

DAVIC 맥내망에서의 실시간 성능관리 기법의 설계

이 정 훈 · 이 봉 규 · 박 경 린
제주대학교 전산통계학과

A design of real-time performance management scheme on DAVIC residential network

Junghoon Lee, Bongkyu Lee, Gyunglin Park

Dept. of Computer Science and Statistics Cheju National University

Tel: 064) 754-359(4,3,5) E-mail: {jhlee, bklee, gpark}@venus1.cheju.ac.kr

요 약

본 논문은 이더네트에 기반한 DAVIC 맥내망에서의 실시간 성능관리 기법을 제시하고 평가한다. 맥내망에는 실시간 및 비실시간 메시지가 혼재하는데 제시된 성능관리 기법은 이더네트의 비실시간성을 극복하기 위하여 실시간 스트림의 종료시한 만족도를 측정하고 비실시간 메시지의 네트워크 유입율을 조정함으로써 실시간 스트림의 성능을 개선한다. 트래픽 패턴에 기반한 모의실험 결과는 제시된 기법이 맥내망의 부하가 높아질수록 실시간 스트림의 종료시한 만족도를 향상 시킴을 보인다.

Abstract

This paper proposes and evaluates a real-time performance management scheme for an Ethernet-based DAVIC residential network where both real-time and non-real-time messages are exchanged together. The proposed scheme enhances the real-time performance such as deadline meet ratio by regulating the transmission rate of data traffic to the network based on the measurement of overall deadline meet ratio of currently established real-time streams. The simulation results based on the traffic pattern of data streams show that the proposed scheme can enhance the deadline meet ratio of real-time streams on the given network traffic load.

1. 서론

멀티미디어와 종합정보통신망 기술의 발달에 의하여 대화형 VOD(Video on Demand), 디지털 CATV(Cable TV), 인터넷 등 다양한 디지털 음성 및 영상 관련 서비스들이 출현하게 되었다. DAVIC(Digital Audio-Visual Council)은 이러한 서비스들의 도입을 촉진하기 위하여 결성된 단체로서 각 국가와 제작자에 의해 개발된 서비스들간의 상호운용성(interoperability) 지원을 위해 네트워크, 개방 인터페이스 및 프로토콜에 대한 명세를 정의하고 합의를 얻도록 한다[1]. DAVIC 표준에 따르면 전송 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 코아망(core network), 접근망(access network) 및 댁내망(in-house network)으로 구성된다. 코아망은 ATM 교환 네트워크로 구성되어 서비스 제공자와 소비자간의 연결을 지원하는 반면 접근망은 코아망과 특정 주거 지역의 가입자들을 연결시키는 네트워크로서 코아망의 지역 교환기(local exchange)로부터 가입자 주거지역까지 광 신호 혹은 무선의 형태로 ATM 셀들을 다중화(multiplexing) 혹은 역다중화한다. 댁내망은 각 가정 혹은 건물 내에 위치한 PC 혹은 셋탑박스과 같은 서비스 소비 장치로 하여금 접근망과의 연결을 가능하게 하는 네트워크로서 접근망과 댁내망의 접속은 DAVIC A1 인터페이스 규정에 따른다. 댁내망은 단순한 연결선 기능에서 복잡한 지역교환 기능까지 가질 수 있는데 기존의 지역망(Local Area Network) 기술을 대부분 수용할 것으로 예상되며 DAVIC은 이들의 연결은 이더네트를 사용하도록 하고 있다[2].

