

主題

개방형 네트워크 기술 개요

한국전자통신연구원 이 병 선, 전 경 표

차례

- I. 서 론
- II. 개방형 네트워크의 구조
- III. 개방형 네트워크의 주요 기술
- IV. 개방형 네트워크 제품 및 시장동향
- V. 결 론

I. 서 론

국내의 통신망 근대화 계획이 추진된 이후 최근까지 가장 중점적으로 다루어진 목표가 서비스 용량의 확대와 전송 속도의 증가에 두어져 왔다. 이러한 목표들은 상당한 성과를 거두었고 이제는 새로운 문제에 당면하게 되었다. 그것은 최근에 폭발적으로 증가하고 있는 인터넷 서비스와 무선 서비스를 효율적으로 수용하는 것이다. 새로운 서비스들은 기존의 서비스와는 그 수와 양에 있어 비교가 될 수 없는 다양한 형태로 나타나고 있고 앞으로도 그 속도가 가속화될 것이다. 또한, 근래에 들어서는 무한 경쟁의 통신 시장의 환경 변화로 인해 누가 현존하는 서비스를 보다 경제적으로 제공할 수 있으며, 신규 서비스의 유연한 수용이 가능한 통신망을 조기에 구축하느냐가 모든 통신망 사업자들의 최대 관심사가 되고 있다[1].

이러한 멀티서비스들을 어떻게 수용할 것인가? 이에 대한 해결책으로 제시되고 있는 것이 개방형 네트워크 기술이다. 개방형 네트워크 기술은 통신망의 기

능(Capability)과 통신망을 구성하는 통신시스템의 구조(Architecture)를 통신망 사업자, 통신 서비스 제공자, 통신 장비 제조업체들에게 개방하여, 새로운 서비스 및 통신 기술들이 통신망에 안전하고 빠르게 적용될 수 있도록 하며, 다양한 서비스를 하나의 통신망에 수용할 수 있도록 하기 위한 기술로서, 개방형이라는 개념과 멀티서비스 통합이라는 개념을 주요 기반으로 하고 있다[16, 17].

개방형이라는 개념은 그림 1과 같은 형태로 통신망의 기능에 대한 접근을 가능하게 하는 API(Application Programming Interface) 및 절차에 대한 표준화, 그리고 통신망을 구성하는 통신 시스템의 구조 및 통신 서비스를 제어하기 위한 프로토콜에 대한 표준화를 통해 이루어진다. 이러한 표준화 작업을 통해 통신망 사업자는 신규 서비스를 손쉽게 도입할 수 있고, 망을 구축하고 있는 통신 시스템을 기술 발전에 따라 가격 경쟁력이 있는 여러 벤더들의 제품으로 추가, 교체할 수 있게 된다[18].

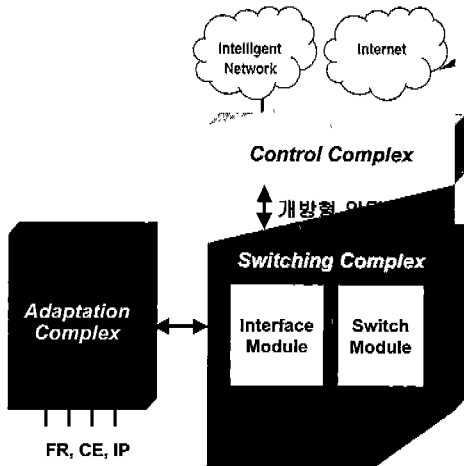


그림 1. 개방형 멀티서비스 네트워크 모델

멀티서비스 개념은 표준화가 이루어진 개방형 교환시스템을 통해 하나의 통신망에 현존하는 모든 서비스들(IP 서비스, 음성 서비스, 데이터 서비스 등)과 새로운 서비스들이 함께 수용될 수 있도록 하는 것이다. 멀티서비스를 수용하기 위해서는 서비스의 종류에 관계없이 동일한 형태의 인터페이스로 수용하는 것이 바람직하고, 서비스 종류별로 독립적인 컴포넌트로서 구성함으로써 서비스별로 Plug-in이 가능하게 구성하는 것이 필요하다.

이러한 개방형 네트워크 기술이 통신 서비스 사용자, 통신망 사업자, 통신장비 제조업체, 통신 서비스 제공자들에게 주는 이점은 다음과 같다.

