

# IEEE1394 기반의 홈 네트워크에서 이벤트와 등시성 서비스의 실시간성 보장을 위한 소프트웨어 구조

박 동 환<sup>†</sup> · 오 봉 진<sup>††</sup> · 강 순 주<sup>†††</sup>

## 요 약

IEEE1394는 디지털 캠코더, 디지털 TV, 퍼스널 컴퓨터를 포함한 가정내의 디지털 네트워크를 구성하기 위한 대표적인 인터페이스이다. 최근 IEEE1394는 기존의 멀티미디어 데이터를 지원하는 장비의 인터페이스에서 벗어나 실시간성이 요구되는 제어 시스템에 적용이 되고 있으며 더불어 IICP(Instrument and Industrial Control Protocol)의 계층등 응용분야가 점차 확대되고 있다. 또한 홈 네트워크에서 제어 네트워크와 데이터 네트워크의 연동을 위해 기반 망으로 사용됨으로써 제어 네트워크에서 요구되는 실시간성의 보장이 IEEE1394에서도 요구되고 있다. 이 논문에서는 홈 네트워크에서 IEEE1394의 실시간성 보장을 위해 이벤트 채널 모델을 사용한 서비스의 우선순위에 따른 처리기법과 1394 디바이스 드라이버 레벨에서의 우선순위 보장을 위한 구조를 제안한다. 서비스의 우선순위에 따른 실시간성 보장기법은 서비스 이벤트의 우선순위에 따라 이벤트 채널을 통해 높은 우선순위 서비스의 예측가능성을 보장하며, 디바이스 드라이버 레벨에서는 우선순위 큐를 이용한 패킷의 전송과 등시성 전송을 위한 효율적인 버퍼관리 기법을 제공한다. 이러한 구조는 향후 IEEE1394기반의 홈 네트워크 미들웨어 뿐만 아니라 실시간 응용이 요구되는 다양한 어플리케이션과 서비스 등에 사용될 수 있을 것으로 보인다.

## Software Architecture of IEEE1394 Based Home Network for Guaranteeing Real-Time Characteristics of Isochronous Service and Event

Dong-Hwan Park<sup>†</sup> · Bong-Jin Oh<sup>††</sup> · Soon-Ju Kang<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

IEEE1394 is a de facto standard for the home network interfaces of digital multimedia home devices including digital A/V systems, digital camcorders, and PCs. Recently, it has been used in applications to guarantee the real-time characteristics such as home automation system and IICP (Instrument and Industrial Control Protocol). In order to guarantee real-time requirements in these IEEE1394-based real-time applications, this thesis proposes the software architecture of an IEEE1394 based home network that supports the guarantee for service's real-time characteristics. The proposed architecture has a real-time IEEE1394 device driver and event service architecture for guarantee real-time characteristics. The real-time device driver supports priority-based queueing of packets and mechanism to reduce the interrupt latency time in ISR. The event service architecture supports a real-time event delivery based on home network service using real-time event channel. This architecture can accommodate the real-time requirements of various applications and services such as digital multimedia services with QoS guarantees, home automation system required real-time characteristics.

키워드 : IEEE1394, 홈 네트워크(Home network), Real-time device driver

## 1. 서 론

최근 전자 통신 기술의 발전으로 인해 가정 내의 가전기 기들이 점차 디지털화, 지능화되고 있다. 이러한 가전 기기의 성능 향상에 더불어 통신 기능을 부여해 이들을 이용한 네트워크를 구성하여 각종 가전 기기들을 제어, 관리하는 홈

네트워크 기술의 개발이 활발이 진행되고 있다. 이러한 홈 네트워크를 구성하기 위한 프로토콜로 IEEE1394[1], LonTalk[2], Bluetooth[3]등이 현재 개발 또는 적용중이다. 이와 같이 다양한 기술과 표준들이 등장한 가운데 홈 네트워크의 구성과 서비스를 위한 요구 사항[4]인 네트워크 관리의 용이성, QoS (Quality of Service)의 보장, 액세스 망으로부터의 독립성, 설치 및 사용의 용이성, 디지털 오디오와 비디오 같은 멀티미디어 서비스에 대한 사용자의 요구 등을 가장 효과적으로 만족시키는 IEEE1394 기술이 홈 네트워크의 기반 프로토

<sup>†</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 정보가전연구부 연구원

<sup>††</sup> 정 회 원 : 한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어기술연구소 선임 연구원

<sup>†††</sup> 정 회 원 : 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 정보통신전공 교수

논문접수 : 2001년 8월 9일, 심사완료 : 2002년 5월 20일

콜로 대두되고 있다. IEEE1394 기술은 현재는 디지털 캠코더, 디지털 VCR, 또는 컴퓨터의 주변 기기에 대한 인터페이스로 활용되고 있으며 최근에는 가정용 게임기, 디지털 TV 등에도 표준 인터페이스로 채택되고 있다. 또한, 홈 오토메이션[5]이나 제어 기기의 인터페이스[6]로 활용하기 위한 연구가 진행 중에 있다. 이처럼 IEEE1394 기술의 적용 범위가 다양한 디지털 가전기기 분야로 확대됨에 따라 IEEE1394기반의 홈 네트워크를 구성, 관리하기 위한 소프트웨어에 대해서도 연구가 활발하게 진행되고 있다[7].

현재까지의 홈 네트워크 기술은 크게 제어 네트워크, 데이터 네트워크, AV 네트워크로 구분되어 연구가 진행되어 왔다. 그러나 최근에는 이처럼 상이한 네트워크사이의 연동을 위한 구조가 연구, 제안되고 있다[8]. 이러한 홈 네트워크의 연동구조는 프로토콜의 단일화가 이루어지지 않은 상황에서는 필수 불가결한 선택이다. 홈 네트워크에서 다른 네트워크 프로토콜사이의 연동을 위해서는 다른 네트워크 데이터를 손실 없이 전송할 수 있는 높은 대역폭을 가진 프로토콜이 기반망으로 사용되어야 하며 이를 지원하기 위해 IEEE1394가 홈 네트워크의 다양한 네트워크의 상호 연동을 위한 기반망으로 제안되고 있다.

하지만 IEEE1394에서는 기존의 AV기기 이외의 다양한 디바이스들에 대한 고려와 LonTalk에서 사용하는 것과 같은 프로토콜 레벨에서의 우선순위 보장과 같은 홈 네트워크 이벤트의 실시간성의 보장에 대해서는 연구가 미비한 실정이다. 홈 네트워크 이벤트의 실시간성 보장은 기존의 홈 오토메이션 시스템이나 각종 방법 경보 시스템에서 필수적으로 요구되는 사항이다. 따라서, IEEE1394 기반의 홈 네트워크에서는 멀티미디어 데이터에 대한 QoS보장과 다양한 기기들에서 발생하는 각종 이벤트들의 처리에 대한 실시간성 보장이 이루어져야 하며 이벤트의 실시간성 보장을 위해서는 응용 계층 뿐만 아니라 시스템 레벨에서의 실시간성 또한 보장되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고 실시간성 보장에 대한 요구를 만족시키는 IEEE1394기반 홈 네트워크에서의 실시간성 보장을 위한 구조를 제안한다. 제안하는 소프트웨어 구조는 홈 네트워크에서 발생하는 이벤트의 전송에 대한 실시간성 보장과 디바이스 드라이버 단계에서 멀티미디어 스트림의 QoS보장을 위한 스케줄링 기법을 가진다.

