 하나의 수신측과 망에 분산되어 있는 3개의 미디어 서버간의 초기 동기 알고리즘을 위한 시간 관계를 보여준다. 구간 1은 수신측과 모든 미디어 서버의 클럭 동기를 위한 시간 관계를 나타낸

다. 먼저 수신측에서는 클럭 동기 요구 메시지를 각각의 미디어 서버에게 전송한다. 미디어 서버에서 처리지연은 없다고 가정할 때 미디어 서버는 클럭 동기 요구 메시지를 수신하고 미디어 서버의 현재 시간을 포함한 클럭 동기 응답 메시지를 $x_i(0)$ 시간에 전송하고 일정한 시간 간격 t 후에 두 번째 응답 메시지를 수신측에 전송한다. 수신측에서 첫 번째 응답 메시지와 두 번째 응답 메시지가 도착한 시간을 각각 $y_i(0)$ 와 $y_i(0) + t + \omega$ 로 측정하고 두 메시지의 상대적인 시간 관계를 이용하여, 송신측에서 임의의 시간 x 에 전송한 메시지가 수신측에 도착되는 시간 y 를 식 3과 같이 계산할 수 있다.

$$y = \frac{(x - x_i(0))(t + \omega)}{t} + y_i(0) \quad (3)$$

$i \in \{\text{미디어1, 미디어2, 미디어3}\}$

여기서 ω 는 수신측에 첫 번째 응답 메시지가 도착 ($y_i(0)$)함에 따라 두 번째 메시지가 도착할것으로 기대되는 시간($y_i(0) + t$)과 실제 도착한 시간 ($y_i(0) + t + \omega$)과의 차이값으로 송신측과 수신측의 클럭의 차이를 보상하기 위한 값이다.

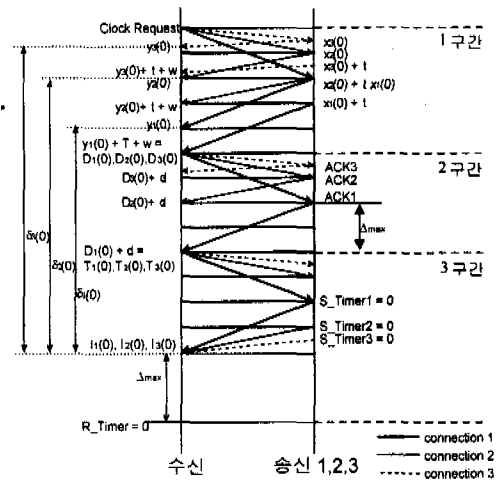


그림 4. 동기 알고리즘을 위한 시간 관계

3.2.2 망의 실제 지연 측정

그림 4의 구간 2는 수신측에서 송신측으로 테스트 패킷을 보내어 망의 실제 지연을 측정하기 위한 시간 관계를 보여준다. 수신측은 두 번째 클럭 동기 응답 메시지를 가장 늦게 수신한 시점에 미디어별로 현재의 망의 지연을 측정하기 위한 망 지연 측정 요구 메시지를 $D_i(0)$ 시간에 전송한다. 송신측

에서는 지연 측정 요구 메시지를 수신하자마자 수신측에 망의 지연 측정 응답 메시지를 전송한다. 따라서 수신측에서는 식 4와 같이 망의 지연 측정 요구 메시지를 보낸 시간으로부터 망의 지연 측정 응답 메시지를 받은 시간까지 경과된 시간의 1/2을 망의 실제 지연 시간으로 측정한다.

