

ATM 기반 댁내 통신을 위한 CHANCE 프로토콜의 설계

황 민 태[†] · 김 장 경[†]

요 약

동영상 압축 기술 및 디지털 신호처리 기술의 발전으로 인해 댁내의 가전 기기들이 점차 디지털화되고 고속의 통신 기능이 탑재되는 정보 가전으로 발전하고 있다. 본 논문에서는 댁내의 정보 가전들간에 경제적으로 ATM 기반의 고속 통신 기술을 제공하는 CHANCE(Cost-effective Home ATM Network for the Consumer Electronics) 프로토콜을 제안하고서 망 관리 및 신호 방식 등을 포함한 세부 기능을 설계하였다.

CHANCE 프로토콜은 트리형 구조를 가지며, ATM 셀의 헤더 필드만을 이용하여 플러그 앤 플레이 기능을 제공한다. 또한 기존의 ATM Warren 프로토콜이 소스 라우팅 기법을 이용하여 컨트롤러에서 각 디바이스로 제어 정보를 전달하는 방식과는 달리, CHANCE 프로토콜은 스위치 및 디바이스의 식별자를 이용하므로 디바이스간에도 제어 정보를 교환할 수 있는 특징을 갖는다.

Design of a CHANCE Protocol for the ATM-Based Home Networking

Min-Tae Hwang[†] · Jang-Kyung Kim[†]

ABSTRACT

The advance of the MPEG(Moving Picture Expert Group) and the DSP(Digital Signal Processing) technologies lead the emergence of the information appliances which are gradually digitalized and embedded the high-speed networking function. This paper proposes a CHANCE(Cost-effective Home ATM Network for the Consumer Electronics) protocol supporting the ATM-based high-speed networking between the information appliances within the home, and designs its specific functions including the network management and signalling function.

The CHANCE protocol is basically based on the tree topology, and supports the plug-and-play function by using only the header field of the ATM cells. Unlike the existing ATM Warren protocol which uses the source routed addressing scheme to control the in-home devices from the Warren controller, the CHANCE protocol can support the the inter-device controls as well as the controls from the CHANCE controller by using the switch and device identifier.

1. 서 론

다양한 멀티미디어 서비스의 등장에 따라 고속 통

신 기술에 대한 연구가 활발히 진행중이다. ATM Forum이나 DAVIC 등의 표준화 기구를 중심으로 전개된 고속 통신 기술은 그동안 액세스 망 관련 기술에 초점을 맞추어 왔으며, 지금까지 정립된 기술로는 기존의 전화 회선을 이용한 xDSL(Digital Subscriber

[†] 정 회 원 : 한국전자통신연구원 표준시험연구팀
논문접수 : 1998년 7월 13일, 심사완료 : 1998년 11월 1일

Loop) 방식, 케이블 망을 이용한 HFC(Hybrid Fiber Coax) 방식, 그리고 가입자 근처 혹은 가입자 때까지 광케이블을 이용하는 FTTC(Fiber to the Curb)나 FTTH(Fiber to the Home) 등의 광가입자 망 기술 등이 있다[1].

최근에는 이들 액세스망 기술의 가입자측 연장선으로서 맥내 통신망에 대한 연구가 활발해지고 있다. 맥내 통신망이란 맥내에서 디지털 가전 기기간의 고속 통신 기술을 일컫는 말로써 동영상 압축 기술, 디지털 신호처리 기술, 그리고 Windows CE나 Java 등과 같은 정보 가전용 운영 체제 기술 등이 발전함에 따라 맥내에서 고화질의 영상, 비디오 화상 회의, 디지털 영화, 맥내 전자제어 시스템 등의 필요성이 대두되고, 이를 위해 가전 기기들이 점차 디지털화되고 네트워크 기술이 탑재됨으로써 자연스럽게 등장하고 있는 개념이다[2].

지금까지 개발된 맥내 통신망 기술에는 PC와 주변 기기를 중심으로 한 USB(Universal Serial Bus)[3], 맥내에서 가전 기기들간에 대역폭을 공유하여 고속 통신 기술을 제공하는 IEEE 1394[4], 그리고 ATM 기반의 맥내 통신 기술인 ATM Warren[5] 등이 있다. 향후 ATM 기반의 초고속 정보통신망이 구축되는 경우 USB나 IEEE 1394의 경우에는 복잡한 변환 기술이 필요해 지므로 ATM Forum 표준화 기구에서는 ATM Warren과 같이 순수 ATM 방식에 기반을 둔 맥내 통신망 기술에 큰 관심을 보이고 있다[6].

본 논문에서는 ATM Warren에 비해 경제적으로 ATM 기반의 맥내 통신망을 구성할 수 있는 CHANCE(Cost-effective Home ATM Network for the Consumer Electronics) 프로토콜을 제안하고서 맥내 망 관리 및 신호 방식 등을 포함하는 세부 기능을 설계하였다. 제안한 CHANCE 프로토콜은 트리(Tree) 구조를 가지며, ATM 셀의 헤더 필드만을 이용하여 플러그 앤 플레이(Plug and Play) 기능을 제공한다. 또한 CHANCE 프로토콜은 스위치 및 디바이스 식별자를 동적으로 할당하는 방식을 사용하므로 소스 라우팅 기법을 이용하는 ATM Warren과는 달리 디바이스간에도 직접 제어 정보를 교환할 수 있는 특징을 갖는다.

본 논문의 2장에서는 맥내 통신망과 관련된 표준화 및 기술 개발 동향을 살펴보고, 3장에서는 제안한 CHANCE 프로토콜에 대해 동작 원리 및 세부 기능의 설계 내용을 기술하고자 한다. 그리고 4장에서는 ATM

Warren 프로토콜과 CHANCE 프로토콜의 특성을 비교하여 언급하였으며, 끝으로 5장에 결론을 다루었다.

2. 표준화 및 기술개발 동향

맥내 통신망 관련 표준은 주로 ATM Forum의 RBB(Residential Broadband) WG(Working Group), DAVIC(Digital Audio Visual Council), IEEE 1394 TA(Trade Association), 그리고 ANSI의 IISP(Information Infrastructure Standards Panel) 등에서 연구되고 있다. 그리고 지금까지 개발된 대표적인 맥내에서의 고속 통신 기술로는 USB(Universal Serial Bus), IEEE 1394 파이어와이어 (Firewire), 그리고 ATM Warren 등이 있다. 이 장에서는 맥내 통신망 관련 표준화 및 기술 개발 동향에 대해 간단히 소개하고자 한다.

2.1 표준화 동향

ATM Forum의 RBB WG에서는 ATM 서비스를 가입자까지 전달하는 제반 사항과 가입자 맥내에서의 ATM 서비스 전반에 관한 내용을 다루고 있다[6]. 이를 위해 ATM Forum에서는 ATM 코어 망(Core Network), ATM 액세스 망(Access Network), 통신망 종단장치(NT: Network Termination), 그리고 맥내 ATM 망(HAN: Home ATM Network)으로 구성되는 참조 구조(Reference Architecture)를 규정하고 있다.