댁내망은 PC와 같이 WWW(World Wide Web) 접근 등의 비실시간 데이터 전송을 주

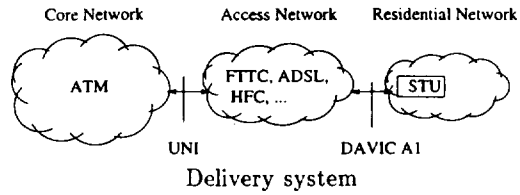


그림 1 DAVIC 전송 시스템의 구조

로 하는 서비스 소비장치들을 연결하는데 사용한다. 그러나 PC의 기능이 확장되고 PC 네트워크를 이용한 인트라네트워크의 기술이 도입됨에 따라[3] 댁내망도 화상회의와 같은 실시간 스트림을 수용하게 되었으며 그 결과 댁내망에 실시간 및 비실시간 트래픽이 혼재하게 된다. 이더네트는 그 매체접근 제어 프로토콜인 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)가 메시지의 충돌에 기반하고 있어서 예측가능하지 못하므로 실시간 트래픽의 전송에는 적합하지 못하다[4]. 그러나 댁내망은 규모가 작아 전파지연 시간이 짧고 노드의 수가 적으므로 일반 이더네트보다 메시지의 충돌 가능성이 적다. 또한 트래픽의 대부분이 하나의 게이트웨이 장치를 통해 전송되므로 게이트웨이 장치에 우선순위에 의한 메시지 전송과 종료시한이 지난 메시지의 기각 등의 기능을 부여한다면 그 실시간 성능은 향상될 수 있다[5]. 결국 댁내망의 이더네트는 경성 실시간 보장(hard real-time guarantee)을 제공할 수는 없지만 최선 노력(best effort) 방식으로 실시간 메시지 전송에 사용될 수 있다.

댁내망의 실시간 메시지 전송에 있어서 가장 장애가 되는 요소는 비실시간 데이터 메시지의 간섭이다. 이더네트는 메시지의 우선순위를 해결할 수 없으므로 비실시간 메시지의 전송이 실시간 메시지의 전송을 지연시킬 수 있으며, PC가 발생시키는 데이터 메시지는 주로 게이

트웨이 장치를 통해 맥내망에 도입되는 실시간 메시지와 충돌이 발생할 가능성도 있다. 이더네트에 기반한 맥내망에서 비실시간 메시지의 간섭을 최소화하려면 PC, 즉 비실시간 메시지의 전송자로 하여금 메시지의 전송 비율을 조정하게 하는 트래픽 조정(traffic shaping) 기능이 필요하다. 즉 이더네트의 부하가 증가하여 실시간 메시지의 종료시한 만족율(deadline meet ratio)이 떨어질 때에는 비실시간 메시지의 네트워크 유입 속도를 낮추고 만족율이 회복된다면 이를 복구하여야 하는데 이를 위해 도착한 메시지를 잠시 유보하였다가 네트워크로 전송할 수 있는 버퍼가 필요하다.

본 논문에서는 맥내망에서의 실시간 트래픽의 종료시한 만족도와 같은 실시간 성능 향상을 위하여 실시간 성능관리 기법을 제안한다. 이는 맥내망에서의 실시간 성능 인자를 감시하고 분석된 결과에 의해 네트워크의 인자를 조정하여 비실시간 메시지가 실시간 메시지의 전송에 주는 영향을 감소시킴을 의미한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DAVIC 맥내망의 구조와 맥내망 트래픽의 특성에 대해 분석한다. 3장에서는 실시간 성능관리 기법을 제안하고 4장에서는 모의 실험에 의해 제안된 기법의 성능을 평가한 후 결론을 도출한다.

2. DAVIC 맥내망의 구조

이더네트에 기반한 맥내망은 CSMA/CD를 채택하고 있으므로 경성 실시간 보장을 제공할 수 없기 때문에 best effort 방식으로 영상이나 화상회의와 같은 실시간 스트림의 실시간 성능을 최대화함을 목적으로 설계된다. 기존의 이

더네트에서 실시간 성능을 개선하기 위하여 STU에 큐의 분리와 종료시한이 초과한 패킷의 조기 기각 기능을 부여하여 전체적인 네트워크의 실시간 성능을 개선하고자 하며 큐의 분리 기능은 STU(Set Top Unit)의 큐를 실시간 메시지 큐와 비실시간 메시지 큐로 분리함으로써 실시간 트래픽에 높은 우선순위를 부여하고 데이터 트래픽이 실시간 트래픽에 주는 간섭을 최소화한다. 또 패킷의 조기 기각 기능은 종료시한을 만족시킬 가능성이 없는 패킷이 네트워크의 대역폭을 소모하는 시간을 줄여 다른 패킷들의 종료시한 만족도를 개선한다.