통신 서비스 사용자는 현존 서비스를 서비스 내용의 변경 없이 현재보다 경제적인 가격으로 제공받을 수 있으며 고품질, 광대역폭의 멀티미디어 서비스와 같은 신규 서비스를 신속하게 제공받을 수 있다. 또한 경우에 따라서는 사용자 주도의 신규 서비스가 가능해지기 때문에, 자신만의 고유 서비스 창출이 가능해진다. 통신망 사업자는 멀티서비스 통합 관리를 통한 망 운용유지비를 최소화할 수 있고, 신속한 신규 서비스 제공으로 경쟁력 확보가 가능하다. 그리고, 경쟁력이 있는 벤더의 제품으로 망 구축이 가능해지고 통신사업자의 필요에 따라서 통신망 장비의 일부

컴포넌트를 손쉽게 교체할 수 있어 시스템 용량 확장과 성능 향상이 용이하게 된다. 통신 서비스 제공자는 통신망 사업자와는 별도로 표준화된 인터페이스 기반의 독자적인 신규 서비스 창출이 가능해진다.

본 논문의 2장에서는 개방형 네트워크와 개방형 교환시스템의 구조적인 특징을 살펴보고, 3장에서는 개방형 네트워크를 구현하기 위한 주요 기술들에 대하여 알아본다. 4장에서는 개방형 네트워크와 관련하여 현재 진행중인 국제 표준화 기구의 활동 내용과 동향에 대하여 간략히 기술하고, 5장에서는 주요 개방형 시스템 제품들과 앞으로의 시장 전망에 대하여 알아보고, 마지막으로 제6장에서 결론을 맺는다.

II. 개방형 네트워크의 구조

1. 개방형 네트워크 모델

개방화 된 네트워크 구조의 핵심은 기능별로 잘 분리된 컴포넌트와 이들간 인터페이스의 표준화이다. 우선 기능별로 잘 분리한다는 개념은 새로운 서비스와 기술들이 쉽게 적용될 수 있도록 분리한다는 의미를 포함하고, 동시에 네트워크의 기능과 교환기의 구조에 대하여 개방화가 될 수 있는 구조로 분리한다는 의미를 동시에 지니고 있다.

개방형 네트워크의 구조에서 전제해야 할 것은 기존 공중통신망 서비스와 새로운 인터넷 서비스를 수용하는 것이다. 이를 위해 물리적인 구현 관점에서 본 패킷 기반의 개방형 네트워크 모델은 그림 2와 같다.

기본적인 구조는 기존의 교환시스템에서 스위치 패브릭과 이를 제어하는 스위치 제어기(SC: Switch Controller)를 분리하는 것이다. 이와같은 분리는 인터페이스의 표준화를 전제로 하는 것이며 스위치와 제어기의 사이는 GSMP(General Switch Management Protocol)을 사용한다

[5]. 또한 다른 네트워크와의 연동을 위한 미디어 게이트웨이(MG : Media Gateway)를 두고 이 미디어 게이트웨이가 역시 제어기(MGC : Media Gateway Controller)를 분리하여 별도로 둔다.

미디어 게이트웨이와 제어기 사이에는 MEGACO(Media Gateway Control) 프로토콜을 사용하여 개방형 인터페이스를 실현한다. 이미 운영 중인 공중 통신망과의 신호 접속을 위해 신호 게이트웨이(SG : Signaling Gateway)를 두어 연동을 하게 되는데 이 신호 게이트웨이와 MGC 사이에는 이종 망간의 신호를 서로 연동이 가능하도록 바꾸어 주는 SIGTRAN 프로토콜을 사용하게 된다.

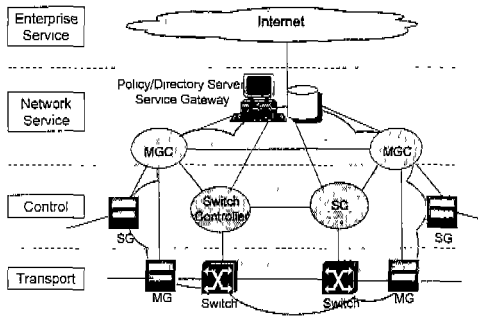


그림 2. 패킷 기반의 개방형 네트워크 모델

이러한 구조를 크게 보면 하드웨어 위주의 전달 (Transport) 계층과 소프트웨어 위주의 제어 (Control) 계층을 완전히 분리하고 이 계층 간을 개방형 프로토콜로 연동이 되도록 한 것이며, 서비스 계층과는 별도로 표준화된 API를 정의하여 역시 개

방화 되도록 하는 것이다.