$$\Delta_{actual} = \frac{(D_i(0) + d_i) - D_i(0)}{2} \quad (4)$$

3.2.3 송수신 타이머 초기화

그림 4의 구간 3에서는 송신측의 미디어 스트림 전송과 수신측의 미디어 스트림 표현(playout)을 위한 타이머 리셋 시점을 결정하기 위한 시간 관계를 보여준다. 수신측은 미디어의 지연 측정 응답 메시지를 모두 수신하게 되면 가장 늦게 지연 측정 응답 메시지를 수신한 $T_i(0)$ 시점에 미디어별로 미디어 스트림의 전송을 위하여 송신측의 전송 개시 시점 제산을 위한 관련 정보 $\{\omega, \delta_i(0)\}$ 와 OCPN 정보로부터 추출한 표현 시간 스케줄 π_i 를 포함한 전송 개시 요구 메시지를 전송한다. 여기서 $\delta_i(0)$ 는 수신측에서의 타이머 초기화 예정 시간(수신측에 도착하는 첫 번째 패킷의 도착 예정 시간) $I_i(0)$ 에서 클럭 동기 기준 시간 $y_i(0)$ 까지의 시간 간격으로 정의한다. 송신측에서 전송 개시 시점은 수신측에서 동일한 시점 $I_i(0)$ 에 모든 미디어 스트림의 첫 번째 패킷을 받을 수 있도록 클럭 동기 과정에서 얻은 정보를 이용하여 계산한다. 송신측에서는 전송 개시 요구 메시지를 수신한 후 계산한 미디어별 전송 개시 시점까지 대기한 후에 전송 개시 시점이 되면 전송 타이머를 초기화하고 전송 타이머가 수신측에서 전송한 표현 시간 스케줄과 동일하면 미디어 스트림을 전송한다. 송신측의 타이머 초기화 시간 ($S_Timer(i)$)은 식 5에 의해서 결정된다.

$$S_Timer(i) = \frac{\delta_i(0) \times t}{t + \omega} + x_i(0) \quad (5)$$

따라서 수신측에서는 모든 미디어의 첫 번째 패킷을 수신하는 시점($I_i(0)$)에 타이머를 초기화하여 타이머가 표현 시간 스케줄과 동일하면 미디어를 표현하므로써 미디어내 동기와 미디어간 동기를 이룰 수 있다. 그러나 망에서의 가변 지연으로 인하여 모든 미디어 스트림의 패킷이 동일한 시점에 도착하지 않을 수 있으므로 식 6과 같이 미디어 중 가

장 큰 실제 지연값(Δ_{max})만큼 타이머의 초기화 시점을 지연시키고, 그에 해당하는 시간 동안은 미디어별로 버퍼를 두어 가변적인 지연으로 인한 패킷 손실을 방지하도록 한다. 이로 인하여 망내 지연의 변화가 미디어별로 버퍼를 이용하여 수용할 수 있는 경우라면 망내 지연이 가변적으로 변화되더라도 항상 동기를 이룰 수 있다.

$$R_Timer_{reset} = I_i(0) + \Delta_{max} \quad (6)$$

3.2.4 지연 예측 기법

본 논문에서는 동기 알고리즘의 초기 과정(2 구간)에서 실제 망의 지연을 측정하고 이를 이용하여 멀티미디어 서비스의 초기 동기를 제공하기 위한 방법을 제시하였다. 그러나 실제 망의 지연은 항상 일정하게 유지하지 않고, 망 내 노드의 트래픽 부하의 변화 및 세션의 추가/삭제 등에 의해서 가변적으로 변화할 수가 있고, 망에서 급격한 지연의 변화가 발생하게 되면 비동기 상태가 유발될 수도 있다. 따라서 망 내 지연의 변화에 효율적으로 적용할 수 있고, 트래픽의 통계적 특성을 관리하기 위한 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 단순하며 지연의 변화를 효율적으로 예측할 수 있는 가중치 윈도우 예측 기법을 이용하여 망에서 발생하는 가변 지연의 평균과 표준 편차와 같은 통계 정보를 관리하고, 이를 재동기 알고리즘에 전달하여 망의 비동기 상태 감시를 위해 사용한다.

제안한 지연 예측 기법은 ATM 망에서의 멀티미디어 오브젝트의 지연 요소가 식 2에서 보는바와 같이 전송 지연, 전파 지연, 오브젝트의 첫 번째 패킷의 가변 지연, 그리고 첫 번째 패킷 이후에 도착하는 패킷들의 도착간 지연으로 구성된다고 모델링한다. 여기서 전파 지연은 초기 테스트 패킷을 전송했을 때 측정된 실제 지연값으로 정의하고, 전송 지연은 미디어별 패킷의 크기에 대한 가상 채널의 대역폭의 비율로 정의한다. 오브젝트의 첫 번째 패킷의 가변 지연은 첫 번째 패킷이 수신측에 도착해야 하는 예정 시간과 실제 도착한 시간과의 차로 정의한다. 첫 번째 패킷이 도착할 예정 시간은 식 3을 이용하여 예측할 수 있다. 첫 번째 패킷 이후에 도착하는 패킷의 가변 지연은 패킷들의 도착간 시간(inter arrival time)에 의해서 구할 수 있다. 4가지 망 지연 요소 중에서 가변 지연은 다른 3가지 지연 요소와 달리 망내 트래픽 상황에 따라 동적으로 변