RBB WG에서는 통신망 종단 장치를 맥내 ATM 망의 일부로 고려하고 있는데, 이는 ATM 액세스 망의 종단 기능을 가지며 맥내 ATM 망과 ATM 액세스 망간의 연동 기능을 제공하게 된다. 그리고 맥내 ATM 망은 다양한 형태의 서비스 제공자들로부터 ATM 기반의 액세스 망을 통해서 전달되는 서비스들을 맥내의 여러 장소에 분배하는 기능을 제공한다. ATM Forum의 RBB WG에서는 여타의 표준화 기구와는 달리 맥내에서 순수 ATM 기반의 맥내 통신망 구성을 목표로 하고 있다.

ATM Forum에서는 그동안 주로 ATM 액세스망 기술과 관련된 표준화 활동을 추진해오다가 97년 2월 회의에서 처음으로 맥내 ATM 망의 기본 특성과 역할 등을 담은 기고서를 다루었다[7]. 이후 맥내 ATM 망과 관련된 기고서가 다수 발표되었으나 대부분 맥내 ATM 망의 기본 구조 및 요구 사항을 담은 기고서에 불과했으며, 맥내 ATM 망의 구현 방법에 실마리를

제공한 것은 캐나다 Northern Telecom사의 Diana Wilhelm에 의해 발표된 SDP(Simple Device Protocol) 프로토콜이다[8]. SDP 프로토콜은 맥내 통신 프로토콜이라기 보다는 액세스망에 연결되어 있는 관리 시스템에서 맥내의 통신망 종단 장치에 필요한 제어 정보를 전달하기 위한 ATM 셀 기반의 제어 프로토콜을 규정한 것이었다.

98년 2월 애너하임 회의에서 캠브리지 대학의 D. J. Greaves는 SDP 프로토콜에 기반을 두고서 맥내의 가전 기기들간에 ATM 기반의 제어를 위한 ATM Warren 프로토콜을 발표하였다[9]. 현재 ATM Warren은 ATML사의 지원으로 다양한 관련 제품을 개발하여 시험망을 구축중에 있다.

DAVIC 표준화 기구에서는 ATM Forum과 유사한 참조 구조를 정의하고 있으나 ATM Forum과는 달리 통신망 종단 장치를 액세스망의 일부로서 다루고 있으며, 맥내 통신망도 ATM 뿐만아니라 가능한 모든 기술을 대상으로 하고 있다[10]. DAVIC 1.3 규격에서는 맥내 통신망의 기본 구조로서 셋톱 박스(Set-Top Box)가 통신망 종단 장치에 직접 연결되거나 다수의 셋톱 박스가 공유 버스에 연결되고 이 버스가 통신망 종단 장치에 연결되는 구조를 언급하고 있다. 그러나 구체적인 맥내 통신망 구성 형태로서 다루어질 맥내 액세스망(HAN: Home Access Network)과 맥내 근거리망(HLN: Home LAN) 기술에 대해서는 곧 발표될 DAVIC 1.4 버전에서 제시될 전망이다.

ANSI 표준화 기구의 IISP 그룹에서는 주로 NII(National Information Infrastructure) 및 GII(Global Information Infrastructure)와 관련된 표준화 활동을 다루고 있으며, 맥내 통신망과 관련해서는 액세스망 기술과 맥내 통신 서비스들간의 조합을 통한 다양한 맥내 통신망의 형상을 제시하고서 관련 기술의 표준화를 다루는 표준화 기구들을 소개하고 있다[11].

그 밖에도 맥내 자동화(Home Automation) 등과 관련하여 EIA(Electronic Industry Alliance)[12], VESA(Video Electronics Standards Association)[13], 그리고 CIC(CEBus Industry Council)[14] 등의 표준화 기구들이 활동 중에 있으며, 공식 표준화 기구는 아니지만 1995년에 표준화가 이루어진 IEEE 1394 파이어와이어 기술을 맥내 통신망의 표준으로 만들기 위해 결성된 협의체인 IEEE 1394 TA[15]는 전 세계 150여개 업체가 참여하여 활발한 표준 활동을 진행중에 있으며, 국

내에서도 삼성전자, LG 등의 가전 업체가 회원사로 가입하여 활동하고 있으며 관련 제품을 개발중에 있다.

2.2 기술 개발 동향

최근 PC와 주변 기기를 중심으로 한 네트워크 기술로 개발된 USB 기술은 Intel 사에서 제안되어 Compaq, DEC, IBM, Microsoft 등 여러 컴퓨터 관련 회사들을 중심으로 제정된 산업체 표준안이다[3]. 1996년 1월에 1.0 버전이 출시되었으며, PC용 주변 기기들을 최대 128개까지 연결 가능한 범용 인터페이스 표준이다. USB는 플러그 앤 플레이(Plug and Play) 기능을 제공하고 있어 주변 장치의 연결이 용이할 뿐만 아니라 PC를 끄지 않고도 주변 장치의 설치와 제거가 가능한 특징을 갖고 있다. USB는 12Mbps 전송 속도를 제공하고 있어 키보드나 마우스를 컴퓨터에 연결시키는 등의 속도가 문제되지 않는 곳에서는 사용이 가능하다.

100Mbps에서 1Gbps 스펙트럼에 이르는 디지털 오디오, 비디오 시장에서는 지금까지 개발된 기술 중에서 IEEE 1394 파이어와이어가 가장 효과적인 해결책으로 보고 있다[3]. 현재의 IEEE 1394 표준은 데이지체인(Daisy Chain)형의 토폴로지를 가지며, USB와 마찬가지로 동작 중에도 기기의 추가 및 제거가 용이한 플러그 앤 플레이 기능을 제공할 뿐만 아니라 100, 200 그리고 400Mbps의 대역폭을 다수의 가전 기기들이 공유하여 트래픽을 전달할 수 있게 한다. 이러한 IEEE 1394 관련 기술의 표준화는 현재 150여개 회사가 참여하고 있는 IEEE 1394 TA에서 활발히 진행 중이다. 하지만 직접 연결된 두 기기간의 거리가 4.5m 이내이어야 한다는 제한이 있어 리피터나 브리지 등의 장비를 이용해야만 하며, 맥내에서의 통신 기술에만 초점을 맞추어 개발된 까닭에 향후 ATM 기반의 초고속 정보 통신망이 구축되는 경우 두 통신망간의 복잡한 변환 기술이 필요하게 된다.