이러한 기본적인 개방형 네트워크 모델을 기반으로 하여 기존의 공중통신망과 새로운 개방형 네트워크의 연동이 가능한 ATM 기반의 네트워크 구조를 예로 들면 그림 3과 같은 형태가 된다. 기존 PSTN/ISDN 망과 연동을 위하여 Trunking 기능을 담당하는 미디어 게이트웨이를 이용하고 분리된 제어기와는 개방형 프로토콜을 사용한다. 다수의 MGC가 존재할 경우에 MGC 간에는 SIP-T(Session Initiation Protocol-Telephony)나 BICC(Bearer Independent Call Control)를 사용하여 연동을 하게 된다. SIP-T는 IP 기반의 SIP을 확장하여 통신망에서 사용하는데 불편이 없도록 하기 위한 프로토콜이며 BICC는 호서비스 제어를 위한 프로토콜로 SIP-T로 구현이 되지 못하는 경우를 위하여 사용한다. 이 네트워크 구조는 개방형 구조로 VTOA를 구현하고자 할 경우에 적용할 수 있다.

2. 개방형 교환시스템 구조

통신망에서 핵심 역할을 담당하는 교환시스템의 경우에 개방형 구조의 개념은 다른 시스템보다 우선적으로 적용된다. 개방형 교환시스템 역시 스위치와 제어기가 분리되어 있는데 MSF에서의 제안하고 있는 멀티서비스 교환시스템 구조를 보면 스위치의 형태에 따라 그림 4와 같이 세 종류로 구분을 하고 있다. 이 세가지 종류의 교환시스템은 개방형 네트워크의 주요 노드에서 각자의 기능을 담당하는 형태로 적

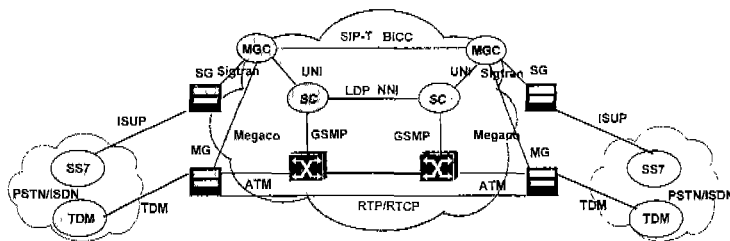


그림 3. ATM 기반의 개방형 네트워크 구조 예

용이 되며, ATM 뿐만 아니라 IP 네트워크 까지 수용이 가능한 형태로 되어있다.

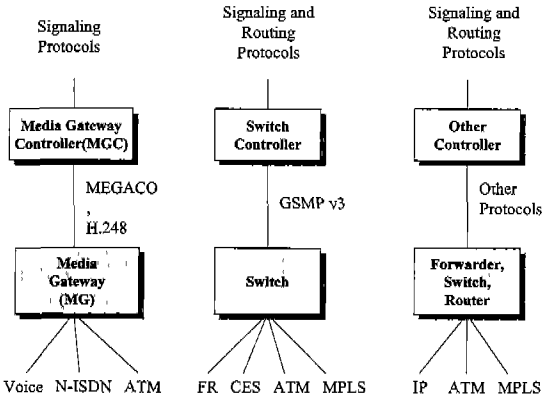


그림 4. MSF의 교환시스템 종류

하나의 교환시스템 내부 구조를 보면 기존의 교환시스템 구조와 개방형 교환시스템 구조가 어떻게 변하는지를 쉽게 알 수가 있다. 개방형 구조는 표준 인터페이스를 이용해 교환 기능과 서비스들을 각각 분리시키게 되며 그 구조를 비교해 보면 그림 5와 같다.

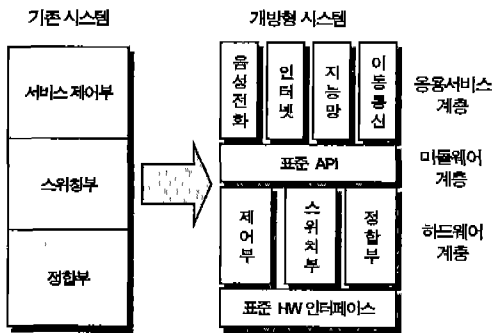


그림 5. 기존 교환기와 개방형 교환기의 비교

개방형 교환시스템은 현재까지의 통신망의 수직 계층 구조와는 달리 수평적인 계층 구조를 갖고 있으며, 개방형 시스템은 하드웨어와 소프트웨어가 완전히 독립적으로 분리되고, 소프트웨어는 표준화 된

API를 통하여 하드웨어를 제어한다. 또한 개방형 교환시스템의 서비스 제어를 위한 소프트웨어 및 하드웨어는 표준화된 모듈과 모듈간의 인터페이스를 통해 연동되므로, 여러 통신장비 업체의 제품들이 서로 호환성을 가질 수 있게 되어 다양한 통신장비 제조업체들의 교환시스템 시장 진입을 가능하게 한다.

