

IEEE1394 기반 홈네트워크에서 효율적인 다중 등시성 스트리밍 전송을 위한 실시간 대역폭 관리 서비스

준회원 채 화 영*, 정회원 정 기 훈**, 종신회원 강 순 주**

Real-Time Bandwidth Management Service for Effective Multiple Isochronous Streaming Transmission in IEEE1394 based Home Network

Hwa-young Chae* Associate Member, Gi-hoon Jung** Regular Member, Soon-ju Kang** Lifelong Member

요 약

홈 네트워크에서 효율적인 다중 멀티미디어 스트림 서비스를 지원하기 위해서는 가능한 여러 문제점들을 고려해야 한다. 그 중에서도 네트워크 대역폭 부족 상황을 대처하는 것은 가장 어려운 문제 중에 하나이다. 본 논문에서는 IEEE1394 기반 홈 네트워크에서 실시간 대역폭 관리 서비스를 미들웨어 레벨에서 운용해 대역폭 부족 상황을 대처하는 방안을 살펴본다. 대역폭 부족 상태를 대처하고 버스 사용 효율을 높이기 위해서, 제안하는 서비스는 두 가지 방법을 이용한다. 첫째는 대역폭 상태를 지속적으로 감시하여 특정 서비스가 과도하게 점유한 잉여 대역폭을 되돌려 받는다. 둘째는 등시성 스트림(IS) 스케줄러를 이용해 우선순위에 따라 스트림 서비스들을 통제하는 것이다. 제안한 서비스는 프로토타입 스트림 관리 미들웨어로 구현하여 간단한 IEEE1394 네트워크 상에서 시험하였다.

Key Words : Middleware IEEE 1394 Home network Isochronous Streaming Bandwidth Management

ABSTRACT

In order to support multiple multimedia streaming services in home networks, many critical issues must be considered. In addition, handling the shortage of network bandwidth is one of the most significant and complicated issues. In this paper, real-time bandwidth management service is suggested as a solution to the problem regarding the IEEE1394-based home network. In order to handle the shortage of network bandwidth and to enhance the bus utilization rate, the proposed service combines two methods. First, the bus bandwidth management function determines the state of the network bandwidth and restores the residual bandwidth, which is excessively occupied by a streaming service, to the available free bandwidth. Second, the Isochronous Streaming (IS) Scheduler manages all streaming services according to priority. In order to test the proposed service, we implemented a prototype streaming management middleware and evaluated it by using the IEEE1394 network test-bed.

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음.(IITA-2005-C1090-0502-0031)

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 실시간시스템 연구실 (dragnfly@korea.com)

** 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (ljghlof, sjkang1@ee.knu.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-05-222, 접수일자 : 2006년 5월 23일, 최종논문접수일자 : 2006년 9월 12일

I. 서론

다중 멀티미디어 스트리밍이란 네트워크 상에 존재하는 다양한 AV 장치 사이에 다수의 멀티미디어 스트림이 동시다발적으로 전송되는 상태를 말한다. 이것은 홈 네트워크 연구 분야 중 가장 파급효과가 클 것으로 예상되는 분야 중의 하나이지만, 스트리밍 서비스 간의 충돌이나 네트워크 자원 관리 등의 복잡한 문제들을 해결해야 하므로 실현이 쉽지 않다.

홈 네트워크에서 멀티미디어 스트리밍 서비스를 위한 고속 통신 방식으로는 IEEE1394^[1], Gigabit Ethernet^[2], UWB^[3] 등을 고려할 수 있다. 이 중에서 IEEE1394는 고속 전송(현재 800Mbps까지 구현됨), 플러그 앤 플레이, 등시성 채널을 통한 안정적인 다중 멀티미디어 스트리밍 서비스가 가능해 홈 네트워크 상의 다중 멀티미디어 스트리밍 서비스에 적합한 시리얼 버스 프로토콜이다.

IEEE1394 네트워크에서 등시성 전송 방식을 이용해 스트리밍 서비스를 하기 위해서는, 필요한 대역폭 및 채널을 먼저 점유해야 한다. 그러나 만약 타 서비스가 선 점유한 자원이 많아 필요한 자원 점유에 실패하게 되면 서비스가 불가능하게 된다. IEEE1394는 다중 채널 스트리밍을 지원할 수 있으나, 다양한 다중 스트림 데이터 전송을 위해서는 많은 대역폭이 요구되므로 전송 요구 대역폭이 최대 가용 대역폭을 초과하는 경우가 발생할 수 있다. 이렇게 요구 대역폭이 가용 대역폭을 초과하는 상황에서는 스케줄러 서비스나 중재 서비스가 자원의 효과적인 관리 및 재분배를 해야 하지만, IEEE1394 규격에서는 이 부분을 소홀히 하고 있다. 따라서 이러한 자원관리 업무는 미들웨어 등의 상위 계층에서 담당해야 한다.

현재까지 홈 네트워크용 미들웨어로는 HAVi^[4], XHT^[5], RoomBridge^[6] 등의 플랫폼을 기반으로 다양한 연구가 시도되고 있으나, 이들 미들웨어들은 다양한 가전제품 간의 상호 운용성 및 확장성을 주목적으로 개발되어 멀티미디어 스트림 서비스에 대한 고려가 부족하고, 특히 다중 스트리밍이 동시 지원되는 상황에서의 대역폭 자원 관리에 대한 대책은 제시하지 않고 있다.

본 논문에서는 IEEE1394 네트워크에서 다중 멀티미디어 스트림 데이터 전송 시 발생할 수 있는 대역폭 부족 문제를 효과적으로 대처할 수 있는 스트리밍 관리 서비스를 미들웨어 상에서 운영하는 방안을 제안하고자 한다. 스트리밍 관리 서비스는

등시성 자원의 부족 문제를 해결하기 위해서 등시성 전송 네트워크 상태를 실시간으로 측정하는 버스 감시기능과 여유 대역폭이 더 이상 없을 때 스트리밍 간 우선순위를 고려한 우선순위 스트리밍 스케줄링 방법을 사용한다.