이러한 문제를 극복하기 위해 개발된 순수 ATM 기반의 맥내 통신 기술로는 영국의 캠브리지 대학에서 개발한 ATM Warren 프로토콜이 있다[5][16~19]. ATM Warren의 경우 다수의 ATM 스위치들이 메쉬(Mesh) 구조로 연결된 토폴로지를 가지며, 맥내 가전 기기들은 이들 스위치의 한 포트에 연결된다. IEEE 1394의 경우와 마찬가지로 플러그 앤 플레이 기능을 제공하며, 맥내 가전 기기들에 스위치 포트당 25Mbps의 고정 대역폭을 할당하는 기본 구조를 갖고 있다. ATM

Warren은 하나의 WC(Warren Controller)가 있어 자신으로부터 스위치나 디바이스까지의 경로 정보를 관리하면서 제어용 ATM 셀들을 주고 받는다. ATM Warren은 현재 ATML사의 지원으로 Warren 스위치 및 관련 디바이스를 개발중에 있다.

3. CHANCE 프로토콜

ATM Warren 프로토콜이 메쉬 토폴로지를 사용함으로 인해 링크 고장에 대비하거나 트래픽 분산의 기능을 수행할 수 있는 장점에 비해 이를 지원하기 위한 컨트롤러의 기능이 상당히 복잡하다. 특히 컨트롤러와 하나의 디바이스 사이에는 다수의 경로가 존재하므로 컨트롤러에서는 디바이스 등록시마다 최적의 경로를 결정하는 알고리즘을 수행해야 한다. 메쉬 구조의 특성상 하나의 우회 경로를 제공하기 위해 두개의 스위치 포트가 할당되는 형태이므로, 스위치들간에 N개의 우회 경로를 만들어 주기 위해서는 $2 \times N$ 개의 스위치 포트가 추가로 요구된다. 따라서 맥내에서 동일한 수의 디바이스를 수용하기 위해서는 메쉬 구조가 트리(Tree) 구조나 링(Ring) 구조에 비해 많은 수의 스위치가 소요되는 단점이 있다. 일반적으로 맥내 통신망은 프로토콜이 간단하면서도 경제적으로 구성할 수 있는 면이 우선적으로 고려되어야 할 것이다.

따라서 본 논문에서는 기본적인 트리 구조를 이용하여 경제적으로 맥내 통신망을 구성할 수 있을 뿐만 아니라 디바이스간의 제어 셀 교환이 불가능하고 중간 스위치에서 모든 제어 셀의 정보 필드를 분석해야 하는 ATM Warren의 단점들을 개선한 새로운 CHANCE 프로토콜을 개발하였다.

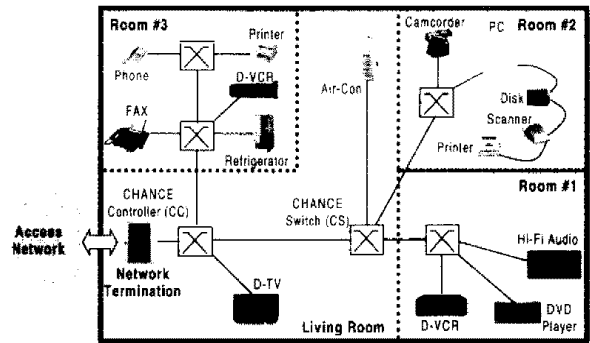
이 장에서는 제안한 CHANCE 프로토콜에 대해 토폴로지, 셀 구조, 그리고 동작 원리 등에 대해 상세히 기술한다.

3.1 CHANCE의 토폴로지

(그림 1)은 CHANCE 프로토콜의 통신망 구성 예를 보여주고 있다.

CHANCE의 기본 토폴로지는 경제적으로 맥내 통신망을 구축하기 위해 트리형 구조를 가지며, 데이터 체인형, 링형 혹은 동일한 트리 형태의 서브 네트워크를 가질 수 있다. 이들 서브 네트워크는 자신의 동작 매커니즘(예 : USB, IEEE 1394 등)에 따라 동작하며, 서

브 네트워크의 컨트롤러는 CHANCE의 한 디바이스(Device)로서 다루어진다.

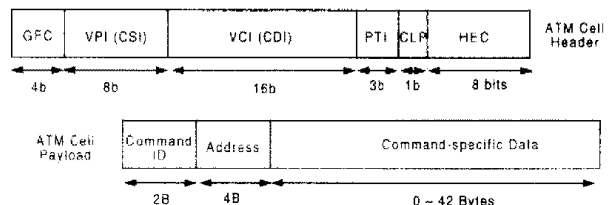


(그림 1) CHANCE의 통신망 구성 예
(Fig. 1) Example Topology of the CHANCE

CHANCE에는 하나의 CC(CHANCE Controller)와 다수의 CS(CHANCE Switch), 그리고 다수의 CD(CHANCE Device)로 구성된다. 여기서 CC는 외부 액세스망과의 연결을 위한 하나의 포트와 맥내망과의 연결을 위한 하나의 ATM 포트를 가진다. 그리고 CS는 다수의 25Mbps ATM 포트를 제공하며 하나의 UP 포트와 다수의 DOWN 포트들로 구성된다. CD는 사용자의 가질 기기를 말하며 CS의 한 포트에 연결된다. 맥내에서 CS와 CD간의 연결은 꼬임형 페어(Twisted Pair)를 사용하며, 커넥터는 RJ 45 타입을 이용한다.

3.2 CHANCE용 ATM셀 구조

(그림 2)는 CHANCE에서 사용되는 제어용 ATM 셀의 구조를 보여주고 있다.



(그림 2) CHANCE의 제어용 ATM 셀 구조
(Fig. 2) Control ATM Cell Format of the CHANCE

CHANCE 프로토콜은 맥내에서 주고 받는 모든 제어용 ATM 셀과 데이터용 ATM 셀에 대해 적용된다. 제어용 셀과 데이터용 셀의 구분은 ATM 셀의 헤더 필드중에서 GFC(Generic Flow Control) 필드의 값을

이용해서 이루어진다. <표 1>은 GFC 필드값에 따른 맥내에서의 제어 셀 종류를 보여주고 있다.

<표 1> GFC 필드값에 따른 제어 셀 유형
(Table 1) Control Cell Types based on the GFC Value

GFC 필드값	기	능	GFC 필드값	기	능
0000	Normal Data Cell		1000	Undefined	
0001	CS Beacon		1001	CS Hello	
0010	CD Beacon		1010	CD Hello	
0011	AUAlive		1011	IMAlive	
0100	Command		1100	Command_Ack	
0101	Call_Request		1101	Call_Ack	
0110	Undefined		1110	Undefined	
0111	Undefined		1111	Reset	

GFC 필드값이 '0000'인 ATM 셀은 맥내 디바이스 간에 주고 받는 데이터 셀을 나타내며, '1111'인 경우에는 CC에서 CS 혹은 CD의 상태를 초기화 하는 Reset 제어셀을 나타낸다. 그 밖의 GFC 필드의 기능에서 CS Beacon과 CD Beacon은 CS나 CD의 등록시에 사용되며, CS Hello 및 CD Hello는 이에 대한 응답으로 이용된다. AUAlive는 CS나 CD의 동작 여부를 관리하기 위해 CC가 생성하는 제어 셀이며, 이에 대한 응답으로 CS나 CD가 생성하는 IMAlive가 있다.