본 논문에서는 2장에서 IEEE1394의 특징과 IEEE1394기반 홈 네트워크 미들웨어에 관한 연구들에 대해 알아보고, 3장에서는 홈 네트워크에서의 실시간성 보장을 위한 설계 요건과 제안하는 홈 네트워크 소프트웨어 구조의 설계에 대해 설명한다. 4장에서는 제안된 실시간성을 보장하는 홈 네트워크 소프트웨어의 상세 설계에 대해서 살펴보고 5장에서는 제안된 소프트웨어의 구현과 이를 통하여 제안한 구조의 성능을 평가하고, 6장에서 결론을 맺는다.

## 2. 기본개념 및 관련연구

### 2.1 IEEE1394

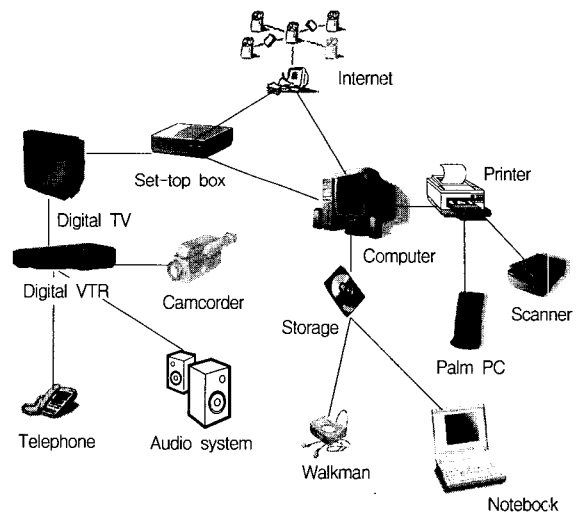
IEEE1394는 100Mbps, 200Mbps 및 400Mbps의 전송 속도를 지원한다. 이는 전송 속도가 서로 다른 노드들 사이에서도 중재를 통해 하나의 버스를 통하여 전송이 가능하며, 서로간의 효율적인 전송이 보장되도록 버스 초기화 과정에서 버스의 대역폭을 조절한다. IEEE1394의 전송방식은 비동기 전송방식과 동시성 전송방식의 두 가지를 동시에 지원한다. 비동기 전송방식은 여러 처리 기능을 가지고 있어 신뢰성 있는 전송을 보장한다. 동시성 전송방식은 멀티미디어와 같은 실시간 전송에 적합하며 이를위해 전송 전에 필요한 대역폭을 동시성 자원 관리자(Isochronous Resource Manager)로부터 할당 받는다. 동시성 전송 방식은 주어진 대역폭으로 정확한 시간에 스트림을 전송하여 멀티미디어 데이터의 전송에 필요한 QoS를 보장한다.

IEEE1394는 버스가 동작중일 때에도 노드의 추가와 제거가 가능한 핫 플러깅(Hot Plugging)을 지원한다. IEEE1394버스는 노드의 추가나 제거로 인해 버스 상에 변화가 생기면 전체 버스의 동작을 초기화 함으로써 새로운 노드의 추가나 기존 노드의 제거에 대응하며 버스 초기화 과정 이후에는 모든 노드에 새로운 노드 주소를 할당한다. IEEE1394는 IEEE1212의 주소 체계에 따라 각 기기의 상태를 알 수 있고 제어가 가능하다. IEEE1394에서는 하나의 네트워크에 1024개의 버스와 각 버스마다 64개의 디바이스가 연결될 수 있는 주소 체계를 가지고 각 노드는 256테라 바이트의 주소공간을 가진다.

### 2.2 IEEE1394 기반 홈 네트워크 미들웨어

#### 2.2.1 IEEE1394 기반의 홈 네트워크

IEEE1394 인터페이스를 홈 네트워크의 망으로 사용하는 표



(그림 1) IEEE1394기반의 홈 네트워크 구성도

준에는 HAVi[9], DAVIC[10], VHN[11], HWW, UPnP[12] 등이 존재한다. 이들은 홈 네트워크의 통신 프로토콜로 IEEE 1394만을 사용하거나 IEEE1394, IP over 1394, TCP/IP 그리고 Bluetooth와 같은 다른 통신 프로토콜을 혼용하여 사용한다.

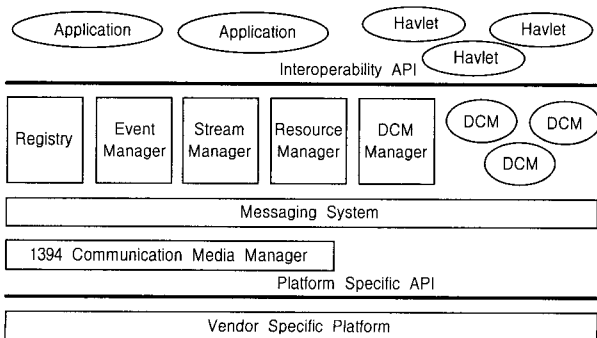
(그림 1)은 IEEE1394만을 통신 프로토콜로 사용하는 IEEE1394기반의 홈 네트워크를 나타낸다. 이는 외부 망과의 연계를 위하여 셋탑 박스나 컴퓨터를 사용하고, 홈 네트워크 내부망은 IEEE1394를 이용하여 네트워크를 구성한다.

IEEE1394 기술은 네트워크의 구성과 관리가 쉽고 등시성 통신의 지원으로 인해 다양한 멀티미디어 데이터 통신이 가능하다는 장점과 더불어 적용범위가 단순 디지털 AV기기에서 다양한 통신기기와 제어기기로 확대됨으로 인해 홈 네트워크의 기본 망으로 자리잡고 있다.

### 2.2.2 HAVi

HAVi는 가정에 있는 IEEE1394네트워크를 통해 다양한 제조사와 상표의 디지털 오디오와 비디오 장치 간의 상호 운용성(Interoperability)을 제공해주는 소비 전자 산업 표준이다. 이는 Sony, Philips등의 회사들이 주축이 되어 홈 네트워크 제품을 만들기 위해 개발한 미들웨어 구조로 독자적인 프로토콜과 API를 가지고 있고 IEEE1394를 기반으로 한다.