화되는 랜덤 변수이다. 따라서 본 논문에서는 크기가 n 인 윈도우를 이용하여 최근 도착하는 n 개의 패킷의 가변 지연을 관리하고, 오래 전에 도착한 패킷보다 최근에 도착한 패킷의 가변 지연에 가중치를 높게 부여하여, 최근의 망 지연 변화를 많이 고려한 가중치 윈도우 예측 기법을 이용하여 가변 지연의 평균과 표준 편차를 예측한다. 따라서 예측된 가변 지연의 평균과 표준 편차 및 전송 지연, 전파 지연, 첫 번째 패킷의 가변 지연을 상위 동기 모듈에 전달하므로써 망의 종단간 제어 시간을 계산하도록 한다. 알고리즘 1은 망의 트래픽 특성을 예측하기 위해 제안된 가중치 윈도우 예측 기법을 보여준다.

```

 $D_p = \Delta_{actual}^i;$ 
 $D_T = S_m / C;$ 
/*  $S_m$  : 패킷의 크기,  $C$  : 가상 채널의 대역폭 */
if (first packet) {
    식 3을 적용하여 수신측에 도착하는
    1번째 패킷의 예정 시간  $y$  계산
     $D_0^F = y - \text{첫 번째 패킷이 실제 도착한 시간};$ 
}
else {
     $D_{in} = i$  번째 패킷의 도착 시간 - ;
     $i-1$  번째 패킷의 도착 시간;
     $\mu_{i+1} = \sum_{j=1}^i D_{in} W_j;$ 
     $\sigma_{i+1}^2 = \sum_{j=1}^i (D_{in} - \mu_{i+1})^2 W_j;$ 
}
    
```

알고리즘 1. 망 내 지연 예측 알고리즘

3.2.5 재동기 알고리즘

망에서의 급격한 지연 변화는 비동기 상태를 유발할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 비동기 상태에서부터 재동기를 이루기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안한 재동기 알고리즘은 망 내 지연 예측 알고리즘으로부터 패킷이 도착할 때마다 망의 가변 지연과 관련된 통계 정보를 전달받고, 이를 이용하여 망의 종단간 제어 시간을 새롭게 계산한다. 이때 새롭게 계산되는 종단간 제어 시간은 지연 예측 기법으로부터 전달받은 가변 지연의 평균과 분산을 중심 극한 정리에 적용하므로써 γ 개의 패킷으로 구성되는 오브젝트의 지연을 정규 분포로 정규화할 수 있다. 따라서 정규 분포의 누적 분포로부터 제시간에 도착할 패킷의 비율 F 까지의 가변 지연을 쉽

게 계산할 수 있다.

만일 전송 지연, 전파 지연, 첫 번째 패킷의 가변 지연 및 누적 분포로부터 구한 가변 지연을 이용하여 새롭게 계산한 종단간 제어시간과 송신측에서 전송 스케줄을 작성하는데 사용되는 현재의 종단간 제어 시간의 비율이 일정한 임계값을 초과하게 되면 망에 지연의 변화가 발생하였다고 감지한다. 지연의 변화가 감지되면 수신측에서는 카운터를 이용하여 이러한 변화가 머스티하게 발생하는지 아니면 지속적으로 발생하는지를 감시한다. 만일 지속적인 지연의 변화가 발생되어 비동기 상태가 유발된다고 판단되면 피드백 메시지를 통하여 송신측에 종단간 제어 시간의 변화량을 재전송하고, 송신측에서는 종단간 제어 시간의 변화량만큼 타이머를 재조정하여 송신 스케줄을 생성하고 재동기를 이루도록 한다. 알고리즘 2는 송신측의 전송 스케줄 변경에 따른 비용(셀 손실율)을 최소화하기 위한 효율적인 수신측 재동기 알고리즘을 보여준다.

```

 $z = \text{제시간에 도착할 패킷의 비율 } F \text{에}$ 
 $\text{대한 누적 정규 분포값 참조}$ 
 $r = |X_i| / S_m;$ 
/*  $S_m$  : 패킷의 크기,  $X_i$  : Object의 크기 */
 $\Delta_{new} = rD_{T+D_p} + D_{VF} + (\mu_{i+1} + z\sigma_{i+1}^2);$ 
if ( $\Delta_{old} > \Delta_{new}$ ) ( $\alpha = \Delta_{old} / \Delta_{new}$ );
else ( $\alpha = \Delta_{new} / \Delta_{old}$ );
if ( $\alpha > \text{threshold}$ ) { count++; }
if (count > burst_size) {
     $\Delta_{var} = \Delta_{new} - \Delta_{old};$ 
     $\Delta_{old} = \Delta_{new};$ 
    count = 0;
    retransmit  $\Delta_{var};$ 
}
    
```