2장에서는 IEEE1394의 기본개념을 설명하고 기존 IEEE1394 기반 홈 네트워크 미들웨어의 문제점과 IEEE1394 네트워크에서의 자원 활용에 대해서 다른 기존 연구의 문제점을 알아본다. 3장에서는 제안하는 시스템의 요구사항을 분석하고 시스템의 동작 개요에 대해 설명하고, 4장에서는 소프트웨어 구조의 상세 설계를 설명한다. 5장에서는 구현 상황을 설명하고 구현된 소프트웨어가 요구 사항을 만족시키는 지를 검증한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

II. 기본 개념 및 관련 연구

이 장에서는 IEEE1394 네트워크의 기본 개념에 대해서 설명하고 홈 네트워크에서 멀티미디어 스트림 데이터 전송을 위한 관련연구를 소개한다.

2.1 IEEE1394와 IEC61883

IEEE1394는 1995년 IEEE위원회를 통해 규격으로 등록되었으며, 고속 전송, 자동 구성 및 등시성 전송의 큰 특징을 가지고 있어서 멀티미디어 스트리밍 전송이 요구되는 홈 네트워크의 백본망으로 사용하기에 적합하다. IEEE1394a는 100, 200, 400Mbps의 속도로 패킷을 전송할 수 있으며, 크게 비동기성 패킷과 등시성 패킷으로 분류된다. IEEE1394b 규약에는 3.2Gbps까지 규약으로 정의되어 있으며 현재 800Mbps까지 구현되어 있다

IEEE1394는 비동기 전송과 등시성 전송을 지원한다. 비동기 전송은 대상 노드의 주소를 지정하여 일대일 통신을 하는 전송 방식으로 디바이스에 제어 명령을 전송하기 위해 주로 사용된다. 등시성 전송은 채널을 점유하여 일정한 주기를 가지고 단 방향 브로드캐스트 전송을 하는 방식으로 스트림 데이터와 같은 대용량의 데이터를 전송하는 용도에 적합하다.

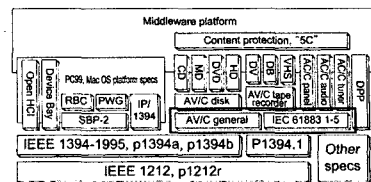


그림 1. IEEE1394 관련 규격들

IEC61883^[7]은 IEEE1394 프로토콜을 사용하는 A/V 디바이스의 표준 통신과 제어를 위한 인터페이스(그림 1 참조)를 정의하고 있으며 1997년 IEC 위원회에서 표준안으로 확정되었다. IEC61883 규약은 등시성 데이터 흐름 관리, CMP(Connection Management Procedure) 및 FCP(Function Control Protocol)등에 대하여 정의하고 있는 부분과 멀티미디어 데이터 타입에 따른 전송을 정의하고 있는 부분으로 나누어져 있다.

등시성 데이터의 실시간 전송을 위하여 IEC61883은 CIP(Common Isochronous Packet) 구조를 정의하고 있으며 등시성 데이터 패킷은 CIP 패킷 헤더와 멀티미디어 데이터로 구성된다. 등시성 데이터 흐름 관리를 위하여 플러그와 PCR(Plug Control Register)을 정의하고 있으며 PCR은 oMPR(output Master Plug Register), oPCR(output Plug Control Register), iMPR(input Master Plug Register) 및 iPCR(input Plug Control Register)로 구성된다. 이들 PCR 정보를 이용하여 등시성 데이터 흐름을 관리하며 등시성 점대점 연결, 브로드캐스트 출력 및 입력 연결 등을 설정한다. FCP는 IEEE1394 네트워크를 통하여 연결되어 있는 디바이스를 제어하기 위한 프로토콜이며 이를 통해 등시성 데이터 전송을 제어한다.

2.2 IEEE1394 네트워크에서 실시간 등시성 자원 관리의 필요성

홈 네트워크를 구성하는 디바이스의 개수가 많아짐에 따라 네트워크의 QoS를 보장하기 위해서 네트워크의 자원인 대역폭을 실시간으로 관리할 필요가 있다. 초창기의 홈 네트워크 서비스는 가정 내 기기의 제어가 주 서비스였으므로 요구되던 대역폭의 양이 크지 않았다. 그러나 현재 홈 네트워크 서비스는 인터넷을 비롯해서 비디오 온 디맨드(VOD), WiFi 전화, 네트워크 비디오 게임 등 많은 서비스가 제공되며, 동시에 각각의 서비스를 원활하게 처리하기 위해서는 요구되는 대역폭이 크게 증가하게 되었다. 최근에는 전화와 인터넷, 방송을 동시에 제공하는 TPS(Triple Play Service) 서비스가 부각되면서 네트워크에서 제공하는 대역폭의 한계를 초과할 가능성이 더욱 높아졌다.

이러한 여러 가지 서비스를 제공하기 위해 제안된 IEEE1394 기반 홈 네트워크 미들웨어로는 HAVi, XHT, RoomBridge 등이 있다. 그러나 HAVi를 제외한 다른 두 미들웨어는 스트리밍 서

스를 위해 준비된 기능이 없으며, HAVi도 Stream Manager 모듈을 통해 단순히 디바이스 연결과 네트워크 자원의 할당/해제만을 지원할 뿐, 네트워크 자원 관리를 위한 규약은 준비되어 있지 않다^[8].

2.3 IEEE1394 대역폭 활용에 관한 관련 연구

IEEE1394 네트워크 기반 미들웨어나 서비스 등에서 대역폭 관리 기능을 연구한 사례는 없으나 데이터 전송 과정에서 버스 이용률을 높이는 연구는 다음과 같은 사례들이 있다.

서울대학교 이희진 외 2명^[9]은 IEEE1394 네트워크에서 적응적 전송 정책의 개념을 도입해서 버스 이용률을 높이는 연구를 수행했다. 적응적 전송 정책이란 전송하려는 데이터의 크기를 미리 분석해서 대용량의 데이터일 경우 등시성 모드로 최대한 전송한 뒤, 남은 전송 기간 동안 비동기 모드로 전송하는 것과 제어 명령과 같이 크기가 작은 데이터일 경우에는 비동기 모드로만 전송하는 것을 말한다. 이러한 전송 방식으로 전체적인 버스 이용률을 높일 수 있다는 것이다. 이 방식은 하드웨어 링크계층에서 데이터를 분석하므로 데이터의 종류 구분 없이 처리하며 서비스 종류에 따른 차별화된 대응이 불가능하다.