HAVi구조에서는 서비스들이 소프트웨어 요소(Software Element)라 불리는 객체로 모델링 된다. 이들은 상호 운용 가능한(Interoperability) API를 제공하며, 이 API를 이용하여 홈 네트워크 상에서 분산 어플리케이션을 구현할 수 있다. (그림 2)는 HAVi의 시스템 구조에 관한 것으로, 1394CMM (Communication Media Manager)는 다른 소프트웨어 요소들이 IEEE1394를 통하여 비동기 통신과 등시성 통신이 가능하게 하며 Messaging System은 소프트웨어 요소들간의 메시지 전달을 담당한다. Event Manager는 이벤트 전달 서비스를 제공하고 여기서의 이벤트는 홈 네트워크이나 오브젝트의 상태 변화를 의미한다. Stream Manager는 각 컴포넌트 간의 AV스트림의 실시간 전송을 관리하며 Registry는

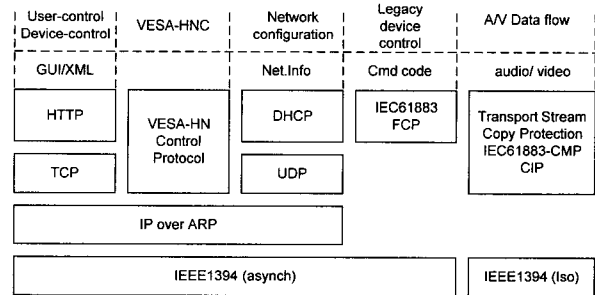


(그림 2) HAVi 시스템 구성도

홈 네트워크상의 다른 오브젝트를 찾는 디렉토리 서비스를 제공한다. DCM(Device Control Module)은 디바이스를 제어하는 소프트웨어 요소이며 DCM Manager는 디바이스에 DCM 코드를 설치하고 제거하는 기능을 한다.

### 2.2.3 HWW

HWW(Home Wide Web)은 1997년 SIPHER(Samsung IP based Home Theater)이라는 이름을 가지는 프로젝트로 시작되었다. (그림 3)은 HWW에서 제안하는 프로토콜 스택을 나타낸다.



(그림 3) HWW의 프로토콜 스택

HWW에서 제안하는 프로토콜 스택에 관해 살펴보면, 사용자와 기기의 제어를 위한 HTTP기반의 HTML/XML을 이용한 방법, 다음으로 VESA에서 정의한 제어 프로토콜, DHCP를 이용한 네트워크의 구성, 기존의 IEEE1394기기의 제어를 위한 IEC61883 FCP(Function control Protocol), 마지막으로 A/V Data 전송을 위한 프로토콜로 나뉘어 진다.

HWW의 장점으로는 HTTP프로토콜을 이용해 단지 문서의 송수신만으로 디바이스의 제어가 가능하므로 클라이언트 기기가 서버 기기의 기능에 대해 어떠한 정보도 갖지 않아도 되고, 따라서 AV/C CTS(AV Control Command and Transaction Set)과 같은 많은 명령어 코드를 구현하지 않아도 된다. 또한 TCP/IP를 사용하기 때문에 다른 매체를 사용하는 이기종 네트워크와도 호환이 가능하다. 반면, 단점으로는 HTTP연결의 특성상 HTML문서의 수신 후 연결이 끊어지므로 이벤트 통보 메커니즘의 구현이 힘들며 모든 가전기기에 IP가 할당되어야 한다는 점이 문제점으로 부각되고 있다.

## 3. 실시간성 보장을 위한 요구 분석 및 제안된 소프트웨어의 구조

### 3.1 IEEE1394기반 홈 네트워크에서 실시간성 보장의 필요성

지금까지의 IEEE1394기반 홈 네트워크와 이를 구성, 관리하는 소프트웨어는 대부분 AV기기와 컴퓨터의 연결, 그리고 이들의 제어와 구동에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 이러한 연구는 IEEE1394 인터페이스 기술이 사용되고 있는

디바이스의 종류가 디지털 캠코더와 디지털 오디오, 디지털 TV와 같은 AV기기와 컴퓨터 주변 기기에 한정되었기 때문이다. 이처럼 IEEE1394가 제한된 분야에 적용된 이유는 이를 단순 가전기구나 제어기기에 내장시키기에는 비용이 많이 소요되고 고속의 전송속도를 지원하기 위한 기술에 한계가 있었기 때문이다. 하지만 집적회로 기술의 발전과 이로 인한 비용감소로 인해 IEEE1394기술을 AV를 포함하여 다양한 다른 가전기기와 제어기기에 내장하기 쉬워졌으며 최근 이를 홈 네트워크의 기본 망으로 사용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

지금까지의 홈 네트워크 기술은 제어 네트워크, 데이터 네트워크, AV 네트워크이 각기 서로의 영역을 확보하여 개발되고 있지만 실제로 가정 내에 이들 네트워크들이 독자적으로 관리되는 것은 효율성이 떨어지며, 비용상승이 요구된다. 따라서, 이들 네트워크를 하나의 기반 네트워크에 흡수하여 서로 간의 유연한 연동을 지원하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이 가운데 가장 대역폭이 크며, 각 네트워크의 특징을 효율적으로 반영할 수 있는 프로토콜인 IEEE1394가 기반 망으로 제안되고 있다.

제어 네트워크에서 사용되는 계측기기를 이용한 네트워크 구성은 기존의 AV기기와 컴퓨터의 연결과는 다른 특징을 가진다. 가정 내에서 제어 네트워크에 연결되는 장비에는 서비스의 실시간성을 보장해야 하는 방법 시스템, 경보 시스템 등이 존재할 수 있다. 현재 제어 네트워크에 사용되는 프로토콜인 LonTalk은 빌딩 자동화를 위해 개발된 프로토콜로 네트워크 패킷에 우선순위를 부여할 수 있으며 이에 기반한 우선순위 스케줄링이 가능하다. 이러한 프로토콜 상에서 패킷 단위의 우선순위의 지원은 제어 네트워크에서의 실시간성 보장에 중요한 요소가 된다.

또한 방법이나 경보시스템 같은 서비스의 응급도가 높은 시스템도 사용자에게 의해 동적인 감시와 제어를 위해 멀티미디어 데이터의 사용이 요구되며, 이러한 요구를 만족시키기 위해서는 LonTalk과 같은 제어 전용망이 아닌 IEEE1394와 같은 높은 대역폭을 가진 망과의 연동이 요구된다. 따라서 IEEE1394를 가정 내 AV기기의 네트워크뿐만 아니라 홈 오토메이션과 가정 관리 시스템의 기본 망으로 사용하기 위해서는 멀티미디어 데이터에 대한 실시간성 보장과 우선적인 서비스가 요구되는 방법, 경보 등의 서비스에 대해 응급도에 따른 실시간성 보장이 이루어져야 한다.

### 3.2 IEEE1394기반 홈 네트워크에서 실시간성 보장을 위한 설계 요건

IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 실시간성의 보장을 위해서는 홈 네트워크에서 사용되는 서비스들의 처리에 우선순위가 보장되어야 하며, 이를 위해서는 디바이스 드라이버를 포함하는 시스템 레벨에서의 실시간성 보장뿐만 아니라 홈

네트워크를 구성, 관리하는 소프트웨어인 미들웨어에서의 실시간성 보장 또한 이루어져야 한다.