3. 미디어 게이트웨이(MG)의 구조

가. 미디어 게이트웨이 개념 모델

미디어 게이트웨이는 개방형 구조의 차세대 통신망의 핵심 기능 장치로서 주 목적은 미디어 포트를 통해 연동 망으로부터 입력되는 음성 및 데이터 정보를 IP나 ATM등의 패킷으로 변환하여 고속의 패킷 core 망을 통해 목적지로 전송하는데 있으며 이를 위해 MG는 회선, N-ISDN, FR 및 무선등 다양한 형태의 입력 트래픽을 수용할 수 있는 정합 기능과 이들을 패킷으로 변환할 수 있는 기능 및 관련 프로토콜 처리 기능 등을 수행할 수 있어야 한다.

그림 6은 MG와 MGC에 대한 개념 모델로서 MG에는 연동망과의 정합 및 데이터 포맷 변환 기능을 수행하는 미디어 포트 모듈과 패킷망의 베어러 연결을 관리하는 베어러 제어 모듈 및 패킷망과의 정합 기능을 수행하는 패킷 포트 모듈, 그리고 미디어 포트 모듈과 패킷 포트 모듈간의 스위칭 기능을 수행하는 가상 스위칭(virtual switching) 기능 모듈로 구성된다. 또한, MGC에는 기존의 SS7 신호망을 이용하거나 연동 기능을 수행하는 신호 게이트웨이 제어 모듈과 연동망 및 패킷망의 자원 관리 및 신호 프로토콜 처리를 수행하기 위한 미디어 포트 제어 및 서비스 호제어 모듈이 필요하다. 한편, MG와 MGC 간의 표준화된 인터페이스 프로토콜로는 앞에서 언급된 것과 같이 MEGACO/H.248 프로토콜이 사용된다.

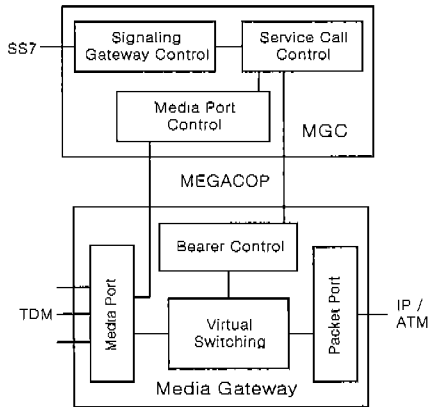


그림 6. MG / MGC의 개념 모델

이와 같이 구성된 미디어 게이트웨이 기능은 기존의 회선, N-ISDN 및 FR와 같은 전달망들을 고속 패킷망으로 통합하여 자연스럽게 차세대 통신 망으로 진화해 나갈 수 있는 단계를 제공한다.

나. 미디어 게이트웨이 종류

차세대 통신망 시스템의 미디어 게이트웨이에는 연동되는 망에서 요구하는 서비스에 따라 그림 7과 같이 Residential Gateway, Access Gateway 및 Trunking Gateway로 나눌 수 있다.

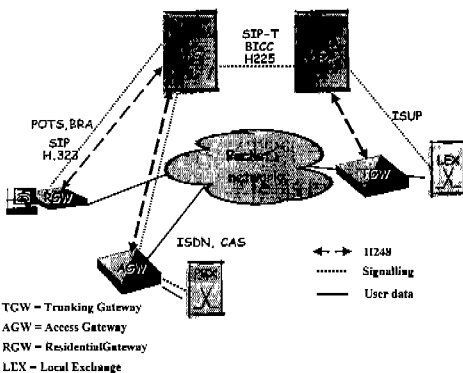


그림 7. 미디어 게이트웨이 종류

- Residential Gateway

가입자 망에 연결되어 직접 전화나 PC등의

PSTN/N-ISDN 및 xDSL 가입자를 수용할 수 있는 게이트웨이로서 다양한 종류의 가입자 인터페이스를 처리하여 가입자의 음성 서비스나 VoIP 서비스 등을 직접 패킷망으로 연동시켜주는 기능을 수행한다.

- Access Gateway

기존의 access node인 PBX나 FLC 등과 같은 통합형 가입자 접속 장치들을 수용할 수 있는 게이트웨이로서 PRI 인터페이스 처리 기능 등을 수행한다.

- Trunking Gateway

기존의 Toll/Tandem 교환기를 대신할 수 있도록 Local 교환기에 연결되어 있는 PSTN이나 N-ISDN의 중계선 라인과 연동할 수 있는 게이트웨이로서 중계선 신호 프로토콜 처리, VTOA 서비스를 위한 AAL1/AAL2 Trunking 기능 등을 수행한다. 이는 기존 망의 진화 단계에서 가장 먼저 설치되어 기존의 PSTN이나 N-ISDN 망을 차세대 교환망으로 수용할 수 있는 기능을 제공해 준다.