한국과학기술원 강성일 외 3인^[10]은 등시성 대역폭의 활용도를 증대시키기 위하여 잉여 등시성 대역폭을 인식하여 전송에 활용하는 대역폭 훔치기(Bandwidth stealing)에 대한 연구를 하였다.

IEEE1394 등시성 전송을 위해 어플리케이션에서 미리 점유하는 대역폭을 네트워크 분석기를 통해 확인해보면 매 전송 사이클마다 점유한 대역폭을 모두 사용하지 않는 경우가 많다. 이 연구에서 언급하는 대역폭 훔치기 기법은 그림 2에서 보이는 Residual bandwidth와 Free bandwidth를 합쳐서 Available Bandwidth로 정의하고, 이 대역폭을 다른 서비스를 위해 사용한다. 이러한 대역폭 활용 방법을 대역폭 훔치기라고 부르는 이유는 선점된 잉여

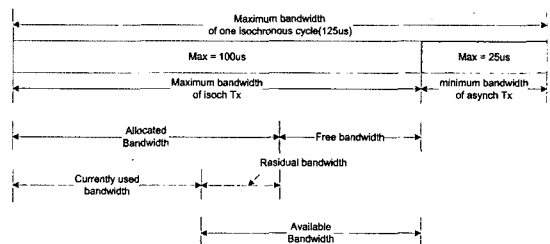


그림 2. IEEE1394 네트워크의 대역폭 사용의 구분

대역폭을 임의로 활용하지만 IRM의 BW_AVAIL 레지스터에 사용 정보를 등록하진 않기 때문이다.

이 방법은 선점된 대역폭 중 잉여 대역폭을 활용한다는 점에서 본 논문에서 제안하는 대역폭 관리 방법과 유사하다. 그러나 대역폭 훔치기는 매 전송 패킷마다 잉여 대역폭을 계산해서 이용하므로 빠른 연산이 요구되고 이를 위해서 관리 알고리즘이 하드웨어로 구현되어야만 한다. 이렇게 구현된 하드웨어는 기존의 하드웨어와 호환성이 유지되지 않는다는 단점이 있다.

Ⅲ. 대역폭 관리를 위한 요구 분석 및 설계 요건

IEEE1394 네트워크에서 스트림 데이터를 전송하려면 등시성 자원인 채널과 대역폭을 미리 할당 받아야 한다. 하지만 등시성 자원은 한정되어 있으므로 별도의 관리가 없으면 소수의 스트림만이 전송이 가능하고, 등시성 자원 점유에 실패한 노드는 선점된 자원이 반환될 때까지 전송을 할 수 없게 된다. 이러한 스트리밍 대역폭 고갈 현상을 실시간으로 감시하고 관리하기 위해서 다음과 같은 방안들이 고려되어야 한다.

3.1 잉여 대역폭의 확보

부족한 대역폭 자원을 확보하기 위해서 각 스트리밍 서비스가 점유한 대역폭 중 사용하지 않는 잉여 대역폭을 사용 가능한 대역폭으로 반환하는 방법이 있다. 스트리밍 전송 중인 1394 네트워크를 네트워크 분석기^[11]로 확인해보면 대부분의 서비스가 점유한 대역폭의 일부를 사용하지 않음을 알 수 있다. 이것은 해당 서비스가 실제 전송될 스트림 데이터 이외에 패킷 및 버스 오버헤드를 고려해서 대역폭을 과선점하기 때문에 발생하는 잉여 대역폭이다. IEEE1394 네트워크는 노드의 추가/제거에 따라 토폴로지를 재설정하고, 이때 전송 지연 시간 설정 관련 값을 재조정해야 한다. 하나 이 과정이 번거롭기 때문에 보통 이 오버헤드의 크기를 가장 최악의 조건인 갭 카운트(Gap count)가 63인 경우로 고정하는 경우가 많다. 이 경우는 전송 지연 시간이 최장인 상태를 의미하므로, 선점할 대역폭이 실제 사용할 대역폭보다 크게 될 수밖에 없다.

이러한 잉여 대역폭을 알아내기 위해서는, 스트리밍별로 실제로 사용되는 등시성 자원 상태를 별도의 실시간 버스 모니터^[12]를 통해 파악해야 한다. 버스 모니터는 채널 별 사용 대역폭을 실시간으로

측정해서 스트리밍 관리 서비스에게 주기적으로 보고하고, 이를 바탕으로 스트리밍 관리 서비스는 사용되지 않는 잉여 대역폭을 네트워크에 돌려주게 된다.

3.2 패킷 당 Payload 크기의 감축

다음으로 부족한 대역폭 자원을 확보하기 위해서 사용할 수 있는 방법은 패킷 당 Payload를 감소시키는 것이다. 일반적으로 스트림 패킷에서 가장 큰 비율을 차지하는 것은 Payload이다. IEC61883 규약에 따르면 전송 스트림의 속성에 따라 패킷당 Payload의 크기가 미리 정해져 있으며, 이에 따라 각 스트리밍 서비스에서 사용하는 대역폭은 변동이 불가능하여 대역폭 자원 관리가 어렵게 된다. 하나 만약 고정Payload뿐만 아니라 가변 Payload도 가능하게 되면, 네트워크의 상황과 서비스 특성에 따라서 유동적으로 Payload를 변경해 대역폭 관리를 좀 더 용이하게 할 수 있다. 이때, 스트리밍 관리 서비스는 어떤 조건에서 전송 패킷의 Payload를 변경할 것 인지와 어느 정도 Payload를 감소시킬 것인지를 결정해야 한다. 그러나 이 방법은 안정적인 동작 규칙 및 표준이 정해지지 않았으며, 하위 호환성이 결여되어 있으므로, 현재의 연구 내용에서는 제외시켰다.

3.3 우선순위를 고려한 스트리밍 스케줄링

앞의 두 방법은 가능한 모든 수단을 써서 가용 대역폭을 증가시키고 있으나 네트워크 대역폭이 한정되어 있다는 점은 변하지 않는다. 또한 기본적으로 IEEE1394의 등시성 전송은 선점된 자원을 강제로 돌려받는 것이 불가능하므로, 대역폭 부족에 따른 기근 현상이 발생할 가능성이 상존한다. 따라서 한정된 대역폭 자원을 효율적으로 활용하기 위해, 스트리밍 서비스들을 관리하는 스케줄링 서비스를 고려할 수 있다.