또한 CC에서는 CS나 CD의 상태를 제어하기 위해 별도의 제어 데이터를 갖는 다양한 제어 명령을 보낼 수가 있는데 이러한 제어 명령들은 Command 제어 셀을 통해 전달되며, 이에 대한 응답은 Command_Ack가 된다. CHANCE에서는 CS간 혹은 CD간에도 이러한 제어 명령을 주고 받을 수가 있다.

Call_Request 제어 셀의 경우에는 CD가 CC로 하여금 외부 액세스망으로의 연결 설정을 요청하는 제어 셀이며, 이를 받은 CC는 외부 액세스망을 통해 연결을 설정한 다음 Call_Ack 응답 셀을 해당 CD로 전달한다. 이러한 CHANCE의 신호 방식에 대해서는 3.7절에서 상세히 소개한다.

CHANCE에서는 제어 셀을 수신한 디바이스가 응답 셀을 생성하는 경우 GFC 필드의 첫 비트만을 '1'로 세트하면 되도록 GFC 필드의 기능을 설계하였다. 그 밖에 정의되지 않은 GFC 필드의 기능은 추후 사용을 위해 남겨두었다.

(그림 2)에서 VPI(Virtual Path Identifier) 필드 8비트는 CS의 식별자인 CSI(CHANCE Switch Identifier)를 나타내는 용도로 사용되며, 최대 255개까지의 CS가 동시에 사용될 수 있다. 그리고 VCI(Virtual Channel Identifier) 필드 16비트는 CD의 식별자인 CDI(CHANCE Device Identifier)를 나타내기 위해 사용되며 최대 65535개까지의 CD가 동시에 사용될 수 있다.

한편 PTI(Payload Type Identifier), CLP(Cell Loss Priority), 그리고 HEC(Header Error Control) 필드의 활용에 대해서는 본 연구 범위에서는 제외하였다.

제어용 ATM 셀의 페이로드 부분은 제어용 데이터의 전달시에 이용되며, GFC 필드가 Command 코드를 갖는 경우에 사용된다. 2바이트의 Command ID 필드는 제어 명령의 종류를 나타내며, 4 바이트의 Address 필드는 디바이스의 메모리 주소를 나타내며, Command-Specific Data 필드는 Command ID에 따른 데이터가 담기는 부분이다. 제어 명령의 종류에는 특정 주소의 데이터를 알고자 할 때 이용하는 PEEK, 그리고 특정 주소에다 데이터를 기록하는 POKE 등이 사용될 수 있다. 활용 예를 살펴보면 Command ID가 POKE-8인 경우에는 디바이스의 해당 주소 부분에다 데이터 필드에 담긴 8 바이트를 기록하라는 제어 명령이 된다.

3.3 CC와 CS의 일반적인 기능

CC는 맥내에 위치하며 외부 액세스망과의 연결을 위한 포트(예 : ADSL 모뎀, HFC 모뎀, ATM 포트 등)와 하나의 25Mbps ATM 포트를 갖는 블랙 박스(Black Box) 형태를 고려한다. CC에는 주 프로세서와 메모리가 존재하며, 비휘발성 메모리 모듈이 있어 시그널링을 위한 프록시(Proxy) 서버, SNMP(Simple Network Management Protocol)와 같은 망 관리 프로토콜을 탑재하는 용도로 사용될 수 있다. 또한 맥내망 보안을 위한 방화벽(Firewall) 소프트웨어가 탑재될 수도 있다.

CC의 일반적인 기능은 CS나 CD의 전원이 켜지거나 새로이 추가되는 경우 이들로부터 Beacon 셀을 받아 CSI나 CDI를 할당하는 역할을 하며, 전체 맥내 망의 맵(Map)을 관리한다. 아울러 주기적으로 AUAlive 제어 셀을 보내어 IMAlive 응답 셀을 확인하는 방법으로 CS나 CD의 전원이 꺼지거나 제거 상태를 체크한다. 이는 구현 방법에 따라 CS나 CD에서 주기적으로 IMAlive 셀을 보내도록 하여 이를 체크하여 확인하는

방법이 사용될 수도 있다.

CHANCE의 CS는 ATM Warren의 스위치가 모든 제어셀의 정보 필드를 분석하여 전달 경로를 확인하는 것과는 달리 ATM 셀의 헤더 필드에 담긴 CSI 및 CDI 주소를 이용하여 셀의 스위칭 기능을 제공한다. 이를 위해 CS는 직접 연결된 CD 정보를 유지하는 테이블인 CDLT(CD Look-up Table)와 자신의 DOWN 포트에 직접 혹은 간접으로 연결된 모든 CS 정보를 유지하는 테이블인 CSLT(CS Look-up Table)를 생성하고 관리한다. <표 2>와 <표 3>은 6개의 DOWN 포트를 갖는 CS가 유지하는 CDLT와 CSLT 테이블의 예를 보여주고 있다.

<표 2> CDLT의 구성 예
(Table 2) Example Configuration of the CDLT

포트 번호	1	2	3	4	5	6
디바이스ID	35	64	Null	11	Null	Null

<표 3> CSLT의 구성 예
(Table 3) Example Configuration of the CSLT

포트 번호	1	2	3	4	5	6
스위치 ID	Null	Null	7	Null	9 4 Null	Null

<표 2>에서 살펴보면 CS의 1, 2, 그리고 4번 DOWN 포트에는 35, 64, 그리고 11번 식별자를 가진 CD가 연결되어 있음을 알 수 있고, <표 3>에서 살펴보면 3번 DOWN 포트 하부에는 7번 식별자를 갖는 CS가 하나 연결되어 있으며, 5번 DOWN 포트 하부에는 식별자가 9번인 CS와 4번인 CS가 직접 혹은 간접으로 연결되어 있음을 알 수 있다. 그리고 6번 DOWN 포트에는 아무 것도 연결되지 않았음을 알 수 있다.

3.4 CS의 등록 절차

일반적인 대내 통신망의 경우 플러그 앤 플레이 기능을 제공하여 사용자가 스위치나 디바이스의 전원을 켜기만 하면 자동적으로 통신망을 사용하기 위한 준비 기능을 수행해야 한다. CHANCE의 경우 다음과 같은 절차를 거쳐 CS를 자동적으로 등록하도록 한다.

등록하고자 하는 CS의 전원이 켜지면 자신의 UP 포트로 CS Beacon 셀을 내보내게 된다. 이 셀은 CC로

부터 CS Hello 응답 셀을 받을 때까지 주기적으로 생성하도록 한다.