알고리즘 2. 재동기 알고리즘(수신측)

수신측의 재동기 메시지를 받은 송신측에서는 망의 지연이 급격히 증가한 경우라면, 송신측의 타이머를 망의 종단간 제어 시간의 변화량만큼 전방향으로 조정하여(forwarding) 미디어 스트림을 전송 예정 시간보다 빨리 전송하도록 한다. 예를 들어 송신측의 타이머가 t_1 이고 망의 지연이 Δ_{var} 시간만큼 증가하였다고 하면, 송신측의 타이머를 $t_1 + \Delta_{var}$ 로 조정을 하므로써 $t_1 + \Delta_{var}$ 에 전송할 미디어 스트림을 Δ_{var} 시간만큼 빨리 t_1 에 전송하는 것과 동일한

효과를 갖도록 한다. 이로 인하여 $t_1 + \Delta_{var}$ 이후에 발생될 미디어 스트림은 재동기를 이룰 수 있다. 이때 t_1 과 $t_1 + \Delta_{var}$ 사이에서 전송할 미디어 스트림은 타이머가 빨라졌기 때문에 전송 스케줄에서 제외되어 폐기된다. 하지만 이들 미디어 스트림은 망의 지연이 Δ_{var} 시간 증가되었기 때문에 수신측에 도착하더라도 제시간에 표현을 할 수 없게 되어 손실이 발생하는 패킷들이다. 따라서 본 논문에서 제시한 동기 알고리즘은 불필요한 미디어 스트림을 전송하지 않기 때문에 망 자원의 이용을 보다 효율적으로 할 수 있게 된다. 만일 망의 지연이 감소한 경우라면, 송신측의 타이머를 망의 종단간 제어 시간의 변화량 만큼 역방향으로 조정하여 (back-warding) 미디어 스트림을 전송 예정 시간보다 늦게 전송하도록 한다. 이에 따라 미디어 스트림의 전송은 망의 종단간 제어 시간의 변화량만큼 일시적으로 중단하는 것과 동일한 효과를 갖도록 한다. 알고리즘 3은 송신측 알고리즘을 보여준다.

```

if (receive retransmitted  $\Delta_{var}$ ) {
    Timer = Timer +  $\Delta_{var}$ 
}
    
```

알고리즘 3. 재동기 알고리즘(송신측)

IV. 성능 평가 및 분석

4.1 종단간 제어 시간의 재전송

본 논문에서는 C언어를 이용한 시뮬레이터를 구성하여 제한한 동기 알고리즘의 성능 평가를 수행하였다. 망내에서 패킷들이 겪는 종단간 지연은 정규 분포로 모델링할 수 있으므로 성능평가를 위하여 멀티미디어 오브젝트가 전송될 때 ATM 망에서 겪는 전체 지연을 정규분포를 갖는 랜덤 발생기를 이용하여 생성하였으며,^[1] 이를 통하여 일시적으로 변화하는 버스트한 지연과 지속적으로 변화하는 지연을 생성하여 망의 지연변화에 따른 알고리즘의 성능을 분석하였다. 또한 비동기 상태에서 재동기를 위해 송신측에 피드백하기 위한 망의 종단간 제어 시간과 재전송되는 시점을 측정하기 위하여 윈도우 크기는 10, 제시간에 도착할 패킷의 비율은 95%(패킷 손실율은 5%)로하여 도착한 지연의 누적 분포로부터 망의 종단간 제어 시간을 측정하였다. 또한 순간적인 지연의 변화를 측정하기 위한 버스트 크기

를 23, 망의 지연 변화 상태를 감지하기 위한 한계를 정의하는 임계값은 1.27로 하였으며, 이들은 실험을 통하여 경험적으로 설정하였다.