IEEE1394디바이스 드라이버 단계에서 패킷 전송의 실시간성을 보장하기 위해서는 우선순위 기반의 패킷 처리구조를 가져야 한다[13, 14]. 윈도우나 리눅스와 같은 일반적인 운영체제에서 사용하는 IEEE1394디바이스 드라이버는 FIFO 큐를 사용하여 응용 프로그램이나 서비스의 우선 순위와는 무관하게 패킷을 처리하고 있다. 이러한 방식은 큐로 전달되는 순서대로 패킷이 처리되기 때문에 낮은 우선순위를 가진 패킷이 높은 우선 순위를 가진 패킷보다 먼저 큐로 전달되어서 높은 우선 순위를 가진 패킷이 자신보다 먼저 큐로 들어온 모든 패킷이 처리되기를 기다리게 되는 경우가 발생한다. 또한, 인터럽트 서비스 루틴에서 프로토콜 처리의 지연으로 인해서도 높은 우선순위를 가지더라도 나중에 도착한 경우 패킷의 처리가 늦어지게 된다. 이로 인해 큐 내부에서는 낮은 우선순위를 가진 패킷이 높은 우선순위를 가진 패킷보다 먼저 서비스가 되는 패킷 단위에서의 우선순위 역전현상이 발생하게 된다. 이러한 우선순위 역전현상은 높은 우선순위를 가진 패킷의 실시간성 보장을 어렵게 만든다. 그러므로 디바이스 드라이버는 패킷 처리구조에서 우선순위 기반의 큐를 사용함으로써 높은 우선순위를 가진 패킷이 예측 가능한 시간 안에 처리되도록 해야 한다.

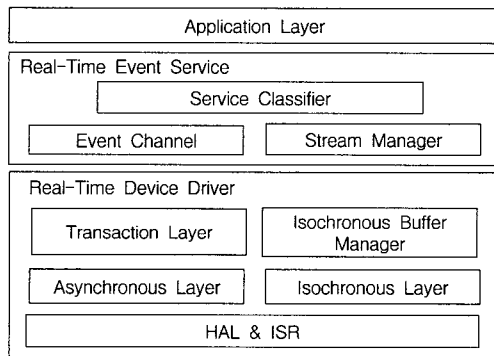
또한 디바이스 드라이버는 복잡한 네트워크 프로토콜을 처리해야 하기 때문에 인터럽트 서비스 루틴에서의 지연시간을 단축시킬 수 있는 구조를 가져야 한다. IEEE1394는 다양한 형태의 비동기 패킷들을 정의하고 있으며 일반적으로 디바이스 드라이버에서는 패킷의 분석과 처리를 인터럽트 서비스 루틴에서 수행한다. 하지만, IEEE1394와 같이 복잡한 패킷을 분석하고 처리하는 과정을 인터럽트 서비스 루틴에서 수행한다면 패킷의 처리에 소요되는 시간이 길어지게 된다. 그리고, 낮은 우선순위를 가진 패킷의 긴 프로토콜 처리 시간으로 인해 높은 우선순위를 가진 패킷의 처리가 지연되며 이로 인해 높은 우선순위를 가진 패킷을 예측 가능한 시간 내에 처리할 수 없게 된다. 그러므로 인터럽트 서비스 루틴에서의 프로토콜 처리를 최소화하고 시간이 많이 소비되는 프로토콜의 처리와 패킷의 분석은 사용자 스레드로 작업을 이전함으로써 인터럽트 서비스 루틴에서의 시간 지연을 최소화 할 수 있다. 이 경우 최소한의 인터럽트 서비스 루틴의 처리를 거친 패킷들은 우선순위 큐를 통해 전달되어 우선순위에 따라 프로토콜과 패킷의 처리를 할 수 있다.

홈 네트워크를 구성, 관리하는 미들웨어 소프트웨어에서의 실시간성 보장을 위해서는 네트워크나 응용 계층에서 발생하는 서비스에 대해 서비스의 우선 순위에 따른 이벤트의 처리가 이루어져야 한다. 여러 개의 응용 소프트웨어에서 발생하는 이벤트들이 발생하는 순서에 따라 디바이스 드

이버에 의해 처리된다면 응용 소프트웨어의 우선순위 배정에 의한 처리만이 보장된다. 이처럼 응용 소프트웨어의 우선순위를 보장하는 경우, 하나의 응용 소프트웨어 객체에서 여러 개의 서로 다른 우선순위를 가진 이벤트가 발생하는 홈 네트워크와 같은 시스템에서는 이벤트 단위의 실시간성 보장이 이루어지지 못하게 된다. 따라서, 홈 네트워크에서 발생하는 이벤트를 디바이스의 종류와 이벤트 처리 서비스의 종류에 따라 서비스를 분류하고 서비스의 우선순위에 따른 이벤트의 처리가 수행되어야 한다.

### 3.3 제안된 실시간성을 보장하는 홈 네트워크 소프트웨어 구조 개요

제안하는 홈 네트워크 소프트웨어는 응용 소프트웨어의 서비스 종류에 따른 이벤트의 분류와 응급도에 따라 실시간 서비스 제공을 위한 구조를 가지고 있다. (그림 4)는 제안하는 IEEE1394기반 홈 네트워크의 전체 소프트웨어 구조를 나타내고 있으며 크게 실시간 디바이스 드라이버부와 실시간 이벤트 서비스부로 나눌 수 있다.



(그림 4) 제안하는 홈 네트워크의 전체 소프트웨어 구조

실시간 이벤트 서비스부는 네트워크에서 발생하는 이벤트 또는 응용 프로그램에서 생성되는 이벤트의 응급도에 따라 이들의 실시간 특성을 보장하기 위한 이벤트 처리부이다. 디바이스 드라이버부는 패킷의 입출력부와 프로토콜 처리부에서 상위의 응용프로그램들의 실시간 특성을 보장하는 IEEE1394 디바이스 드라이버이다.

IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 디바이스의 제어를 위한 명령어의 전송은 비동기 통신에서 담당하고 이들은 소프트웨어 객체에서 생성되어 제어할 각 디바이스에 이벤트의 형태로 전송된다. 홈 네트워크에서 제공되는 서비스는 서비스의 종류와 제어 디바이스에 따라 서비스 ID를 분류할 수 있다. 서비스는 등시성 전송을 요구하는 서비스와 비동기 전송을 요구하는 서비스의 응급도에 따라 분류를 한다.

등시성 전송을 요구하는 서비스는 스트림 서비스를 통해 실시간 IEEE1394디바이스 드라이버로 전송이 되며 등시성 전송에 필요한 자원의 관리와 버퍼의 스케줄링은 디바이스

드라이버에서 담당한다. 비동기 전송을 요구하며 응급도에 따라 분류된 서비스는 실시간 이벤트 서비스를 통해 우선순위가 보장되어 IEEE1394디바이스 드라이버를 통하여 전송이 된다.

실시간 이벤트 서비스는 이벤트 채널을 이용하여 서비스의 실시간성을 보장한다. 실시간 이벤트 서비스에 사용되는 이벤트 채널은 서비스 ID에 따라 여러 개의 큐를 가지고 있으며 각각의 큐는 서비스의 응급도에 따라 우선순위를 가지게 된다. 따라서 우선순위가 높은 큐로 전달되는 이벤트는 이벤트 전송의 실시간성이 보장되며, 전달 받은 이벤트 또한 우선순위에 따라 서비스가 이루어 지게 된다.