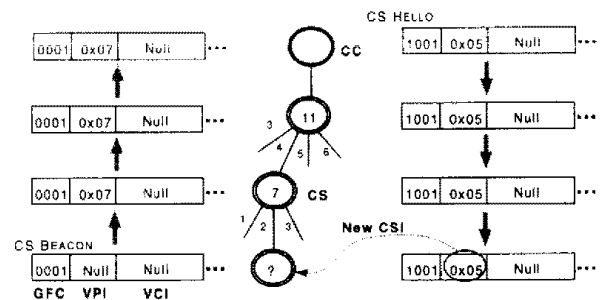
등록하고자 하는 CS의 UP 포트에 연결된 CS의 경우 자신도 CS Hello 셀을 기다리고 있는 상황이거나 이미 다른 CS의 등록을 처리하는 CS 등록 모드에 있는 경우에는 DOWN 포트로부터 수신한 CS Beacon 셀을 폐기한다. 그러나 일반 동작 모드에 있는 경우에는 CS 등록 모드로 전이하여 CS Beacon 셀을 수신한 DOWN 포트 번호를 기억한 다음 셀의 VPI 필드를 조사한다. 만약 필드값이 Null이면 자신의 DOWN 포트에 직접 연결된 CS가 되므로 자신의 CSI를 VPI 필드에 기록한 다음 UP 포트로 전달하며, 그렇지 않은 경우에는 그대로 UP 포트로 전달한다.

자신의 UP 포트로부터 CS Hello 셀을 받은 CS는 VPI 필드에 담긴 CSI 값을 읽어내어 이를 CSLT 테이블에 기록한다. 이 값은 이미 기억해 놓은 DOWN 포트에 해당하는 필드에 기록하되 이미 Null이 아닌 값이 들어있는 경우에는 추가하여 기록하게 된다. 그리고 CS Hello 셀을 해당 DOWN 포트에 내려보내고 자신은 일반 동작 모드로 전이한다.

CS Beacon 셀을 생성하고서 CS Hello 응답 셀을 기다리는 CS는 UP 포트로부터 CS Hello 셀을 수신하면 VPI 필드에 담긴 값을 읽어내어 이를 자신의 CSI 값으로 사용하며 일반 모드에서 동작을 개시한다.

한편 CS Beacon 셀을 수신한 CC는 수신한 셀의 VPI 필드에 담긴 CSI 값을 읽어내어 자신이 관리하고 있는 CHANCE 맵에서 해당 CSI 값을 갖는 CS를 찾아내어 그 하부에 새로운 CS를 추가하여 새로운 CSI를 할당해준다. 그리고 이를 CS Hello셀의 VPI 필드에 담아 대내 망으로 전달하게 된다.

(그림 3)은 새로이 추가된 CS가 등록되는 과정으로 그림으로 보여주고 있다.



(그림 3) CHANCE에서 새로운 CS의 등록 과정
(Fig. 3) CS Registration Procedure at the CHANCE

3.5 CD의 등록 절차

CS의 등록시와 마찬가지로 등록하고자 하는 CD는 자신의 UP 포트로 CD Beacon 셀을 내보내며, 이는 CD Hello 응답셀을 수신할 때까지 주기적으로 생성한다.

등록하고자 하는 CD의 UP 포트에 연결된 CS는 자신의 등록 절차를 진행중이거나 이미 다른 CD의 등록 모드에 있으면 DOWN 포트로부터 수신한 CD Beacon 셀을 폐기한다. 그렇지 않고 일반 동작 모드에 있는 경우에는 CD 등록 모드로 전이하여 해당 DOWN 포트 번호를 기억한 다음 셀의 VPI 필드를 조사한다. 만약 필드값이 Null이면 자신의 DOWN 포트에 직접 연결된 CD가 되므로 자신의 CSI를 VPI 필드에 기록한 다음 UP 포트로 전달하며, 그렇지 않은 경우에는 그대로 UP 포트로 전달한다.

자신의 UP 포트로부터 CD Hello 셀을 수신한 CS는 VPI 필드값이 자신의 CSI 값과 일치하지 않으면 이미 기억해 놓은 DOWN 포트로부터 수신한 셀을 그대로 전달하며, 만약 일치한다면 자신의 DOWN 포트에 직접 연결된 CD가 추가되는 상황이므로 VCI 필드에 담긴 CDI 값을 읽어내어 자신이 관리하는 CDLT 테이블의 해당 필드에 기록하고서 DOWN 포트로 셀을 전달한다. CD Hello 셀을 DOWN 포트로 전달한 CS는 일반 동작 모드로 전이하게 된다.

CD Beacon 셀을 생성한 CD는 UP 포트로부터 CD Hello 셀을 수신하면 VCI 필드에 담긴 값을 읽어내어 이를 자신의 CDI 값으로 사용하게 되며 더 이상의 CD Beacon 셀을 생성하지 않고 등록 절차를 끝내게 된다.

한편 CD Beacon 셀을 수신한 CC는 수신한 셀의 VPI 필드에 담긴 CSI 값을 읽어내어 자신이 관리하고 있는 CHANCE 맵에서 해당 CSI 값을 갖는 CS를 찾아낸 다음 그 하부에 새로운 CD를 추가하고서 새로운 CDI 값을 할당해준다. 그리고 VPI 필드에는 수신 셀의 CSI 값을 그대로 담고, VCI 필드에는 새로이 할당한 CDI 값을 담은 CD Hello 셀을 생성하여 맥내 망으로 전달하게 된다.

(그림 4)는 새로이 추가된 CD가 등록되는 과정을 그림으로 보여주고 있다.

3.6 맥내 통신망 관리 시나리오

가장 일반적인 맥내망 관리는 맥내 스위치 및 디바이스에 LED를 달아 동작 상태를 사용자가 알 수 있도록 하는 것이다. 보다 수준높은 망 관리를 위해서는

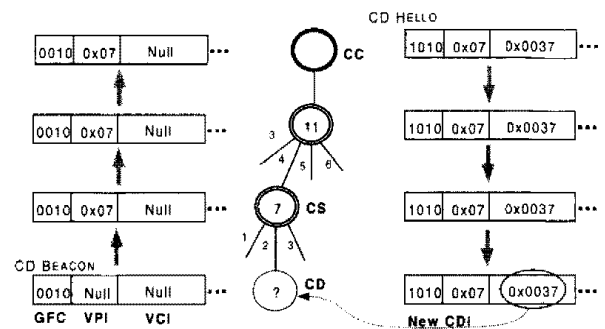
간단하면서도 사용자에게 많은 정보를 제공할 수 있는 새로운 맥내 망 관리 프로토콜이 개발되어야 할 것이다.