4. 음성 서비스 지원 기술

가. VTOA (Voice and Telephony over ATM)

ATM Forum을 중심으로 표준화가 진행되어 온 VTOA 기술은 음성 트래픽을 ATM망을 통해 전송하는 방식으로 AAL1을 이용한 trunking 방식과 AAL2를 이용한 Non-switched/Switched trunking 방식 및 Loop emulation service 방식이 제안되어 있다.

또한 VTOA를 위한 미디어 게이트웨이는 그림 8과 같이 Enterprise 망이나 Access 망과 연동하는 Access Gateway와 PSTN 망과 중계선으로 연동되는 Trunking Gateway가 사용되며 TDM 음성 데이터를 AAL1이나 AAL2로 변환하는 기능, ATM Trunking 신호 기능, PSTN/N-ISDN 신

호 메시지 중단 및 호 제어 기능들이 수행되어야 한다.

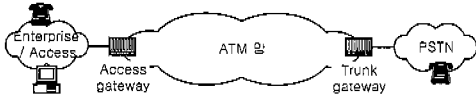


그림 8. VTOA 망 구성도

나. VoIP(Voice over IP)

IP 망을 통해 음성 트래픽을 전달하는 VoIP 기술은 컴퓨터 망에서 H.323을 이용한 gateway/gatekeeper로 시작하여 초기에는 서비스 품질 문제로 인하여 주목을 받지 못했으나 최근에는 인터넷 사용자의 확산과 통신 비용 절감, 관련 기술의 발달 및 UMS등의 부가 서비스 개발로 인하여 시장이 급속도로 발전하고 있다.

VoIP는 현재 PC-to-PC나 PC-to-Phone 형태까지 발전하였으며 IP 기반의 차세대 통신망으로 발전할 경우 Phone-to-Phone 형태로 서비스될 것이다. 한편, VoIP를 위한 프로토콜로는 서비스 제어 및 signaling을 위한 SIP/SAP/SDP와 미디어 전달을 위한 RTP/RTCP/RTSP. 그리고, Gateway 제어를 위한 MEGACO, SCTP 프로토콜등이 표준화되고 있다.

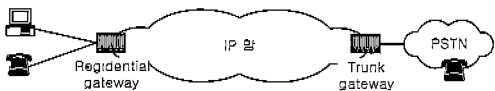


그림 9. VoIP 망 구성도

VoIP 서비스는 그림 9와 같이 가입자 망에 직접 연결되는 Residential gateway가 적용되어 음성 데이터를 IP 패킷으로의 변환 기능, 가입자 신호 중단 및 호 제어 기능 및 가입자 번호와 IP Address 연동 기능 등을 수행하여야 한다.

다. VoDSL(Voice over DSL)

VoDSL은 가입자 망의 DSL 회선을 통해 유입된 음성 트래픽을 VTOA나 VoIP를 이용한 초고속 패킷망을 경유하여 PSTN 망으로 전송하는 방식으로 그림 10과 같이 IAD(Integrated Access Device), DSLAM 및 PSTN망과 연동되는 미디어 게이트웨이로 구성된다. 이 VoDSL은 기존의 xDSL 장비 제조업체들이 차세대 통신망에 제안한 서비스 형태로서 현재 SOHO 가입자들을 대상으로 ATM 기반의 패킷망에 적합한 VoDSL 서비스 계획을 발표하고 있다. 이 VoDSL은 미디어 게이트웨이 관점에서는 새로이 추가되어야 할 기능은 없으며 PSTN 망과 연동 형태에 따라 Trunking 이나 Access Gateway 기능을 제공하면 된다.



그림 10. VoDSL 망 구성도

라. VoMPLS

VoMPLS는 음성 트래픽을 MPLS 기반의 패킷망을 통하여 전송하는 방식으로 그림 11과 같은 망 구조를 갖는다. VoMPLS는 기존의 VoIP에서 지원하지 못한 QoS 기능들을 MPLS 망의 트래픽 엔지니어링 기능을 이용하여 CAC 및 LSP를 이용한 베어러 회선 QoS등을 지원할 수 있다. 이를 위해 미디어 게이트웨이에는 PSTN 과의 연동 기능뿐만 아니라 IP와 MPLS간의 연동 기능이 추가되어야 한다.