## 4. 소프트웨어 구조설계

### 4.1 실시간 이벤트 서비스 구조

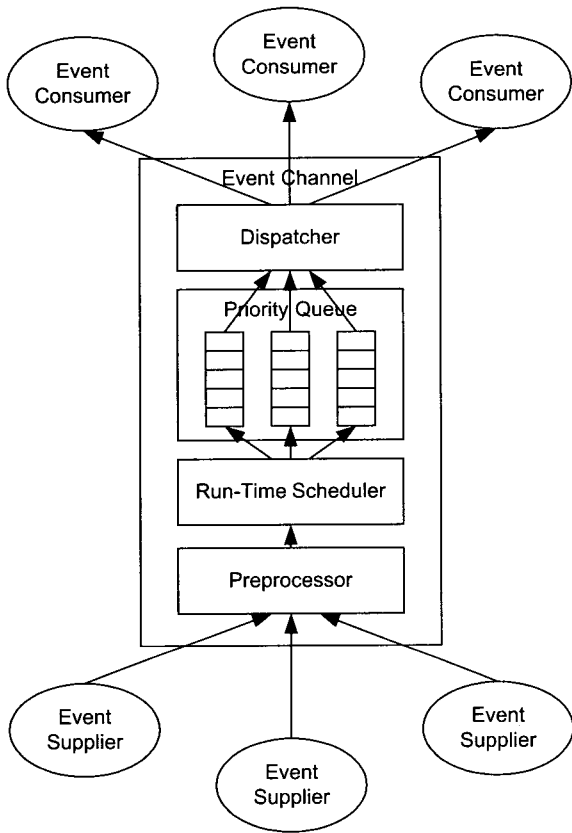
#### 4.1.1 IEEE1394 서비스의 정의

IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 제공되는 서비스는 비동기 통신 서비스, 등시성 통신 서비스, 버스 관리 서비스의 세가지로 구분된다. 비동기 통신 서비스는 디바이스의 제어를 위한 통신 서비스로 디바이스의 종류와 이벤트의 응급도에 따라 우선순위가 부여된다. 버스 관리 서비스는 IEEE1394버스에 연결된 노드들의 재구성과 디바이스 관리에 사용되는 노드의 연결정보와 디바이스의 하드웨어 정보, 그리고 디바이스 제어 소프트웨어 정보를 취득하기 위한 이벤트들이 포함된다. 또한 제어 네트워크와 데이터 네트워크의 연동을 위한 네트워크로 사용될 경우 제어 네트워크에서 사용되는 기기를 제어, 감시 하기 위한 각종 메시지와 데이터 네트워크에서 전송, 또는 수신하기 위해 사용되는 데이터들이 비동기 통신 서비스를 이용하여 통신한다. 이와 같은 비동기 통신 서비스와 버스 관리 서비스들은 사용하는 목적에 따라 서비스와 어플리케이션에 우선순위가 부여되고 이들은 이벤트 채널에 의해 우선순위에 따른 실시간성이 보장된다. 등시성 통신 서비스는 이벤트 채널에 의해 실시간성이 보장되는 것이 아니라 디바이스 드라이버에서 채널에 따른 효율적인 버퍼관리를 수행함으로써 실시간성이 보장된다. 등시성 통신 서비스는 스트림의 수신과 전송을 위한 서비스로써 이벤트의 실시간성 보장을 위한 이벤트 채널 구조에는 사용되지 않는다.

IEEE1394기반 홈 네트워크에서 사용되는 서비스는 확장성과 실시간성을 보장하기 위한 구조로 설계된다. 이들 서비스는 객체로써 이벤트 채널에 전달되고 이벤트 채널을 거친 서비스 이벤트는 디바이스 드라이버의 API를 호출하여 패킷 형태로 전달된다. 또한 수신과정에서 패킷 형태로 전송된 서비스 이벤트는 새로운 서비스 객체를 생성하여 변수를 할당함으로써 상위 어플리케이션에서 객체 형태로 사용할 수 있도록 한다.

4.1.2 이벤트 채널 구조

실시간 이벤트 서비스를 위해 제안하는 홈 네트워크 구조에서는 CORBA의 이벤트 채널 구조를 기본 개념으로 사용한다. 홈 네트워크의 모든 이벤트들을 서비스 단위로 분류되고 각 서비스에 해당하는 우선순위를 이벤트가 부여 받아 이에 기반한 스케줄링이 이벤트 채널에서 수행된다. 이벤트 채널은 각 서비스가 가지는 우선순위에 따라 이벤트를 이벤트 소비자에게 전달하고 이에 따라 서비스의 실시간성을 보장하게 된다. 제안된 홈 네트워크에서 사용되는 이벤트 채널은 (그림 5)와 같은 구조를 가진다.



(그림 5) 이벤트 채널 구조

이벤트 채널 구조는 이벤트 공급자(event supplier), 전처리기(preprocessor), 실시간 스케줄러(run-time scheduler), 우선순위 큐(priority queue), 전달기(dispatcher), 그리고 이벤트 소비자(event consumer)로 구성된다.

이벤트는 소프트웨어 모듈에서 비동기적으로 발생하는 정보를 말하며 이벤트 공급자는 이벤트를 생성하는 태스크로 소프트웨어 모듈 또는 다른 노드에서 전달된 이벤트나 메시지를 이벤트 채널로 전송하는 디바이스 드라이버의 태스크가 될 수 있다. 이벤트 소비자는 이벤트 공급자에서 발생한 이벤트를 처리하는 태스크이며 서비스의 분류에 따라 디바이스 드라이버의 태스크나 소프트웨어 객체를 호출한다. 이벤트 공급자와 소비자의 주소는 이벤트 소비자 저장

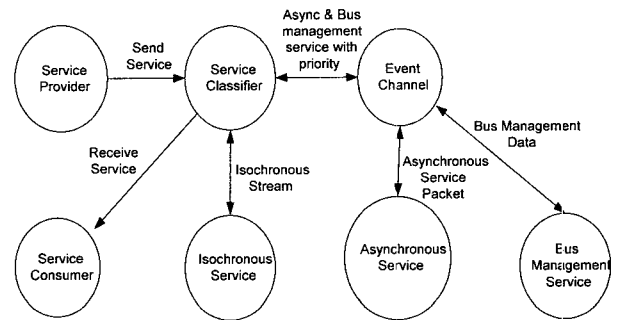
소(Event Consumer Repository)에 등록되어야 한다.

전처리기는 이벤트 채널에 생성자와 소비자가 자신을 채널에 등록하는 부분이다. 전처리기에서 공급자에서 발생한 이벤트의 최종 소비자와 우선순위를 결정하고 이벤트는 실행시간 스케줄러에 의해 우선순위 큐로 전달된다. 그리고 이벤트 전달부는 우선순위에 따라 우선순위 큐로부터 전달된 이벤트를 해당하는 이벤트 소비자에게 전달하는 역할을 수행한다.