그림 5에서는 망에서의 가변 지연과 동기 알고리즘에 의해 계산한 종단간 지연 및 송신측으로 전달되는 종단간 제어 시간과 재전송 시점을 보여 주고 있다. 측정된 종단간 지연은 그림 5에서 보는 바와 같이 망에서 지연이 급격히 변화되는 시점에서는 평균과 표준편차가 함께 증가하기 때문에, 실제 망에서의 지연값보다 큰 값을 가지게 된다. 따라서 망내 지연이 변화되는 시점에서 측정된 종단간 지연을 재전송하여 재동기를 수행하면, 망의 실제 지연과 종단간 지연간의 오차로 인하여 비효율적인 동기가 이루어지게 된다. 본 논문에서는 카운터를 사용하여 평균과 표준 편차가 안정화된 이후의 망의 종단간 제어 시간을 재전송하므로써 효율적인 동기가 가능하게 된다.

그리고 그림 5에서 보는 바와 같이 망의 종단간 지연의 급속한 변화는 지속적으로 지연이 변화되는 트래픽에서 발생할 뿐만 아니라 버스트 트래픽인 경우에도 발생한다. 그림에서 보는 바와 같이 버스트 트래픽의 경우에는 버스트 크기 동안 감시를 하므로써 망내 비동기 상태가 유발되지 않는 일시적인 지연의 증가로 판단하여 종단간 제어 시간을 송신측에 재전송 하지 않고, 현재의 종단 제어 시간을 그대로 사용한다. 지속적인 지연의 변화가 발생하는 경우에는 버스트 크기 동안 망 내의 지연을 관찰한 후에 망의 종단간 지연이 안정 상태로 된 후에 계산된 망의 종단간 제어 시간을 재전송하므로써 송신측에서는 훨씬 더 실제 지연에 가까운 값을 가지고 효율적으로 재동기를 이룰 수 있도록 전송 스케줄을 생성할 수 있게 된다.

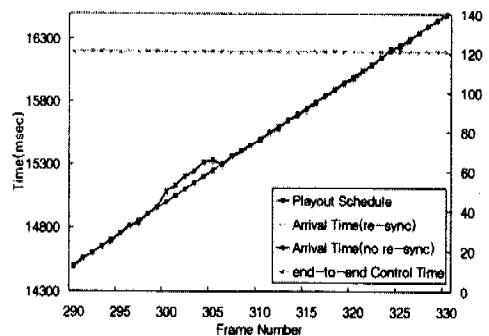


그림 5. 버스트 트래픽에 의한 프레임 도착시간

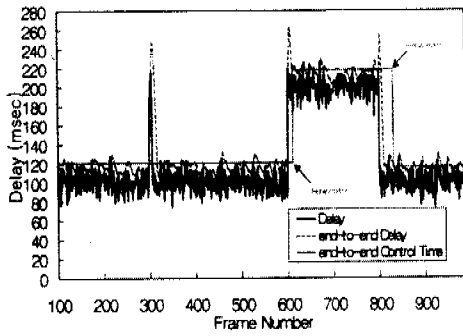


그림 6. 재동기 알고리즘에 의한 재전송 타이밍

그림 6에서는 일시적인 지연의 증가가 발생한 경우의 각 프레임의 표현 스케줄과 도착 시간을 보여준다. 그림 6에서 300번째 프레임부터 6개의 프레임은 망의 버스티한 트래픽으로 인한 지연의 증가로 표현 스케줄보다 늦게 도착하여 폐기되고 306번째 프레임부터는 다시 망의 지연이 안정되어 제시간에 표현된다. 이 경우에 재동기 알고리즘은 일시적인 지연 변화가 발생하였다고 판단하여 송신측의 전송 스케줄을 조정하기 위한 종단간 제어 시간을 재전송하지 않는다.