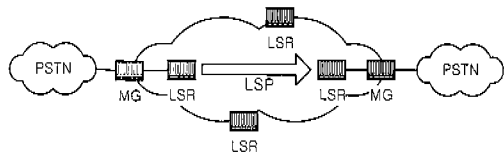


그림 11. VoMPLS 망 구성도

Ⅲ. 개방형 네트워크의 주요 기술

1. 개방형 하드웨어 플랫폼 구축 기술

개방형 통신시스템을 구성하는 하드웨어는 기능적으로 독립되고 재사용이 가능한 단위의 컴포넌트로 구분하는 것이 중요한데 어떤 단위로 구분하는 것이 가장 효율적이나 하는 것은 시스템의 기능과 그 특성에 따라 달라진다. 교환시스템의 경우에는 지원하는 통신 서비스에 따라 Media Gateway, Edge Switch, Core Switch, Edge Router, Core Router 등으로 분류되며 이러한 하드웨어의 개방화를 위해서는 하드웨어 컴포넌트 간에 표준 인터페이스를 정하여, 다른 하드웨어 컴포넌트와 독립적인 동작이 보장되도록 하는 표준화 기술이 필요하다.

기존의 교환시스템에서는 외부의 인터페이스로 ATM UNI 인터페이스 등의 표준화된 인터페이스를 사용하고, 스위치 모듈과 정합 모듈(가입자, 중계선) 간에는 표준화가 되지않은 통신 장비 벤더 자체의 인터페이스 기술을 사용하였으나, 최근에 정합 모듈과 스위치 간의 인터페이스 표준화가 CSIX(Common Switch Interface) 컨소시엄에서 진행되고 있으며, 이 정합 모듈과 이를 제어하는 소프트웨어 사이의 인터페이스는 CPIX(Common Programming Interface) 포럼에서 진행되고 있다.

이러한 표준 인터페이스를 적용을 할 경우에는 일반적으로 전용 인터페이스를 사용할 경우보다 성능이 저하되므로 고성능의 하드웨어가 필요하다. 따라서 고속의 스위치 패브릭과 고속의 정합 모듈 개발 기술이 이에 병행하여 연구되어야 한다.

2. 개방형 소프트웨어 플랫폼 구축 기술

개방형 멀티서비스를 실현하기 위해서는 소프트웨어가 분산 환경에서 독립적이고 이식성이 보장되어야 한다. 따라서 미들웨어의 사용이 필수적이며 이

를 위해 케임브리지 대학의 Switchnet, 콜럼비아 대학의 COMMNET와 같은 미들웨어의 연구가 진행되어 왔고, Nortel Networks, Lucent Technologies 등에서는 통신용 미들웨어 소프트웨어를 적용한 시스템을 개발하고 있다. 그러나 현재 상용화 되어있는 대부분의 미들웨어들은 통신시스템의 실시간 서비스를 제공하기 위한 타이밍, 이벤트, 통지, 우선순위 기반의 스케줄링등을 만족시키지 못하기 때문에 통신망에서 사용할 새로운 미들웨어의 구현 기술이 필수적이다. 그러나 범용성이나 표준화와 성능은 서로 상반적인 것이기 때문에 통신시스템 용으로 사용이 가능한 미들웨어의 별도 표준화는 필수적인 것이며 이를 위해 OMG에서도 통신용 실시간 CORBA의 규격을 준비중에 있다[8].

그리고, 개방형 서비스를 구현하는 소프트웨어 컴포넌트들은 플랫폼 상에서 위치에 종속되지 않고 필요시 바인딩되어 서비스를 제공해야 하므로 컴포넌트의 생성, 설치, 수행, 수정 및 삭제 등의 기술과 컴포넌트를 재사용하는 기술 정립이 반드시 필요하다. 이는 기존의 컴포넌트 소프트웨어 개발 방법으로 해결할 수 있는 것이 아니고 여기에 실시간성과 같은 통신시스템의 특성을 감안한 개발 방법이 정립이 가능해야 향후 서비스의 유지보수와 형상관리를 효율적으로 할 수 있다.

모든 통신 서비스는 플랫폼 상에서 표준화된 API와 개방형 신호 프로토콜을 통하여 수행되도록 함으로서 서비스 소프트웨어가 타겟 플랫폼에 의존적이지 않도록 하며, 각 서비스 단위로 통신 망에 추가하거나, 삭제할 수 있도록 모듈화하고 제어하는 기술이 중요하다. 따라서 향후 개방형 소프트웨어의 성패는 통신용 미들웨어 표준화 및 성능의 개선 정도에 따라 크게 영향을 받을 수 있다.

3. 개방형 제어계 구성 기술

개방형 교환시스템의 하드웨어를 이용하는 다양한

서비스를 지원하기 위해서는 각 서비스에 필요한 기능들이 독립적으로 구현되고, 제어될 수 있어야 한다. 하드웨어의 제어 기능에 대한 구현의 독립성과 프로그래밍의 용이성을 위해 CPIX 포럼에서 현재 표준화가 진행되고 있는 네트워크 프로세서에 대한 기술이 필요하다. 그리고 대용량의 트래픽을 제어하기 위한 고속의 프로세서를 구현하는 기술과 멀티서비스를 제어하는 고장감내(Fault Tolerant) 프로세서 기술들도 필요하다.