스트리밍 서비스는 정해진 전송 대역폭을 유지하며 장시간 전송되어야 하므로, 한정된 자원을 여러 서비스가 공유하는 것은 쉽지 않다. 한편으로 IEEE1394는 등시성 전송 직전에 자원을 선점유하는 규정에 의해 등시성 전송 체계는 선점식 스케줄링 방식에 매우 가깝다. 기반 환경을 고려했을 때, 각 서비스의 우선순위에 따라 낮은 우선순위 서비스가 선점한 자원을 높은 우선순위의 대기 서비스에게 돌려주어, 우선순위 역전 현상이 일어나지 않도록 하는 우선순위 스케줄링 정책을 채용하는 것이 적절하다.

이러한 스케줄러는 미들웨어 레벨에서 운영하는 것이 적절하다. 미들웨어는 스케줄러가 어느 시점에, 어떤 기준에 의해서 스트리밍에 우선순위를 부여할 것인지 고려하여야 한다. 또한 각 스트리밍 서비스의 우선순위 정보를 어디에, 어떤 형식으로 보관할지도 정의되어야 한다.

IV. 제안하는 스트리밍 관리자의 소프트웨어 구조

앞 장에서 설명한 기능들은 미들웨어 수준에서 구현하는 것이 적합하다고 판단하고, 간단한 RTSM (Real-Time Streaming Management) 미들웨어를 설계 및 구현하였다. 이 장에서는 RTSM 미들웨어의 구조를 간략히 소개하고 제안한 서비스의 구조를 자세히 살펴본다.

4.1 RTSM 미들웨어 개요

RTSM 미들웨어는 그림 3에서 보이는 것처럼 FCP Manager^[13], Connection Manager, Bus Monitor, IS Scheduler와 각 서비스 모듈에 연동하는 자료구조들로 구성되어 있다.

FCP Manager는 A/V Commands Repository를 참조해서 네트워크에 연결된 기기들에 적절한 동작 명령을 내리는 모듈이다. Connection Manager는 스트리밍 디바이스 간의 연결을 설정하고 연결 정보를 Connection Repository에 저장한다. Bandwidth Manager는 네트워크의 대역폭 사용 상황을 분석하고 잉여 대역폭을 가용 대역폭으로 돌리는 일을 한다. IS Scheduler는 Node Info. Repository에 저장되어 있는 스트리밍 서비스 별 우선순위에 따라 서비스 스케줄링을 한다.

그림 4는 스트리밍 관리 미들웨어의 자료 흐름도이다. 앞서 설명한 서비스들과 함께 전체 미들웨어 동작을 관리하는 Middleware Controller 모듈이 있다. 이 모듈은 실시간 대역폭 관리 기능을 수행하기 위해 4개의 서비스 모듈을 유기적으로 관리한다.

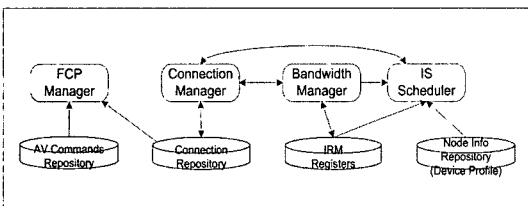


그림 3. RTSM 미들웨어의 구성도

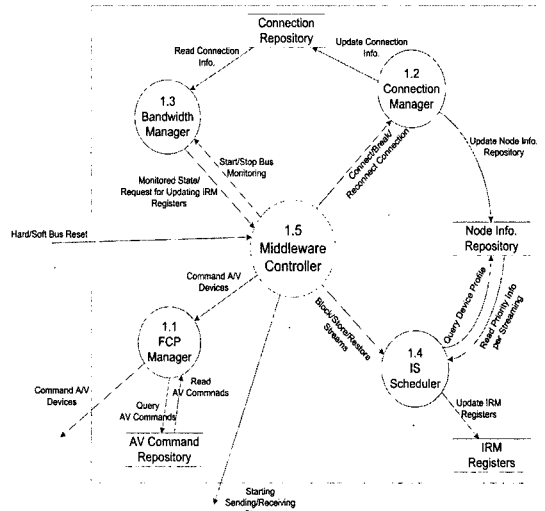


그림 4. 스트리밍 관리 미들웨어의 자료 흐름도

4.1.1 FCP Manager

FCP Manager는 IEEE1394 네트워크에 연결된 A/V 디바이스에 동작 제어 명령을 전달한다. 특정 디바이스에 제어 명령을 내리기 위해서는 Connection Repository, Node Info. Repository에서 현재 연결되어 있는 디바이스와 제어를 할 대상 디바이스의 정보를 얻은 뒤에 A/V Command Repository에서 대상 디바이스에 적합한 제어 코드를 찾아야 한다. 제어 코드에는 AV/C 규격^[14]에서 정의된 것과 RTSM 미들웨어에서 정의된 것들이 있다.

4.1.2 Connection Manager

Connection Manager는 스트리밍 서비스를 시작하기 위한 기기간의 연결을 담당한다. 사용자나 어플리케이션의 요청에 따라 점대점 연결 또는 브로드 캐스트 연결을 한 뒤에 Connection Repository에 연결 상태를 업데이트하게 된다. 연결설정이 진행되는 도중에는 Bandwidth Manager를 잠시 중단시키게 된다. 이는 두 모듈이 동시에 IRM 노드의 동시성 자원 관련 레지스터를 접근하면서 생길 수 있는 충돌을 막기 위해서이다.

Connection Manager는 연결 관리를 위해 IEC61883 규약에 따라 CSR 주소 영역^[15]에 있는 oMPR, oPCR, iMPR, iPCR 등의 플러그 레지스터의 상태를 관리한다. Connection Manager는 또한 Bus Reset 발생 직후의 기존 스트리밍 서비스의 연결 복원도 지원한다. 동시성 전송 연결 복원은 IEEE1394 규격에서 제시하는 사항이다.