2.1 기본 요소

제안된 맥내망의 구조는 그림 2에서 보이는 바와 같이 STU가 접근망과 맥내망 사이의 게이트웨이 장치의 역할을 수행하며 STU는 접근망과 ATM 셀을 교환하고 이를 종단하기 위한 AAL 인터페이스를 갖고 있다. 접근망으로부터 수신된 셀들은 이들이 포함한 VP와 VC를 기반으로 원래의 MPEG 트랜스포트 패킷이나 TCP 혹은 UDP 패킷으로 복원되어져 맥내망 내의 해당 장치로 전송된다. 패킷이 상향으로 전송되어질 경우 STU는 패킷을 ATM 셀로 분할하여 접근망으로 전송하는데 이때 사용하는 ATM 셀에 부여하는 VP와 VC에 대한 정보는 소프트웨어 모듈에 의해 유지된다.

접근망으로부터 수신된 트래픽은 크게 두 방향으로 분배되는데 첫번째는 STU의 아날로그 인터페이스를 통하여 셋탑박스나 전화기로 전달되어 고품질의 영상 서비스나 기존의 전화 서비스를 제공하며 두 번째는 이더네트 인터페이스를 통하여 PC 측으로 전달되어 PC가 요구하는 영상이나 데이터 서비스를 제공

하도록 한다. STU는 이더넷 인터페이스를 이용하여 맥내망 이더넷과 연결되는데 이 인터페이스를 통해 재조립된 패킷을 PC에 중계할 수 있으며 PC에서 수행중인 다른 응용들과 메시지를 교환할 수 있다. 접근망을 통해 수신될 수 있는 51.84 Mbps의 트래픽 중 이더넷이 수용할 수 있는 10 Mbps 이내의 트래픽만이 맥내망으로 유입되도록 실시간 혹은 데이터 연결의 개수를 제한하여야 한다.

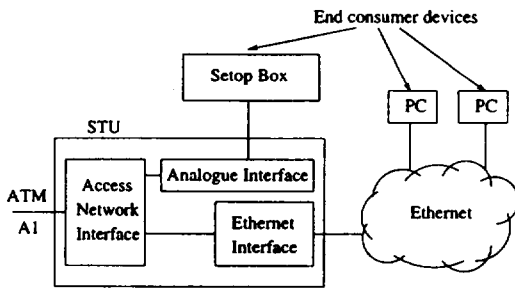


그림 2 맥내망의 구조

2.2 트래픽 분석

맥내망에는 데이터 트래픽과 실시간 트래픽이 혼재하고 있으며 데이터 트래픽은 주로 인터넷에 대한 접근과 파일의 전송 등의 서비스를 위해 사용되는 반면 실시간 트래픽은 영상 및 음성 등의 서비스를 제공하기 위해 사용된다. DAVIC 명세에 따르면 실시간 트래픽은 MPEG에 기반하여 압축되고 MPEG 트랜스포트 프로토콜에 의해 전송되며 MPEG 영상 스트림은 맥내망 내에서는 STU와 PC간에 234 바이트의 크기를 갖는 UDP(User Datagram Protocol) 패킷의 형태로 교환된다. 실시간 트래픽의 패킷은 접근망으로부터 주기적으로 도착하며 다음 패킷이 도착하기 전에 전송이 완료되어야 한다는 시간제약 조건을

갖게 되어 도착 주기가 패킷 전송에 있어서의 종료시한이 된다.