현재의 개방형 시스템들에 대한 표준화는 기능들과 인터페이스 위주로 진행되고 있으며 신뢰도 및 가용도를 보장하기 위한 측면으로는 아직 여력이 미치지 못하고 있는 것이 현실이다. 그러나 개방형 멀티서비스의 상용화를 위해서는 신뢰도 보장을 위한 장치가 필수적으로 요구되며, 이는 현재 진행중인 표준화의 기본 틀을 훼손하지 않는 범위 내에서 이루어질 수 있도록 추진될 것이다. 이를 위해서는 새로운 제어계의 이중화 또는 다중화 기술이 필요하며, 서비스 소프트웨어들이 이러한 다중화에 독립적이 될 수 있도록 구성하는 기술이 요구된다.

개방형 제어계를 위해서는 개방형 소프트웨어를 지원할 수 있는 실시간 OS와 실시간 메모리 상주형 DBMS의 기술 개발이 필요하다. 현재의 Unix와 같은 범용 OS들은 개방형 소프트웨어를 개발하는데 기능적인 면이나 상용성 측면으로는 이점이 있으나 많은 통신시스템이나 서비스에서 요구되는 실시간성을 만족시키지는 못하고 있다. 따라서 이러한 요구사항을 만족시키는 방향으로 현재의 OS가 발전을 하거나 새로운 실시간 OS가 나타나 이 분야를 평정하거나 할 것으로 예측된다. 이를 위해서 실시간 OS는 표준 POSIX(Portable Operating System Interface) 규격과 같은 API를 제공하는 것이 바람직할 것으로 보이며, 여기에 만족할만한 실시간 처리 레벨의 프로세스 제어 기능을 제공해야 한다.

또한 통신서비스 상용화에 필수적인 데이터 베이스 사용은 개방형 소프트웨어의 구현에 걸림돌이 되

기도 하는데 이는 데이터베이스 특성상 국부적인 소프트웨어 부분에만 적용하는 경우가 거의 없기 때문이다. 따라서 데이터베이스를 사용하되 여러 종류의 데이터베이스가 서로 호환이 될 수 있는 방향으로 사용자 인터페이스를 표준화 하는 DBMS 기술이 전개 될 것으로 예측된다. 이는 결국 실시간 메모리 상주형 DBMS를 사용하되 통신 분야에 적합한 표준 SQL(Structured Query Language) 인터페이스를 정의하여 이를 제공하는 방향으로 움직일 것으로 판단된다.

4. 개방형 서비스 제어 기술

개방형 구조를 가지면서 멀티서비스를 제어하기 위해서는 서비스별로 독립적인 제어가 가능해야 한다. 이를 위해 음성서비스뿐만 아니라 Native ATM 서비스, MPLS 서비스, 무선서비스, 그리고 차세대 IP 서비스 까지 향후 모든 종류의 서비스들을 서로 독립적으로 제어할 수 있는 구조와 기술을 확보해야 한다. 교환시스템 소프트웨어에 대한 컴포넌트 개념의 정립이 필요하며, 여러 서비스에 공동으로 사용되는 기능들에 대한 컴포넌트 개발 기술이 필요하다. 더불어서 컴포넌트의 재사용을 위한 방법론의 정립이 필요하다.

또한, 개방형 교환시스템의 각 서비스를 제어하기 위한 표준화된 통신 프로토콜 개발 기술이 필요하다. 통신 서비스를 제공하기 위해 물리적으로 독립된 하드웨어의 베어러 연결 설정 및 해제를 제어하는 GSMP 프로토콜 개발 기술, 그리고 음성 데이터, Frame Relay 등을 IP/ATM 망에 적용시키기 위해 미디어간의 변환 및 연결 설정 제어를 위한 MEGACO 프로토콜, 그리고 SIP-T, SIGTRAN, GMPLS 등 여러 기관에서 표준화가 진행되고 있는 개방형 통신 프로토콜들에 대한 개발 기술이 필수적이다.

또한 서비스 개발자 및 사업자가 통신망의 기능을

제어하기 위한 안전하고 신뢰성 있는 API 개발 기술이 필요하다. 이러한 API들은 Parlay, JAIN (Java API for Integrated Networks) 단체들에서 표준화가 진행되고 있다. 이들 표준화 단체의 동향을 분석하여, 이러한 API들을 통신망에 어떻게 적용할 것인가에 대한 망 구조 정립 작업이 필요하며, 망 사업자들에게 이들을 이용한 서비스 생성에 대한 개념 정립도 필요하다.