4.1.3 Bandwidth Manager

Bandwidth Manager는 네트워크 상에서 전송되는 등시성 채널들의 사용 대역폭을 감시하고, IRM 노드의 등시성 자원 관리 레지스터에 등록된 대역폭 값을 비교해서 Threshold 이상의 차이가 있을 때 실제 확인된 값에 맞춰 IRM노드의 등록 값을 갱신하는 일을 한다. 할당받은 대역폭을 A, 실제 전송에 사용되는 대역폭을 R이라고 하고, Threshold 대역폭을 a라고 할 때, 갱신 조건을 수식화 하면 (1) 식과 같다.

$$|A-R| > a \quad (1)$$

각 등시성 스트리밍 전송 채널들은 순간적으로 크기변동이 심한 패킷을 전송할 수도 있는데, 이런 일시적인 현상에는 대응하지 않도록 할 필요가 있다. 이를 위해, 우리는 위 (1)식의 조건이 만족된 때를 기준으로 일정 시간 뒤에도 여전히 조건을 만족하는지 재확인한 후 대응하는 방법을 선택했다. Bandwidth Manager는 모든 등시성 채널들을 모니터링하며 각 채널당 모니터 주기는 10msec로 전체 64개의 채널을 모니터링하는 데에는 약 640ms가 소요된다. 그림 5는 Bandwidth Manager의 간략한 순서도이다.

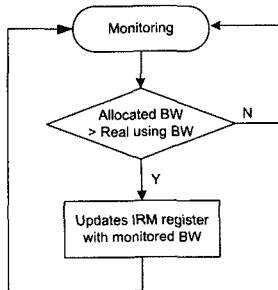


그림 5. 대역폭 관리자의 동작 순서도

4.1.4 IS Scheduler

IS Scheduler는 우선순위를 고려해서 스트리밍 서비스를 강제 제어하는 스케줄러이다. IS 스케줄러는 전송 자원이 부족한 상태에서 새로운 서비스를 시작해야 할 경우, 현존하는 가장 우선순위가 낮은 서비스를 찾아 중지시키고 새 서비스를 대신 시작한다. 중지된 서비스는 대기 큐에 등록되어 기다리다 여유 자원이 생기고 대기 중인 서비스 중 가장 우선순위가 높을 때 다시 복귀한다. 가장 낮은 우선순위의 서비스가 복수로 존재할 경우 전송요청을 가

장 나중에 한 서비스가 스케줄링의 대상이 되어 중지된다. 이 기능을 위해 스트리밍 서비스가 요청한 순서를 Connection Repository에 저장하도록 했다. 동시에 중지할 수 있는 서비스는 하나로 제한했다.

중지될 서비스가 선점하고 있던 대역폭과 현재 가용대역폭의 합이 시작할 서비스가 필요로 하는 대역폭보다 크다면, 스케줄링 대상 노드는 전송을 중지하고 사용하고 있던 채널과 대역폭을 네트워크에 반납한다. 중지된 서비스는 임시저장소에 관련 정보가 기록되고, 새 서비스가 시작된다. 새 서비스가 끝나면 스케줄러에 의해서 중지되었던 서비스는 임시 저장소의 정보에 따라 복구된다.

만약에 스케줄링 대상 서비스가 선점하고 있는 대역폭과 현재 가용 대역폭의 합이 새 서비스가 요구하는 대역폭보다 작다면 새 서비스 요청은 거부되어 사용자에게 새 서비스가 시작될 수 없음을 알린다. 그림 6은 IS Scheduler의 동작 절차를 나타내는 순서도이다.

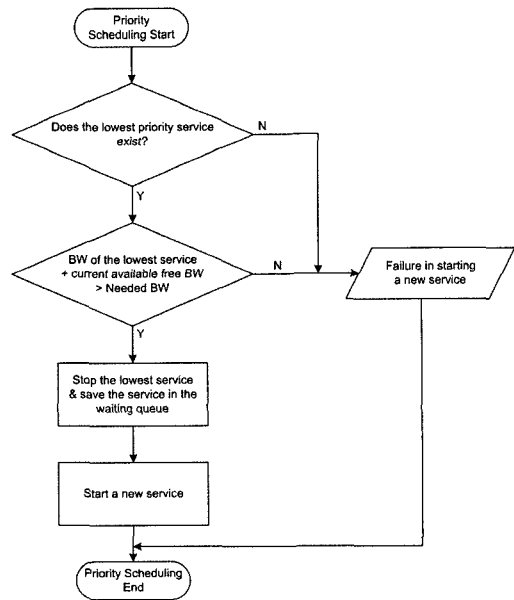


그림 6. IS Scheduler의 동작 순서도

4.1.5 Middleware controller

그림 7은 Middleware Controller의 전체 동작 순서도이다. 서비스가 시작되면 먼저 컨트롤러는 Bandwidth Manager를 운용하면서 대기한다. 이때 새 스트리밍이 시작하게 되면 Connection Manager를 통해 새 서비스에 대한 채널과 대역폭 할당을 시도한다(a). 이 시도가 실패하면 스트리밍 서비스

별로 정의되어 있는 우선순위를 고려한 스트리밍 스케줄링(b)을 수행하게 된다.

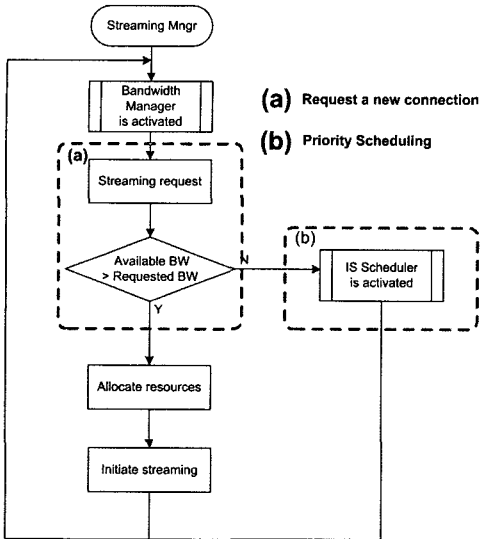


그림 7. Middleware Controller의 동작 순서도

V. 구현 및 검증

5.1 구현

제안하는 동시성 스트리밍 관리 서비스는 리눅스 배포판 중의 하나인 Fedora Core 1(커널 버전 2.4.31)의 환경에서 RTSM 미들웨어 형태로 구현하였다. 하드웨어 플랫폼으로는 인텔 펜티엄 프로세서 기반의 컴퓨터를 사용하였고, IEEE1394 어댑터는 OHCI^[16] 호환 칩인 TI의 TSB12LV23을 적용했다. 최대 400Mbps의 전송속도로 동시성 송신에 8개의 DMA 컨텍스트로 동시에 8개의 채널 전송이 가능하며, 동시성 수신에는 4개의 DMA 컨텍스트로 동시 4채널 수신이 가능하다.