데이터 트래픽은 실시간 트래픽과는 달리 도착시간이 불규칙적이고 그 크기 또한 사전에 정확하게 알 수 없는데 기존의 연구에 의하면 데이터 트래픽은 문서의 크기와 도착 분포로 모델링될 수 있으며 이들은 각각 파레토(Pareto) 분포와 웨이블(Weibull) 분포를 따른다[14]. 파레토 분포는 k 를 임의의 변수 x 의 최소값이라하고 α 를 분포의 형태 상수라 할 때 식 (1)과 같이 표현되며 이 식에서 α 는 일반적으로 1.03의 값을 갖는다.

$$F(x) = \text{Prob}(t \leq x) = 1 - \left(\frac{k}{x}\right)^\alpha \quad (1)$$

또 도착시간에 관련된 Weibull 분포의 확률밀도 함수는 식(2)와 같이 표현되는데 이 식에서 k 와 θ 는 각각 0.5와 1.5의 값을 갖는다.

$$F(x) = \text{Prob}(t \leq x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\theta}\right)^k} \quad (2)$$

맥내망에서의 데이터 흐름은 STU에서 PC로의 하향 흐름과 그 역방향인 상향 흐름으로 분류될 수 있으며 데이터 트래픽은 대칭적으로 흐르기 때문에 상향과 하향 흐름의 양에 차이가 없고 일반적으로 대역폭의 사용량은 kbps 단위로 나타내진다. 이와는 대조적으로 실시간 트래픽은 그 대부분이 하향으로 전송되는데 이는 원격 영상 서버로부터 전송되는 영상 트래픽은 보통 3 M에서 6 Mbps의 대역폭을 사용하는 반면, 멈춤, 재개, 되감기 등의 사용자의 명령에 의해 전송되는 상향 트래픽은 상대적으로 적은 대역폭을 사용하기 때문이다. 따라서 맥내망에는 하향의 실시간 스트림이 대역폭의 대부분을 사용한다.

3. 실시간 성능관리 기법

네트워크에서 성능관리의 목적은 네트워크의 성능인자를 감시하고 이를 바탕으로 수행인자를 자동 조정하여 네트워크의 성능을 개선하는 것이다[8]. DAVIC 맥내망에서 가장 중요한 성능 인자는 실시간 스트림의 종료시한 만족도로서 고성능 영상 서비스는 99.9 %를 요구하지만 PC에서의 영상 서비스는 90 %를 요구한다. 실시간 성능의 관점에서 관리가 가능한 네트워크 수행인자는 비실시간 메시지의 네트워크 유입율이고 이는 비실시간 메시지의 실시간 메시지에 대한 간섭 정도를 결정한다. 성능관리 과정은 성능인자의 수집 태스크와 이에 의해 수행인자를 조정하는 함수로 구성되는데 본 논문에서는 이 기능들이 STU에서 수행된다고 가정한다. 성능인자의 수집은 실시간 스트림을 수신하는 노드가 종료시한 만족도가 한계이하로 떨어질 경우 STU에 보고하도록 하는데 이 메시지도 이더네트를 통해 전송되므로 지연시간이 가변적이며 그 정확도가 저하된다. 그러나 맥내망에서의 성능관리는 완전한 상태의 보고를 기반으로 하지는 않으며 주어진 맥내망의 상황에서 성능을 개선함을 목적으로 한다. 또 STU는 β 를 반응율 상수, γ 를 현재의 종료시한 만족도라 할 때 (3)에 의해 비실시간 메시지의 네트워크 유입율을 결정하고 이를 노드들에게 알린다.

$$\beta + (1 - \beta) \cdot W(x) \cdot \frac{1}{\gamma} \quad (3)$$

상수 β 가 작을 수록 네트워크 유입율 조정폭이 커지며 노드들은 비실시간 메시지를 버퍼에 일시 저장한 후 네트워크에 전송한다.