CHANCE에서 CS나 CD의 물리적 동작 상태를 확인하는 방법은 CC에서 필요시에 AUAlive 제어 셀을 보내고서 이에 대한 IMAlive 응답 셀을 받아 확인하거나, CS나 CD에서 주기적으로 자신이 동작중임을 알리는 IMAlive 제어 셀을 CC에게 보내면 이를 CC에서 확인하는 방법을 사용하게 된다. 간단한 CHANCE 관리 기능으로 CC가 유지하고 있는 맵 정보나 CS 혹은 CD의 동작 상태를 맥내 거실에 있는 TV를 이용하여 사용자에게 제공하는 관리 시나리오를 살펴보고자 한다.

사용자가 TV 전원을 켜 후 리모콘을 이용하여 메뉴 버튼을 선택하면 TV 화면에 맥내망 관리 메뉴가 나타나게 된다. 이때 전체 맵 보기를 선택하면 TV와 CC 간의 정보 교환을 통해 CC가 유지하고 있는 전체 맵이 나타난다. 리모콘의 상하좌우 버튼을 이용하여 원하는 CS나 CD를 선택하게 되면 현재의 동작 상태를 CC로부터 제공받거나 TV에서 직접 CD나 CS로 제어 셀을 주고 받아 현재의 상태를 표시할 수 있도록 한다.

일반적으로 사용자는 이름을 이용하여 가진 기기를 구분하는 것이 편리하므로 TV 화면에 나타나는 관리 메뉴에서 가진 기기의 이름이 출력되도록 해야 한다. CHANCE의 경우 CD 등록시에 CD Beacon 셀을 이용하거나 등록 후 별도의 제어 셀(예: WhoAU 제어 셀과 IMxxx 응답 셀을 정의하여 활용)을 이용하여 CD의 이름 뿐만 아니라 일련 번호, 제조 일자 등을 전달하여 관리 정보로 이용될 수 있도록 한다. 이를 위해서는 CD의 생산 과정에서 이러한 정보가 특정 메모리에 탑재되어야 할 것이다.

아울러 최소 요구 대역, 평균 사용 대역, 혹은 최대



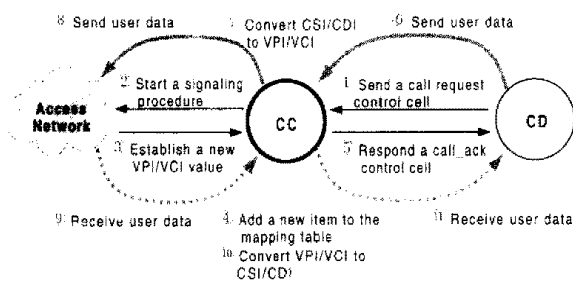
(그림 4) CHANCE에서 새로운 CD의 등록 과정 (Fig. 4) CD Registration Procedure at the CHANCE

모든 대역 길이 정보가 담겨져서 어떤 이더넷 링크를 통해 망에서의 트래픽 관리 기능도 제공할 수 있을 것이다. CHANCE의 상세한 관리 기능에 대해서는 추후 연구 과제로 남겨두었다.

3.7 시그널링 기능

대부분의 맥내 디바이스는 수동 디바이스이므로 외부 액세스망을 통한 시그널링이 필요없는 경우가 많다. 하지만 시그널링 기능을 필요로 하는 디바이스(예: 전화나 PC 등)의 경우에는 맥내 통신망 콘트롤러에서의 프록시 기능을 이용하도록 한다. 이런 프록시 기능을 이용하면 맥내의 모든 디바이스에 별도의 신호 기능을 탑재할 필요가 없어지고 맥내 통신망이 외부 액세스망과 분리되어 동작하는 형태이므로 일관성이 유지된다.

CHANCE에서의 시그널링 처리 다이어그램을 (그림 5)에 나타내었다.



(그림 5) CHANCE에서의 시그널링 처리 다이어그램 (Fig. 5) Signalling Processing Diagram at the CHANCE

외부 액세스망을 통한 시그널링을 필요로 하는 CD는 자신의 CDI 값을 VCI 필드에 담은 (VPI 필드에는 CC의 식별자를 담은) Call Request 제어 셀을 CC에게 보내어 시그널링 요청을 하게 되고, 이를 받은 CC는 자신에 탑재된 시그널링 기능(예: Q.2931, UNI 3.1 등)을 이용하여 외부 액세스망과 연결을 설정한다. 연결 설정이 완료한 CC는 VPI/VCI 값과 시그널링을 요청한 CD의 CDI 값을 매핑 테이블에 기록한 다음 해당 CD에 Call_Ack 응답 셀을 보낸다.

이를 수신한 CD는 이후 외부 액세스망으로 전달할 ATM 셀을 생성하여 CC로 보내게 되고, CC는 해당 셀의 VPI/VCI 필드에 연결 설정에 따른 수신측 VPI/VCI 주소를 담아 외부 액세스망으로 전달하게 된다.

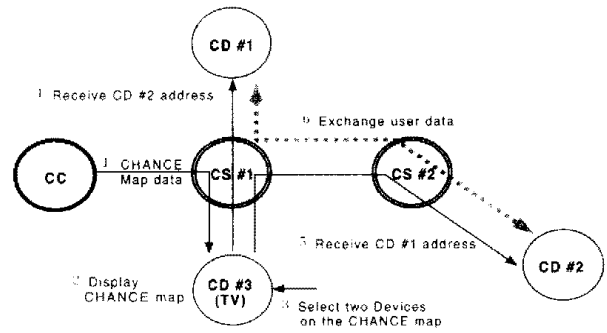
아울러 외부 액세스망으로부터 수신하는 셀에 대해서

VPI/VCI 값이 없음을 이용하여 매핑 테이블로부터 CDI 값을 찾아내어 이를 수신 셀의 VCI 필드에 담아 (VPI 필드에는 CD가 직접 연결된 CS의 CSI 값을 맵에서 찾아 담음) 맥내 망으로 전달하게 된다.

3.8 CHANCE에서 CD간 데이터 교환 시나리오

CHANCE에서 CD간 주고 받는 데이터 셀은 GFC 필드가 '0000'인 ATM 셀이며, VPI 필드에는 수신측 CD가 직접 연결된 CS의 CSI를 담고, VCI 필드에는 수신측 CD의 CDI를 담아 전달하게 된다. CHANCE에서 데이터 셀의 CSI와 CDI는 일반적인 ATM 셀의 VPI와 VCI의 기능과 같다.

CHANCE에서 두 CD간에 데이터 교환 시나리오를 (그림 6)에 나타내었다.