5.1.1 스트리밍 관리 미들웨어의 구현

스트리밍 관리 미들웨어를 구현하기 위해서 리눅스 IEEE1394 오픈 소스 프로젝트의 관련 디바이스 드라이버 소스와 프로그램을 수정하여서 구현하였다. 그림 8은 구현한 소프트웨어의 구조를 나타내고 있다. RTLinux를 기반으로 한 이전 연구에서 구현했던 실시간 대역폭 측정 Bus Monitor 모듈을 OHCI1394 드라이버에 이식했고, 여기서 측정한 대역폭 정보를 어플리케이션으로 구현된 스트리밍 관리 미들웨어의 Bandwidth Manager에서 읽어서 실시간 대역폭 관리를 수행하도록 하였다.

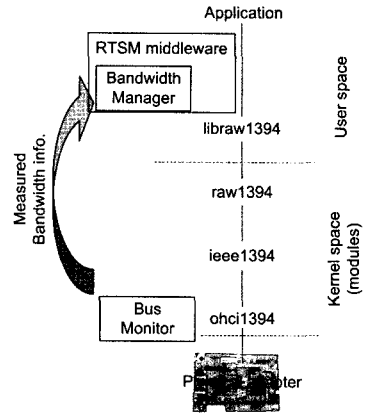


그림 8. 검증을 위한 시험 소프트웨어 구성도

5.1.2 RTSM 미들웨어와 스트리밍 노드 간의 통신

그림 9는 RTSM 미들웨어와 스트리밍 노드 간의 통신을 나타낸 것이다. 먼저 RTSM 미들웨어는 앞에서 설명했던 대로, Bandwidth Manager와 FCP Manager, Connection Manager, IS Scheduler로 구성되며, 이들 모듈 간의 통신은 파이프를 이용한다.

RTSM 미들웨어는 미들웨어가 설치되어 있는 노드를 제외한 다른 노드들을 제어할 수 있다. 이때 제어 명령으로 AV/C 명령어 규격에 정의되어 있는 FCP 명령과 응답을 사용한다. RTSM미들웨어와 스트리밍 노드 간의 통신은 별도의 명령 프로토콜을 정의하여 사용하였다. 기본적인 FCP 명령들을 이용하면 기존 IEEE1394 레거시 디바이스를 지원하는 것도 가능하다.

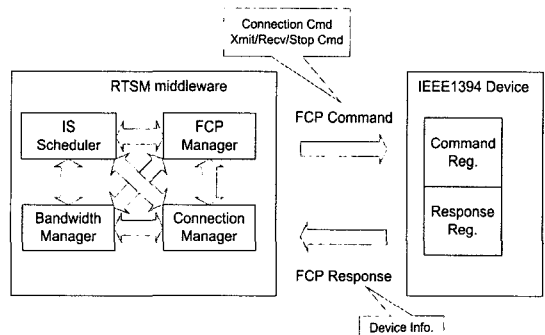


그림 9. RTSM 미들웨어와 스트리밍 노드 간의 통신

5.2 검증

5.2.1 검증환경

구현된 RTSM미들웨어를 검증하기 위해서 시험용 네트워크를 구축하였다. Connection Manager를 검증하기 위해서 각 노드 간의 연결 설정, 해제, 그

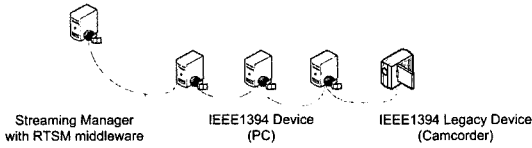


그림 10. 검증을 위한 네트워크 구성도

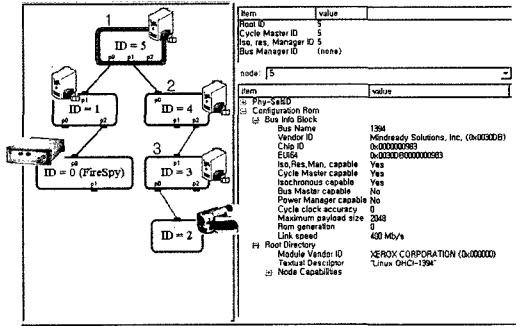


그림 11. 네트워크 분석기로 본 검증 네트워크 상황

리고 Bus Reset 후, 이전의 연결 복원을 시험해 보았다. Bandwidth Manager를 검증하기 위해서는 네트워크 간 두 노드가 연결을 설정하고 스트리밍을 시작할 때, 스트리밍이 존재하는 해당 채널에서 사용 중인 대역폭의 정보가 정확히 측정되는지 확인하였다. 그리고 스트리밍 도중에 전송 스트림 데이터의 Payload나 전송 속도가 변경되었을 때, Bandwidth Manager가 이를 알고 실제 가용 대역폭을 IRM 레지스터 내의 BW_AVAIL 레지스터에 갱신하는지 확인해 보았다. 마지막으로 우선순위를 고려한 IS Scheduler가 동작하는 지 확인해 보았다.

IEEE1394 네트워크의 전송 상황을 파악하기 위해서 DapDesign사가 제작한 IEEE1394 네트워크 분석기를 사용하였으며 검증을 위한 네트워크는 그림 10과 같이 구성하였다. 그림 10에서 Streaming Manager 노드는 RTSM 미들웨어가 설치되어 있어 전체 네트워크의 관리 기능을 수행한다. IEEE1394 Device 들은 스트리밍 송수신이 가능하며 PC로 구현했다. RTSM 미들웨어의 FCP Manager가 레거시 장비도 제어 가능함을 검증하기 위해 IEEE1394 Legacy Device도 연결했다.

그림 11에서 왼쪽의 다이어그램은 시험용 네트워크의 망 구성을 나타낸 것이며 노드 0은 네트워크 분석기이다. 노드 1은 RTSM 미들웨어가 설치된 컴퓨터이고 노드 3, 4, 5는 스트리밍이 가능한 컴퓨터들이다. 노드 2는 레거시 디바이스의 제어를 지원하

는지 확인하기 위한 캠코더(DCR-TRV940)이다. 노드 5, 4, 3의 우 상단에 표기된 숫자들은 각 노드들이 전송하는 스트림들에 미리 정의된 우선순위(1, 2, 3)를 나타낸다.