실시간 이벤트 서비스에서 사용되는 이벤트 채널의 우선순위 큐는 서비스의 종류에 따라 다수의 FIFO큐를 가지게 되고 각 FIFO큐는 서로 다른 우선순위를 가진다. 따라서 같은 서비스를 이용하는 이벤트는 동일한 우선순위를 가지고 먼저 발생한 순서에 따라 서비스가 이루어지며, 다른 서비스를 이용하는 이벤트는 서비스의 종류에 따라 서로 다른 우선순위를 가지게 되고 높은 우선순위의 서비스가 낮은 우선순위의 서비스보다 먼저 이루어 지게 된다. 그러므로 제안된 홈 네트워크 소프트웨어 구조에서는 이벤트가 정의된 서비스의 우선순위에 따른 실시간성이 보장된다.

이벤트 전달부는 서비스의 우선순위를 가진 이벤트들을 우선순위에 따라 이벤트 소비자에게 전달하는 역할을 수행하게 된다. 이벤트 공급자에서 생성된 이벤트가 이벤트 채널로 전달되면 전처리기에서 이벤트 소비자를 찾게 되고 해당하는 서비스의 우선순위에 따라 우선순위 큐로 전달된다. 그리고, 이들은 이벤트 전달부에 의해 이벤트 소비자에게 전달된다.

(그림 6)은 IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 서비스의 전달을 나타내는 자료 흐름도이다.



(그림 6) 홈 네트워크에서의 서비스 전달 자료 흐름도

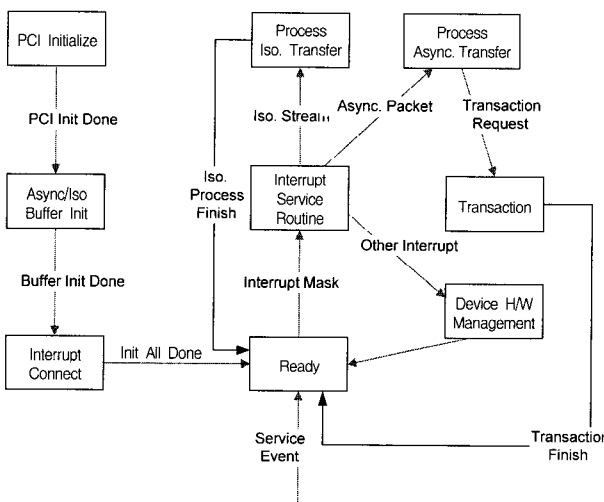
서비스 분류기는 서비스 공급자가 발생 시키는 서비스와 서비스 소비자가 제공받는 서비스의 종류에 따라서 서비스를 분류하고 디바이스와 서비스의 종류를 고려하여 서비스에 우선순위를 부여하는 역할을 수행한다. 만일, 서비스가 동시성 통신 서비스라면 서비스 분류기는 동시성 전송에 대해 우선순위를 부여하지 않고 디바이스 드라이버에서 제공하는 동시성 서비스로 스트림의 처리를 넘긴다. 우선순위가 부여된 비동기 통신 서비스와 버스 관리 서비스의 이벤

트들은 우선순위를 가지고 이벤트 채널로 보내지고 이벤트 채널에서 이벤트의 실시간성을 보장하기 위한 작업이 수행된다.

4.2 실시간성을 보장하는 IEEE1394 디바이스 드라이버의 구조

4.2.1 1394OHCI디바이스 드라이버의 개요

실시간성을 보장하는 IEEE1394 디바이스 드라이버는 IEEE 1394네트워크를 통해 다른 노드로부터 수신된 비동기 패킷을 응용프로그램의 우선순위에 따라 예측 가능한 시간 안에 응용체계에 전달하고, 응용 프로토콜과 프로그램으로부터 전송 요청을 받은 패킷은 우선순위에 따라 예측 가능한 시간 안에 다른 노드로 전달하는 역할을 한다. 개발된 IEEE1394디바이스 드라이버[15]는 IEEE1394의 OHCI(Open Host Controller Interface) 표준[16]을 따른다. (그림 7)은 1394 OHCI 표준을 따르는 실시간성을 보장하는 디바이스 드라이버의 태스크 구조도이다.



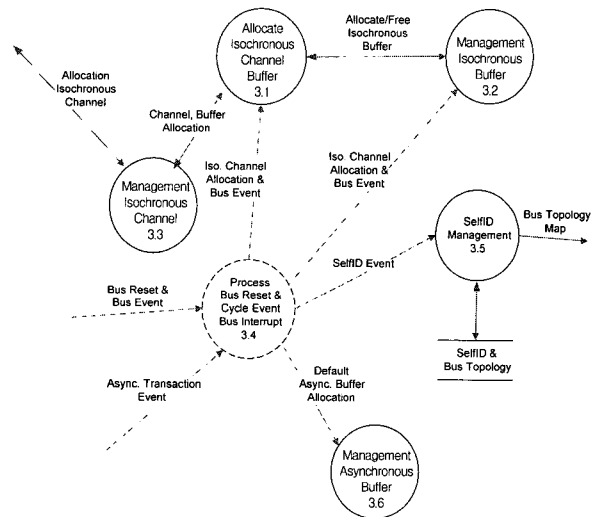
(그림 7) 실시간성을 보장하는 1394OHCI디바이스 드라이버의 태스크 구조도

1394 OHCI는 기존의 다양한 방식으로 제작되던 IEEE1394 칩에서 소프트웨어와의 연계가 필요한 링크계층에 대해 효율적인 구조를 제안하고 소프트웨어와의 인터페이스에 대하여 표준을 정의한다. 1394OHCI는 비동기 패킷의 전송에서 요청 패킷과 응답 패킷의 전송을 각각의 DMA를 이용하여 따로 전송함으로써 어느 한쪽의 전송 지연으로 인해 요청이나 응답이 늦어지는 현상을 제거하였다.

4.2.2 동시성 자원 관리자

1394OHCI 디바이스 드라이버는 동시성 전송을 위해 사용되는 동시성 자원관리자로서의 기능을 효율적으로 제공한다. 일반적으로 동시성 자원관리자에 의한 가용 채널의 할당은 1394의 CSR(Control and Status Register)의 CHA-

NNEL\_AVAILABLE 레지스터의 값을 읽어 가용 채널이 있는지 확인한 후, 가용 채널이 존재한다면 채널 번호를 가지고 잠금(Lock) 트랜잭션을 수행하여 채널을 할당 받아야 한다. 또한 동시성 전송을 위해서는 대역폭 또한 할당받아야 하는데 대역폭의 할당도 채널 할당과 마찬가지로 BANDWIDTH\_AVAILABLE 레지스터의 값을 읽어서 사용할 대역폭 만큼의 값을 빼는 것으로 할당이 이루어진다. 하지만 이러한 과정이 빈번히 사용되는 동시성 전송의 특성에 비추어 볼 때 작업의 수행에 따른 오버헤드가 상당히 부담이 되는 작업이다. 1394OHCI디바이스 드라이버에서는 채널할당과 대역폭할당에 필요한 작업을 하드웨어에게 넘기고 동시성 자원관리자와 동시성 전송 관리자는 전송에 필요한 버퍼의 적절한 할당과 동시성 전송 주기에 기반한 우선순위를 이용한 버퍼제어와 전송의 스케줄링을 담당한다. (그림 8)은 동시성 자원관리와 IEEE1394버스 관리부의 자료 흐름도이다.