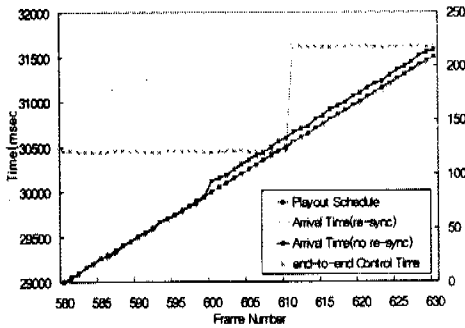


그림 7-a. 지속적인 지연변화에 의한 프레임 도착시간

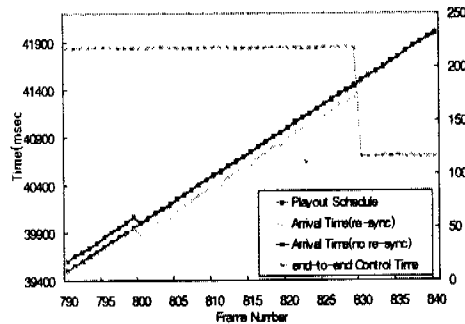


그림 7-b. 지속적인 지연변화에 의한 프레임 도착시간

그림 7은 망의 지연 변화가 지속적으로 변화하였을 경우의 프레임의 도착시간과 표현 스케줄 및 재전송되는 종단간 제어 시간을 보여준다. 그림 7-(a)에서는 600번째 프레임부터 망에서 겪는 지연의 평균이 100msec에서 200ms로 변화하여 버스트 크기 이상 계속되므로 재동기 알고리즘은 비동기 상태가 발생하였다고 판단하고 송신측에 종단간 제어 시간을 재전송하여 타이머를 재조정한다. 따라서 611번째 프레임부터는 재동기 기법에 의해서 패킷이 표현 스케줄 이전에 도착하여 스케줄에 따라 제시간에 표현 할 수 있다. 하지만 재동기 알고리즘을 적용하지 않으면 600번째 이후의 모든 프레임들은 표현 스케줄을 이후에 도착하게 되며, 이들은 모두 폐기된다. 그림 7-(b)에서는 망의 지연 변화가 지속적으로 감소하였을 경우 재동기 알고리즘에 의해 재동기를 이루었을 때 프레임의 도착시간과 표현 스케줄을 보여준다. 초기에 평균 200ms를 유지하던 망내 지연은 800번째 프레임에서 100ms로 변화되어 표현 스케줄과의 차이가 증가한다. 즉, 망에서의 지연이 감소하였기 때문에 표현 스케줄보다 빨리 패킷이 도착하게 되고, 이는 수신측에서 표현 이전에 버퍼에 저장되는 데이터의 양이 증가되어야 함을 의미한다. 이때 재동기 알고리즘은 지속적인 지연의 변화를 감지하고 종단간 지연을 재전송하므로써 830번째 프레임부터는 다시 표현 스케줄과의 차이가 감소하게 되어 버퍼와 같은 망 자원을 보다 효율적으로 이용할 수 있게 된다.

그림 8에서는 동기 알고리즘의 각 프레임 표현 스케줄과 도착시간의 차이값으로 정의되는 동기 에러의 발생 빈도(a)와 동기 에러의 누적 분포(b)를 보여준다. 동기 에러가 0보다 작거나 같은 프레임은 표현 스케줄 이전에 도착하였으므로 스케줄에 따라 제시간에 표현된다. 반면에 동기 에러가 0보다 큰 프레임은 표현 스케줄 이후에 도착하여 표현되지 못하고 폐기된다. 그림 8-(a)는 동기 에러의 발생 빈도가 0보다 작은 값에 주로 분포하여 동기가 잘 이루어지고 있음을 보여 준다. 그림 8-(b)에서는 동기 에러가 0보다 작은 프레임의 비율, 즉 표현 스케줄에 의해 제시간에 표현 될 수 있는 프레임의 비율이 0.957(95.7%)에 해당된다. 따라서 제한한 동기 기법은 사용자가 요구하는 제시간에 도착할 패킷의 비율 95%를 보장하면서 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다는 것을 보여준다.