(그림 6) CHANCE에서 두 CD간 데이터 교환 시나리오 (Fig. 6) Data Exchange Scenario between two CDs at the CHANCE

앞서 설명한 바와 같이 CC에서 보내주는 CHANCE 맵 정보가 사용자의 TV 화면에 디스플레이되면 사용자가 데이터를 주고받을 두 CD를 선택하게 된다. 이때 TV에서 두 CD에게 서로 상대방의 CSI 및 CDI를 전달함으로써 이를 수신한 두 CD간에 데이터 교환이 가능하게 된다. (그림 6)에서는 TV가 CC로 부터 CHANCE 맵에 대한 주소 정보를 받았다는 전제하에서 이루어지는 시나리오를 예로 든 것이며, 모든 주소 정보가 CC에만 유지되고 있는 경우에는 사용자의 선택 정보가 TV에서 CC로 보내지고 CC에서 두 CD에게 상대방의 주소를 전달하는 방법으로 시나리오가 전개된다.

이러한 방식은 시그널링을 통해 연결을 설정하여 데이터 교환이 이루어지는 ATM 프로토콜의 연결형(Connection-Oriented) 서비스를 CHANCE에서 에뮬레이션 해주는 것으로서 별도의 시그널링 프로토콜이 필요없이 사용자의 디바이스 선택만으로 연결이 설정되

1) 가장 간단한 방법으로 여기진다.

수신측 CSI 및 CDI 주소를 일제된 후 CD가 생성하는 데이터 셀은 여러 CS들을 거쳐 상대방에 전달되는데, 이때 CS는 자신이 관리하고 있는 CSLT와 CDLT 테이블을 이용하여 셀의 스위칭 기능을 제공한다. 즉, 도착한 셀의 VPI 필드값이 자신의 CSI 값과 일치하는 경우에는 자신의 DOWN 포트에 직접 연결된 CD에게 보내져오는 셀이므로 CDLT 테이블을 조사하여 수신 셀의 CDI 값이 유지되고 있는 DOWN 포트에 수신한 셀을 전달한다. 만약 VPI 값이 자신의 CSI 값과 일치하지 않으면서 자신의 CSLT 에 동일한 CSI가 존재하면 해당 DOWN 포트에 셀을 전달하고, 그렇지 않은 경우에는 UP 포트에 전달하면 된다.

4. CHANCE와 ATM Warren과의 비교

이 장에서는 제안한 CHANCE 프로토콜과 ATM Warren 프로토콜을 비교한 내용을 기술하고자 한다. ATM Warren 프로토콜의 경우 아직까지는 상세한 구현 기술을 밝히지 않은 까닭에 문헌을 통하여 비교 가능한 항목들만을 대상으로 비교하였으며, <표 4>에 비교 내용을 제시하였다.

<표 4> ATM Warren과 CHANCE의 비교
<Table 4> Comparison between the ATM Warren and the CHANCE

비교 항목	ATM Warren	CHANCE
물리/논리적 토폴로지	메쉬 / 트리 구조	동일한 트리 구조
컨트롤러 기능	복잡함	비교적 단순함
스위치 포트 결정	동적으로 결정	고정적
디바이스 어드레싱	소스 라우팅 방법	CSI 및 CDI 값을 이용
스위치 기능	비교적 단순함	다소 복잡함
디바이스간 제어	제공없음	직접 제어가 가능
물리적 특성	25 Mbps/port, RJ-45 Connector, Twisted-Pair Cable	

ATM Warren은 물리적으로는 스위치들간에 별도의 링크가 추가되는 메쉬 구조를 가지고 있으나 관리를 위한 논리적인 토폴로지는 트리 구조를 사용한다. 따라서 ATM Warren의 컨트롤러는 이러한 물리적인 메쉬 토폴로지를 논리적인 트리 구조로 변환하여 관리해야 하므로 스위치나 디바이스의 추가 혹은 제거시마

다 새로운 스패닝 트리(Spanning Tree)를 결정하는 알고리즘을 수행해야 한다. 반면 CHANCE 프로토콜의 물리적 및 논리적 토폴로지는 동일한 트리 구조를 사용한다. 따라서 CHANCE 컨트롤러에서는 ATM Warren의 경우처럼 토폴로지 관리를 위한 별도의 기능이 필요없게 되므로 ATM Warren에 비해 기능이 비교적 단순하다.

또한 ATM Warren은 다양한 경로를 통해 컨트롤러와 스위치간의 연결이 이루어지므로 스위치에서는 초기화시에 모든 포트를 통해 스위치 비콘 셀을 내보내야 하며, 컨트롤러에서 최적의 경로를 설정하여 응답 셀을 보내오면 이를 수신한 포트를 UP 포트에 결정하게 된다. 이에 비해 CHANCE에서는 물리적으로 트리 구조이므로 고정된 하나의 UP 포트와 다수개의 DOWN 포트를 고정적으로 사용하면 되므로 ATM Warren에 비해 초기 동작에서의 스위치의 역할이 줄어들게 된다.

ATM Warren의 경우에는 컨트롤러와 디바이스간의 경로 정보를 이용하는 소스 라우팅 기법을 이용하여 제어 셀을 전달하므로 컨트롤러와 디바이스간의 제어 셀 교환만이 가능하고 디바이스간에는 직접 제어 셀을 주고 받을 수가 없다. 그러나 CHANCE 프로토콜의 경우 스위치와 디바이스의 주소를 이용하므로 맥내의 디바이스간에 직접 제어 셀의 교환이 가능하다. 그러나 CHANCE에서는 이러한 기능을 제공하기 위해 각 스위치에서 자신의 하부에 연결된 스위치와 디바이스의 주소를 담고 있는 테이블을 추가로 생성 및 관리하는 기능이 필요하게 되므로 ATM Warren에 비해 스위치의 기능은 다소 많아지게 된다.

그리고 ATM Warren과 CHANCE는 모두 디바이스마다 ATM 25 Mbps 고정 대역폭을 제공하며 RJ-45 커넥터를 통해 연결된다. 그리고 디바이스와 스위치간의 연결은 꼬임형 페어(Twisted-Pair)를 사용하고 있다.

상기의 비교 결과를 정리하면 컨트롤러의 기능은 CHANCE 프로토콜이 ATM Warren에 비해 간단하고, 스위치의 기능은 반대로 ATM Warren이 간단함을 알 수 있다. 그러나 이들 비교 내용은 상대방 프로토콜이 제공하지 못하는 기능 제공을 위한 부가적인 요소가 더해지는 결과이므로 비교 결과에 큰 의미를 가질 필요는 없다.

특히 ATM Warren에서는 향후 맥내 망의 고장에 대비하거나 트래픽이 집중되는 링크에 대해 별도의 링크로 트래픽을 분산하는 기능을 추가하기 위한 목적으

로 스위치와 스위치간에 별도의 연결을 포함하는 메쉬 구조를 사용하고 있다. 그러나 두 스위치간에 별도의 우회 경로를 제공하기 위해서는 두개의 포트가 추가로 제공되어야 하므로 다수의 스위치들간에 우회 경로를 제공하여 링크 고장에 대비하거나 트래픽 분산 기능을 제공하기 위해서는 다수의 스위치 포트가 요구된다. 또한 트래픽 분산을 위한 별도의 알고리즘이 스위치내에서 수행되어야 하므로 관리적인 면에서의 잇점이 경제적인 면에서의 단점으로 이어지고 있다.