4. 실험결과 및 결론

본 절에서는 제안된 성능관리 기법에 의한 종료시한 만족도를 SMPL을 이용한 모의실험에 의해 측정하였다[9]. 실험에 있어서 맥내망의 길이는 일반적인 맥내망의 구조에 맞도록 50 m, 대역폭은 10 Mbps, 노드의 수는 5 개로 설정하였다. 또 성능관리 메시지의 전송시간은 평균 0.2 ms의 지수분포를 따르도록 하였다. 첫번째 실험은 실시간 스트림을 7 Mbps로 고정하고 비실시간 스트림의 갯수를 변화시켜가며 종료시한 만족도를 측정한 반면 두번째 실험은 비실시간 트래픽을 1.5 Mbps로 고정하여 실시간 트래픽을 변화시켜가며 종료시한 만족도를 측정하였다. 그림 3과 그림 4에서 보는 바와 같이 부하가 높아질수록 성능관리 기법에 의한 맥내망의 실시간 성능이 향상됨을 보이고 있다. 맥내망은 노드의 수가 적으므로 비실시간 메시지의 간섭이 상대적으로 작고 또 성능관리 메시지 전송의 지연시간에 의해 성능향상도는 비록 3 % 정도에 지나지

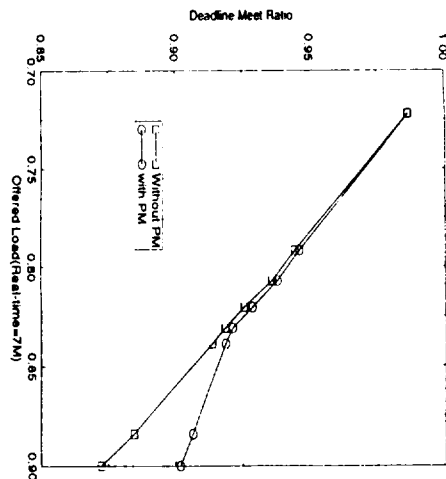


그림 3 실시간 트래픽 부하대 종료시한 만족도

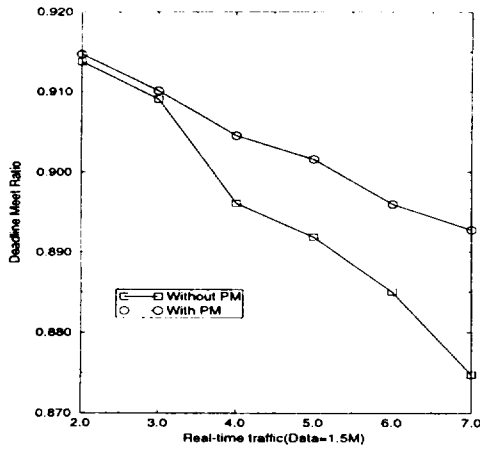


그림 4 비실시간 트래픽 부하 대 종료시한 만족도

않지만 이 기법이 노드의 수가 많은 인트라네트에 적용될 경우에는 보다 높은 향상도를 기대할 수 있다.

참고 문헌

[1] Digital Audio-Visual Council, *DAVIC 1.0 Specifications Part 1: Description of DAVIC Functionalities*, December 1995.
 [2] Digital Audio-Visual Council, *DAVIC 1.1 Specifications Baseline Document 13:A0 Interface and STU Dataport Specifications*, September 1996.
 [3] S. Heilbronner, "Managing PC Networks,"

IEEE Communication Magazine, pp.112-117, Oct. 1997.

[4] *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection: Access Method and Physical Layer Specification: ANSA/IEEE Standard 802.3*, IEEE, 1985.
 [5] Junghoon Lee and Seungjun Park, "Design of a DAVIC residential network based on Ethernet," *Proc. 4-th Int'l Workshop on Real-time Computing Systems and Application*, pp.223-228, Oct. 1997.
 [6] Vance Loen and Eugene Miller, "Subscriber terminal units for video dial tone systems," *IEEE Network*, pp.48-57, September 1995.
 [7] S. Deng, A. R. Bugos and P. M. Hill, "Design and evaluation of Ethernet-based residential network," *IEEE Journal on selected areas in communications*, Vol.14, No.6, pp.1138-1150, August 1996.
 [8] S. Lee, A. Ray, "Performance management of multiple access communication networks," *IEEE Journal on selected areas in communications*, Vol.11, No.9, pp.1426-1437, Dec. 1993.
 [9] M. H. MacDougall, *Simulating Computer Systems: Techniques and Tools*, MIT Press, 1987.