5.2.2 검증

1) Bandwidth Manager의 잉여 대역폭 활용 검증
Bandwidth Manager가 잉여 대역폭을 가용 대역폭으로 반환하는지 확인하기 위해 우리는 대역폭 관련 정보를 살펴보았다. 스트림 데이터를 전송하면서 IRM 노드의 BW_AVAILABLE 레지스터 값(이후 IRM_BW_AVAIL)과 버스 모니터가 측정한 BW_AVAILABLE 레지스터 값(이후 MON_BW_AVAIL)을 비교하였다. 각 레지스터 값은 네트워크의 최대 가용 대역폭에서 현재 스트리밍에 사용되는 대역폭의 합을 차감하고 남은 대역폭을 나타낸다. 즉 현재 사용 가능한 여유 대역폭의 크기이다. 이 중 IRM_BW_AVAILABLE 값은 디바이스가 사전에 사용 등록을 한 값이고, MON_BW_AVAILABLE 값은 버스 모니터가 실측한 가용 대역폭이다.

먼저 Bandwidth Manager가 동작하지 않는 상태에서 캠코더로 DV 스트리밍을 진행하였다. 이때 PC 스트리밍 노드에서 동일한 DV 스트리밍을 하나 더 전송하도록 시도하였다. DV 스트리밍 하나를 100Mbps로 전송하기 위해서 요구되는 대역폭은 2480BWU이며 전체 가용 대역폭은 4915BWU이므로 두 개의 DV 스트림 데이터를 전송할 수 없다. 그러므로 Bandwidth Manager 없이 동일한 DV 스트림을 동시에 2개 이상 전송하려는 경우, 대역폭의 부족으로 전송 시도가 실패하게 된다.

그림 12에서 ①은 IRM_BW_AVAIL의 값이고 ②는 MON_BW_AVAIL 값이다. 버스 모니터에 의해서 실측된 후자의 값은 2883BWU로 전자의 값

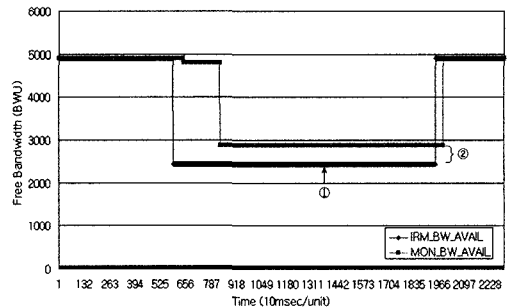


그림 12. 가용 대역폭 상태(Bandwidth Manager 중지시)

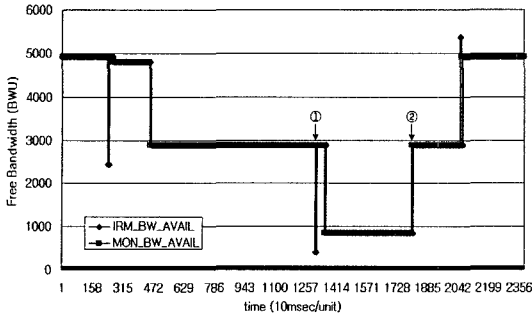


그림 13. 가용 대역폭 활용 상태 (Bandwidth Manager 사용)

2032BWU보다 448BWU더 크게 나타났다.

그림 13은 똑 같은 조건에서 Bandwidth Manager를 사용할 경우를 보여준다. Bandwidth Manager가 캡코더의 DV 스트리밍의 잉여 대역폭을 가용 대역폭으로 반환하였기에 PC 노드의 스트리밍 전송이 가능해진 것을 보여주고 있다. 그림 13의 ①에서 여유 대역폭을 이용해서 두 번째 DV 스트리밍이 시작되고, 잠시 후인 ②에서 두 번째 스트리밍이 끝난 후 대역폭이 반환되는 것을 볼 수 있다. Bandwidth Manager가 MON_BW_AVAIL과 IRM_BW_AVAIL 간의 동기를 맞추는 데는 평균 51ms의 지연시간이 필요했다.

2) 우선순위 스케줄러 검증

우선순위 스케줄러를 검증하기 위해, 3개의 DV 스트리밍 서비스로 구성된 테스트 시나리오를 작성하였다. 그림 11에서 보인 것처럼 우선순위 1, 2, 3을 가진 노드 5, 4, 3이 각각 DV 스트리밍 서비스를 시작하려 한다. 낮은 우선순위 번호를 부여받은 노드가 높은 우선순위를 가진다. 각 DV 서비스는 100Mbps의 속도로 패킷당 400Bytes의 payload를 가진다. 각 서비스의 전송 스트림 데이터는 동일하다. 이 조건에서는 Bandwidth Manager를 가동해도 동시에 2개의 DV 스트림 전송만이 가능하다. 지면으로는 스케줄링 서비스의 데모 상황을 직접적으로 나타내기 어려워서 Bandwidth Manager가 측정한 가용 대역폭 자원의 상태와 추이를 살펴보았다. 지금부터는 간략하게 나타내기 위해 우선순위 1, 2, 3의 서비스들을 P1, P2, P3으로 기술한다.

그림 14에서 처음 구간 ①에서 P1, P3가 전송되고 있다. 이때 ②에서 P2가 추가로 전송을 요청하여 P2, P3간에 스케줄링이 일어난다. P2의 우선순위가 P3보다 높으므로 P3의 전송이 잠시 중단되고

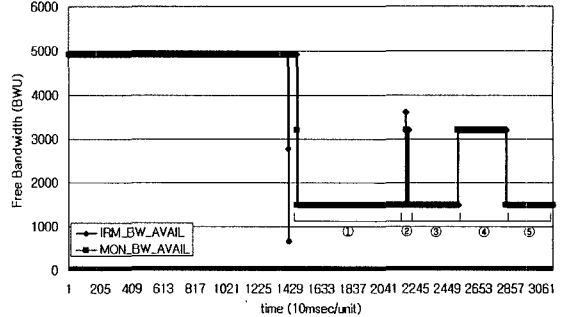


그림 14. 우선순위 스케줄러 검증

임시 저장소에 전송 정보가 저장된다. 그리하여, 구간 ③에서는 P1, P2가 전송된다. 구간 ④에서는 P2의 전송이 끝나서 잠시 P1만이 전송된다. 일정 시간 후 스케줄러는 임시 저장소에서 대기하고 있던 P3를 연결 복원하고 재전송을 시작한다. 구간 ⑤는 P3의 재전송이 시작되어서 P1, P3이 전송된다.