(그림 8) 동시성 자원관리와 버스관리부의 자료 흐름도

4.2.3 비동기 전송부와 ISR에서의 우선순위 보장 구조

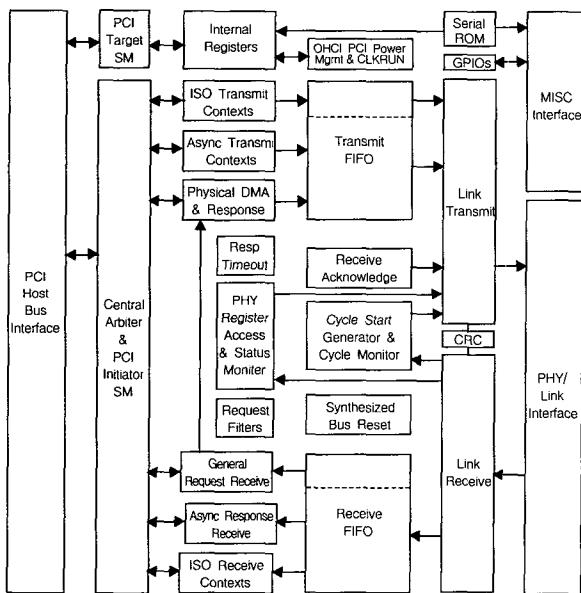
기존의 범용 OS에서 사용되는 IEEE1394 디바이스 드라이버는 패킷의 처리에 있어서 FIFO큐를 사용하여 패킷이 가지는 우선순위에 관계없이 전송 받거나 발생하는 순서에 따라 패킷을 처리하게 되어있다. 이러한 구조는 먼저 큐에 들어온 패킷보다 더 높은 우선순위를 가지는 패킷을 우선적으로 처리할 수는 없는 구조를 가진다. 즉, 큐의 내부에서 패킷에 대한 우선순위 역전현상이 발생하여 높은 우선순위를 가지는 패킷이 예측 가능한 시간 내에 처리되지 못하는 결과를 낳게 된다. 따라서 패킷을 우선순위에 따라 처리하기 위해 우선순위 큐를 사용하여 FIFO큐의 사용으로 인한 우선순위 역전현상을 제거하였다. 또한 ISR(Interrupt Service Routine)에서의 복잡한 프로토콜의 처리로 인한 패킷의 처리 지연을 방지하기 위해 복잡한 비동기 패킷의 프

로토콜 처리를 ISR에서 하지 않고 상위의 태스크로 작업을 이전함으로써 높은 우선순위를 가진 패킷이 그보다 우선 순위가 낮은 패킷의 ISR에서의 처리로 인해 발생하는 지연을 사전에 방지하여 높은 우선 순위를 가진 패킷의 처리가 항상 효율적으로 이루어 지게 하였다.

### 5. 구현 및 검증

#### 5.1 구현

제한한 홈 네트워크의 관리와 제어를 위한 소프트웨어와 실시간성을 보장하는 IEEE1394 디바이스 드라이버를 Wind-River Systems사의 실시간 운영 체제인 VxWorks[17]기반에서 구현하였다. 하드웨어는 인텔사의 펜티엄 프로세서 기반의 단일 보드 컴퓨터를 플랫폼으로 사용하였으며, IEEE 1394카드는 1394 OHCI 1.0요구를 만족하는 TI(Texas Instrument)의 TSBKOHCI403와 MotionIO사의 PC104-plus규격의 카드를 사용하였다. 이들은 링크계층 칩으로 TI사의 TSB12LV23을 사용한다. (그림 9)는 TSB12LV23내부의 블록도이다.



(그림 9) TSB12LV23의 블록도

이는 400Mbps의 전송속도를 지원하며, 동시성 통신에서 수신과 전송측 각각 32개의 DMA채널을 지원한다. 그리고, 비동기 통신을 위해서 요구와 응답을 위한 각각의 DMA채널을 가지고, SelfID데이터의 수신을 위한 DMA채널을 따로 두고 있다.

실시간성을 보장하는 디바이스 드라이버는 C언어를 사용하여 구현하였으며, 홈 네트워크 소프트웨어는 Java언어를 사용하여 구현하였다. 디바이스 드라이버는 C와 Java를 위한 API를 각각 가지고 있으며, C언어와 Java언어와의 인터페

이스를 위해 JNI(Java Native Interface)를 사용하였다.

일반적으로 IEEE1394에서는 물리계층과 링크계층의 패킷 전송은 하드웨어로 처리를 한다. 따라서 1394 OHCI디바이스 드라이버는 링크계층의 제어를 위한 인터페이스 계층과 인터럽트 처리부, 비동기 송수신부, 동시성 송수신부, 트랜잭션 처리부, 그리고 버스 관리부를 구현하였다. 그리고 구현된 디바이스 드라이버의 위에 네트워크의 동적 재구성을 위한 디바이스 관리부와 서비스의 실시간성 보장을 위한 실시간 이벤트 서비스부를 구현하였다.

#### 5.2 검증

홈 네트워크 서비스 이벤트의 실시간 특성은 우선순위가 서로 다른 서비스에 해당하는 이벤트의 전달 특성을 조사함으로써 평가할 수 있다. 제한한 소프트웨어 구조를 사용하여 이벤트의 전달 특성을 구현하였을 경우와 이벤트 채널의 사용이 없이 단지 이벤트의 발생 순서에 따라 우선순위를 보장하지 않는 디바이스 드라이버에서 처리하는 경우를 비교하여 우선순위가 서로 다른 이벤트 전송 평균시간과 변이시간을 측정하였다. 제한한 소프트웨어 구조의 성능 평가를 위해 우선순위 큐를 가지지 않고 일반적인 FIFO큐를 가지는 디바이스 드라이버를 제작하였다.

먼저 일반적인 FIFO큐를 가지는 디바이스 드라이버와 이벤트 채널 구조를 사용하지 않는 홈 네트워크 소프트웨어에서 우선순위를 가지는 서비스 이벤트의 전송 평균시간과 변이시간을 측정하였다. 서비스 이벤트의 우선순위 레벨은 3단계로 구분하였으며, 각각의 우선순위를 가진 이벤트에 대해 100개씩 이벤트를 생성시켰다. <표 1>은 실시간성을 보장하지않은 홈 네트워크 소프트웨어에서 이벤트의 전달 특성을 나타낸다.

<표 1> 실시간성을 보장하지 않은 홈 네트워크에서의 이벤트 전달 특성

	High priority	Middle Priority	Low priority
Mean	3.640ms	3.743ms	3.592ms
Standard deviation	692s	795rns	726rns

위와 같은 방식으로 제한한 홈 네트워크 소프트웨어 구조를 적용하였을 경우의 우선순위를 가지는 서비스 이벤트의 전송 평균시간과 변이시간을 측정하였다. <표 2>는 실시간성을 보장하는 제한한 홈 네트워크 소프트웨어 구조에서의 이벤트 전달 특성을 나타낸다.