또한 CHANCE의 경우에는 ATM Warren이 태내망의 링크 고장에 대비할 수는 있으나 스위치의 고장에는 대비할 수는 없고, 일반적으로 링크 보다는 많은 소자를 포함하는 스위치의 고장이 빈번한 것으로 고려하여 링크 고장에 대한 내용을 본 연구 범위에서는 제외하였다. 또한 CHANCE가 중간 스위치에서 별도의 테이블을 관리해야 하는 점은 있으나 ATM Warren에서 고려하지 못한 태내 디바이스간의 직접 제어 셀의 교환 기능을 제공하고 있다. 그리고 지금까지 개발된 ATM Warren 프로토콜은 디바이스가 고정된 VPI/VCI 값을 가지는데 비해 CHANCE에서는 동적으로 식별자를 할당하므로 관리의 융통성을 제공할 수도 있다.

5. 결 론

정보 가전 기술의 발달로 인해 태내에서도 다양한 기기들간의 고속 네트워크 기술의 필요성이 점차 증가하고 있다. 최근 IEEE 1394 기술이 등장하여 태내 통신망 기술의 표준으로 자리잡기 위한 활발한 활동을 벌이고 있으나, 향후 ATM 기반의 초고속 정보통신망이 구축되는 경우 복잡한 변환 기능을 가져야 하는 단점이 있다. 따라서 ATM Forum에서는 순수 ATM 기반의 태내 통신망 표준화 활동의 중요성을 강조해 왔으며, 최근 캠브리지 대학에서 ATM Warren 프로토콜을 발표하기에 이르렀다. 하지만 태내 통신망의 경우 많은 사용자 확보를 위해서는 프로토콜이 간단하고 경제적으로 구성할 수 있어야 하나 ATM Warren은 메쉬 구조에 따른 고가의 스위치 포트 낭비가 초래되며 컨트롤러에 다양한 기능이 탑재되어야 할 뿐만 아니라 디바이스간에 직접 제어 메시지를 주고 받을 수 없다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 ATM Warren에 비해 간단하면서도 경제적으로 ATM 기반의 태내 통신망을 구성

할 수 있는 CHANCE 프로토콜을 제안하고 세부 기능을 설계하였다. 제안한 CHANCE 프로토콜은 트리 구조를 기본으로 하며, ATM 셀의 헤더 필드만을 이용하여 플러그 앤 플레이 기능을 제공한다. 또한 CHANCE 프로토콜은 스위치 및 디바이스 식별자를 동적으로 할당하는 방식을 사용하므로 소스 라우팅 기법을 이용하는 ATM Warren과는 달리 컨트롤러의 개입없이도 디바이스간에도 제어 정보를 교환할 수 있으며 태내망 관리의 유연성을 제공한다.

향후 CHANCE의 망 관리 및 시그널링 기능에 대한 세부 설계와 대역폭의 효과적인 활용을 위한 트래픽 관리 기능에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] George Abe, *Residential Broadband*, Cisco Press, 1997.
- [2] 황민태, "태내 통신망 기술 표준 동향", 제1회 정보통신표준화 심포지움, pp.179~190, June 1998.
- [3] 박성모, 김봉수, "Serial Bus 표준화 동향", 한국통신학회지, 제14권 12호, pp.1485~1498, Dec. 1997.
- [4] IEEE Draft Stds. Doc. 1.3, *P1394a Draft Standard for a High Performance Serial Bus*, December 24, 1997.
- [5] D. J. Greaves and R. J. Bradbury, "Warren : A Low Cost ATM Home Area Network," IEEE Network, pp.44~56, Jan/Feb., 1998.
- [6] ATM Forum RBB WG Baseline Text, *Residential Broadband Architectural Framework*, April 1998.
- [7] Alan Quayle and Steve Hughes, "The Nature of Home ATM Network," ATM Forum/97-0163, Feb. 1997.
- [8] Diana Wilhelm, J. Wiebe, "A Simple Device Protocol for the NT," ATM Forum/97-1080, July 1997.
- [9] D. J. Greaves and R. J. Bradbury, "Warren : A protocol for control of ATM hardware," ATM Forum/98-0008, Feb. 1998.
- [10] DAVIC 1.3 Specification, "Delivery System Architecture and Interfaces," Part 04, Revision 6.2 (Technical Report), 1997.

[11] Internet Document, <http://web.ansi.org/public/iisp/docs/toolkit.html>, 1998.

[12] Internet Document, <http://www.cia.org>, 1998.

[13] Internet Document, http://www.vesa.org/dload/committees/homenet_docs.html, 1998.

[14] Internet Document, <http://www.ccbus.org>, 1998.

[15] Internet Document, <http://firewire.org>, 1998.

[16] R. J. Bradbury, "Control architectures for Home Area Networks," <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/HAN/Warren>, 1998.

[17] D. J. Greaves, "ATM in the Home and the Home Area Network," IEE Colloquium on ATM in Professional and Consumer Applications, Savoy Place, London, May 1997.

[18] D. J. Greaves and R. J. Bradbury, "Low Cost ATM and The ATM Warren," <http://www.cl.cam.ac.uk/users/djg/han>, March 1996.

[19] R. J. Bradbury and D. J. Greaves, "A Signalling API for the ATM Warren or 'Look, no Microprocessors!'," <http://www.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/HAN/Warren>, 1998.



황민태

e-mail : mthwang@etri.re.kr

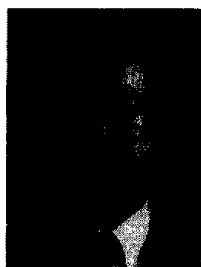
1990년 부산대학교 전자계산기공학과 졸업(학사)

1992년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1996년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1996년~현재 한국전자통신연구원 표준시험연구팀 선임연구원

관심분야 : 고속통신망 프로토콜 표준, 대내 통신망 프로토콜, Home ATM Network, Desktop ATM 표준



김장경

e-mail : jkkim@pec.etri.re.kr

1980년 연세대학교 전자공학과 졸업(학사)

1989년 Iowa State Univ. Computer Engineering(M.S.)

1992년 Iowa State Univ. Computer Engineering(Ph.D.)

1980년~1986년 국방과학연구소 연구원

1994년~1995년 미국 Univ. of Maryland 파견 국제공동연구 수행

1992년~현재 한국전자통신연구원 표준시험연구팀 팀장/책임연구원

관심분야 : 고속통신망 프로토콜 표준, Home ATM Network, High Performance Architecture, 컴퓨터 통신 프로토콜 상호운용성 시험