VI. 결론

본 논문에서는 IEEE1394 기반 홈 네트워크에서 다중 멀티미디어 스트리밍 전송을 고려한 등시성 연결 및 자원 관리를 위한 서비스를 제안하고, 미들웨어 형태로 구현한 결과를 통해 실효성을 검증하였다.

구현된 스트리밍 관리 미들웨어는 기기간의 등시성 연결을 설정/해제하고 Bus Reset시 이전의 연결을 복원하는 연결 관리자(Connection Manager)와 네트워크에서 실제 전송 중인 스트리밍이 사용하는 대역폭을 측정해서 사용되지 않는 잉여 대역폭을 가용 대역폭으로 돌리는 일을 하는 Bandwidth Manager, 가용 대역폭이 부족할 경우를 위한 우선순위 스케줄러인 IS Scheduler, 각 디바이스를 편리하게 제어하기 위한 FCP Manager, 기기간의 연결 정보를 저장하는 Connection Repository와 네트워크 상의 각 디바이스의 정보를 담고 있는 Node Info. Repository로 구성되어 있다. 구현된 스트리밍 관리용 RTSM 미들웨어는 각각의 구성 요소가 긴밀히 동작하여 IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 효율적이고 원활한 멀티미디어 전송이 가능했다.

제안된 스트리밍 관리 서비스가 적용된 RTSM 미들웨어는 IEEE1394를 포함한 다양한 A/V 네트워크에서 스트리밍 서비스 관리 미들웨어나 등시성 자원 관리 유틸리티 구현에 참조할 수 있다. 현재

RTSM 미들웨어는 PC를 기반으로 간단하게 시험 구현하였으나, 홈 서버, 홈 Residential Gateway, Room Bridge 등에 포팅해서 실제 활용할 수 있도록 실용적인 스케줄링 알고리즘 및 관련 서비스를 구현할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] IEEE STd. 1394-1995, IEEE Standard for a High Performance Serial Bus, 1995
- [2] Howard Frazier, Howard Johnson, GIGABIT ETHERNET: From 100 to 1,000 Mbps, *IEEE Internet Computing*, Jan. 1999
- [3] Ian Oppermann, UWB: Theory and Application, *John Wiley & Sons*, Oct. 2004
- [4] Specification of Home Audio/Video Interoperability Architecture, Version 1.1, *HAVi, Inc.*, May 2001
- [5] Jack Chaney and Bill Rose, XHT: eXpandable Home Theater for a networked home, www.videsignline.com/howto/172302776, Sep. 2005
- [6] S.J. Kang, J.H. Park and S.H. Park, "ROOM-BRIDGE: a vertically configurable network architecture and real-time middleware for interoperability between ubiquitous consumer devices in home," *Lecture Notes in Computer Science*, 2218, pp. 232-251, Nov. 2001.
- [7] IEC61883-1~6 Consumer Audio/Video Equipment-Digital Interface, *International Electro-technical Commission*, 1998
- [8] HAVi, the A/V digital network revolution, *HAVi Organization*, pp. 3-4, 1999
- [9] 이희진, 민구봉, 김중권, "대용량멀티미디어 전송을 위한 IEEE1394 고속 직렬버스의 성능분석," *정보과학회 논문지*, 30(4), pp. 494-503, Aug. 2003.
- [10] 강성일, 이윤직, 이홍규, 강성봉, "IEEE-1394 버스의 가용 등시성 대역폭을 활용하기 위한 대역폭 홈치기와 ABR-1394 전송 모드," *한국정보처리학회논문지*, 6(6), pp. 1609-1621, June 1996.
- [11] Firespy 400 IEEE1394 Network Analyzer, Dapdesign Company Home Page 2006, <http://www.dapdesign.com/>, 2006.
- [12] Gi-Hoon Jung and Soon-Ju Kang, "Active Isochronous Resource Manager for Intense Dynamic Resource Allocation Service with IEEE1394," *IEEE transactions on Consumer Electronics*, Vol. 51 No. 2 ITCEDA, May 2005.
- [13] Dong-Kyu Lee, Joo-Young Oh, Jun-Ho Park, Hwa-Young Chae, Soon-Ju Kang, "Middleware for Isochronous Connection Management in IEEE1394-IEC61883 based Multimedia Home Network," *IEEE Transaction on*

Consumer Electronics, Vol. 51 No. 1, pp. 307-313, Feb. 2005.

- [14] AV/C Digital Interface Command Set, General Specification Version 4.0, *1394 Trade Association*, July 2001
- [15] IEEE Standard Control and Status Register (CSR) Architecture for Microcomputer Buses, *Publication of IEEE*, Sep. 2002
- [16] Eric W. Anderson, 1394 Open Host Controller Interface Specification Release 1.1, 6 Jan. 2000

채 화 영 (Hwa-young Chae)

준회원



2004년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 졸업
2006년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 석사
2006년~현재 : 삼성전자 연구원
<관심분야> 실시간시스템, 홈네트워크

정 기 훈 (Gi-hoon Jung)

정회원



2001년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 졸업
2003년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 석사
2004년 3월~현재 : 경북대학교
전자공학과 박사과정
2003년 1월~현재 : 경북대학교
디지털기술연구소 연구원
<관심분야> 홈네트워, AV시스템, IEEE1394, 실시간
시스템

강 순 주 (Soon-ju Kang)

중신회원



1983년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 졸업
1985년 2월 : 한국과학기술원 전
자계산학과 석사
1995년 2월 : 한국과학기술원 전
자계산학과 박사
1985년~1996년 : 한국원자력연
구소, 핵인공지능연구실 선임연구원(과책), 전산정
보실 선임연구원(실장)
1996년~현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보
통신전공 부교수
2000년~2001년 : University of Pennsylvania Dept. of
CIS. 방문연구교수
<관심분야> 실시간 시스템, 임베디드 시스템, 지식기반
시스템