<표 2> 제한한 홈 네트워크 소프트웨어에서의 이벤트 전달 특성

	High priority	Middle priority	Low priority
Mean	0.73ms	3.382ms	7.442ms
Standard deviation	272s	1576s	2074s



두 실험의 결과를 비교해 보면 제안한 홈 네트워크 소프트웨어에서는 우선순위가 높은 이벤트의 경우 전송 평균시간이 우선순위가 높은 이벤트에 비해 짧으며, 변이가 아주 작다. 이에 비해 실시간성을 보장하지 않는 홈 네트워크 소프트웨어에서의 이벤트 전달 특성을 보면, 우선순위에 상관없이 모두 비슷한 전송 평균시간과 변이를 가진다. 즉, 제안한 홈 네트워크 소프트웨어구조를 이용하여 우선순위가 높은 이벤트의 예측가능성을 높일 수 있다.

## 6. 결 론

본 논문에서는 IEEE1394기반의 홈 네트워크에서 서비스의 실시간성 보장을 위한 요구분석과 이를 만족시키기 위한 실시간성을 보장하는 IEEE1394 디바이스 드라이버와 홈 네트워크 관리와 제어를 위한 소프트웨어 구조를 제안하였다.

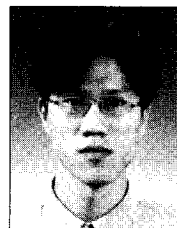
제안한 소프트웨어 구조에서는 실시간성을 보장하는 디바이스 드라이버와 홈 네트워크 서비스의 실시간성을 보장하기 위한 이벤트 채널 구조를 적용하여 홈 네트워크에서 요구되는 각종 이벤트와 멀티미디어 데이터의 처리에 실시간성이 보장됨을 보였다. 실시간성을 보장하는 디바이스 드라이버는 우선 순위 기반의 큐를 사용하여 패킷 단위에서의 우선 순위 역전현상을 최소화하였고, 인터럽트 지연시간의 단축을 위해 수신된 패킷의 프로토콜 처리를 인터럽트 서비스 루틴이 아닌 사용자 레벨 쓰레드에서 처리하도록 하여 인터럽트 컨텍스트에서 처리되는 시간지연을 최소화 하였다. 또한 등시성 전송의 QoS보장을 위해 등시성 자원 관리자에 의해 설정된 대역폭과 디바이스 드라이버에서 등시성 전송을 위해 사용하는 버퍼의 크기로부터 등시성 전송의 수행 주기를 계산하고 이를 바탕으로 Rate Monotonic 스케줄링 기법을 사용하였다. 홈 네트워크 서비스의 실시간성 보장을 위해 제안한 홈 네트워크 소프트웨어에서는 이벤트 채널 구조를 사용하여 서비스의 우선순위에 기반한 이벤트의 처리를 함으로써 높은 우선순위를 가지는 서비스가 예측 가능한 시간 안에 처리될 수 있도록 하였다.

IEEE1394기술이 다양한 가전기기와 제어기기로 적용 범위가 확대되고, HAVi, HWW, DAVIC등의 IEEE1394기반의 홈 네트워크 표준들이 제정되고 있어 홈 네트워크의 기본 인터페이스로 IEEE1394가 채택될 것이 확실하다. 그러므로 홈 네트워크에서 실시간성을 보장하는 다양한 응용이 생겨날 것이고, 제안한 서비스의 실시간성을 보장하는 소프트웨어 구조가 이러한 응용에 널리 적용될 수 있을 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] IEEE1394, Std for High Performance Serial Bus, 1995.  
[2] LonTalk Protocol Specification Version 3.0, 1994.

- [3] Specification of the Bluetooth System Specification Vol.2, December, 1999.  
[4] 전영애, 황민태, 김장경, "택내망 서비스 요구 사항 분석", 정보과학회 추계학술발표논문집, 1998.  
[5] 전상현, "IEEE1394를 적용한 홈 오토메이션 시스템의 설계", 연세대학교 대학원 : 전기컴퓨터 공학과, 1999.  
[6] L. Ruiz, Ph. Dallemagne and Decotignie, "Using FireWire as Industrial network," IEEE Computer Science Society, 1999.  
[7] Yasuhisa Nakajima, Masaski Arai, "Development of Standard Platform for Home Network Equipment," International Conference on Consumer Electronics, June, 1999.  
[8] 박성호, 강순주, 박동환, 문경덕, "홈 네트워크 제어 네트워크와 데이터 네트워크의 상호 연동을 지원하는 미들웨어 구조", 정보과학회지, 2001.  
[9] Specification of the Home Audio/Video Interoperability (HAVi) Architecture, Version 1.0, January, 2000.  
[10] DAVIC Specification 1.3, Nov., 1997.  
[11] VESA Home Network(VHN) Home Network Protocols and Services Baseline Document, 1997.  
[12] Universal Plug and Play Device Architecture Version 1.0, Jun., 2000.  
[13] Hyo-Sang Lim, Dong-Hwan Park and Soon-Ju Kang, "Priority Queue-Based IEEE1394 Device Driver Supporting Real-Time Characteristics," IEEE Transaction on Consumer Electronics, Vol.46, August, 2000.  
[14] Hideyuki Tokuda, Clifford W.Mercer, Yutaka Ishikawa, and Thomas E. Marchok, "Priority Inversion in Real-Time Communication," Real Time Systems Symposium, 1989.  
[15] Dong-Hwan Park and Soon-Ju Kang, "IEEE1394 OHCI Device Driver Architecture for Guarantee Real-Time Requirement," International Conference on Real-Time Computing Systems and Applications, December, 2000.  
[16] 1394 Open Host Controller Interface Specification Draft1.00, September, 1997.  
[17] VxWorks Programmer's Guide, WindRiver Systems, Mar., 1997.



## 박 동 환

e-mail : dhpark@etri.re.kr

1999년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

2001년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2001년~현재 한국전자통신연구원 정보  
가전연구부 연구원

관심분야 : 홈 네트워크, 내장형 시스템, 분산 미들웨어, Pervasive Computing



**오 봉 진**

e-mail : bjoh@etri.re.kr

1993년 부산대학교 전자계산학과 졸업  
(이학사)

1995년 부산대학교 대학원 전자계산학과  
졸업(이학석사)

1995년~1997년 시스템공학연구소 연구원

1998년~1999년 한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어기술연  
구소 연구원

2000년~현재 한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어기술연  
구소 선임 연구원

관심분야 : IEEE1394 프로토콜, 홈 네트워크, 정보가전 등



**강 순 주**

e-mail : sjkang@ee.knu.ac.kr

1983년 경북대학교 전자공학과 졸업  
(공학사)

1985년 한국과학기술원 전자계산학과  
(공학석사)

1995년 한국과학기술원 전자계산학과  
(공학박사)

1985년~1996년 한국원자력연구소 연구원, 핵인공지능연구  
실 선임 연구원, 전산정보실 실장

2000년~2002년 University of Pennsylvania, Dept. of

Computer and Information Science, 객원 연구 교수

1996년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터공학부 정보통신전공  
조교수

관심분야 : Real-Time System, Software Engineering, Know  
ledge-Based System