IV. 개방형 네트워크의 표준화 동향

개방형 네트워크 기술에 관한 표준화는 1998년도부터 IEEE PIN(Programmable Interfaces for Networks), MSF(Multiservice Switching Forum), Parlay로부터 추진되어 현재 ISC(International Softswitch Consortium), JAIN(Java APIs for Integrated Networks), CSIX(Common Switch Interface), CPIX(Common Programming Interface) 등이 추가로 창설되어 각각 주활동 분야별로 표준 인터페이스에 대한 정립을 활발하게 추진 중에 있다. 본 장에서는 이들 표준화 단체의 활동에 대해서 간략히 살펴본다.

1. IEEE PIN Working Group[2,6]

1997년 12월에 결성된 IEEE PIN(Programmable Interfaces for Networks) 표준화 연구 그룹에서는 미래의 통신망을 거대한 컴퓨터로 보고 있으며, 따라서 망 운용자나 서비스 이용자가 원하는 서비스를 자유롭게 프로그래밍 할 수 있을 것으로 보고 있다. 또한, 미래의 통신 시장은 지금의 독점적인 통신 시장에서 자유 경쟁 체제로 재편될 것이며, 이러한 경쟁 체제는 통신 시장은 세개의 독립적인 시장(하드웨어 시장, 미들웨어 시장, 소비자 서비

스 시장)으로 나뉘어질 것으로 보고 있다. 본 연구 그룹은 이러한 관점 하에서 표준 참조 모델과 표준화된 소프트웨어 인터페이스(프로그래밍 인터페이스)에 대한 결정 작업을 행하고 있다. 그림 12는 본 연구 그룹에서 제시한 참조 모델로 하드웨어 계층과 이 하드웨어의 정보를 가지고 연결 관리 및 망관리 등을 담당하는 미들웨어 계층, 이 미들웨어를 통하여 아래 하드웨어를 제어하고 서비스 제공을 하기 위한 응용 서비스 계층의 3계층 구성을 갖는다. 현재 본 연구 그룹에서 통신망의 하부 구조로는 ATM 망, SS7 기반망, IP 라우터/스위치로 구성된 통신망을 관심의 대상으로 하고 있다.

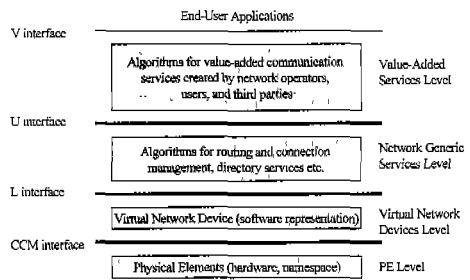


그림 12. IEEE PIN의 참조 모델

2. MSF[3,4,9]

현재의 통신 서비스는 PSTN, FR, ATM, 인터넷, 인트라넷, 전용선, 비디오 분배 서비스 등의 다양한 서비스들이 함께 공존하고 있다. 이와 같은 상황에서 현재의 통신망이 갖는 여러 제약점에서 벗어나 현존 서비스의 경제적인 제공이 가능하고, 신규 서비스의 도입도 쉽게 할 수 있으며, 전송 및 교환 자원의 공유가 가능하면서 망관리의 효율성을 제공해 줄 수 있는 새로운 멀티서비스 통신망에 대한 욕구가 증대되었다.

MSF는 바로 이러한 배경 하에서 Bellcore, Cisco Systems, MCI WorldCom 등의 14개의 통신 관련 회사들을 주축으로 1998년 8월에 구성되

였으며, 현재 통신 사업자와 통신 장비 제조업체들이 중심으로 약 60여개의 기관들이 회원으로 가입해 있다. MSF의 역할은 음성, ATM, 프레임 릴레이, IP, 영상 서비스를 모두 하나의 전송 및 교환 인프라로 수용할 수 있는 방안에 대한 연구를 통해 Reference Architecture에 대한 제시와 구성 기능 및 구성 기능 간의 개방형 인터페이스에 대한 정의하는 일로 볼 수 있다. 이와 더불어, 새로운 개방형 통신망으로의 진화를 촉진시키는 일, 멀티서비스 교환 시스템에 관한 Implementation Agreements를 완성하며 장려하는 일, 개방형 제품에 대한 상호 운용성 테스트 및 인증 작업들도 함께 목표로 삼고 있다.

그림 13은 MSF에서 기본 개념으로 가지고 있는 교환시스템의 모듈화 개념이다. 가장 기본적으로 스위칭 평면과 제어 평면을 분리하고 관리 평면도 별도로 분리하여 가능한 한 교환시스템 기능을 모듈화 할 수 있도록 하였고 기존 네트워크와의 서비스 접속을 위해 별도의 평면을 두었다.

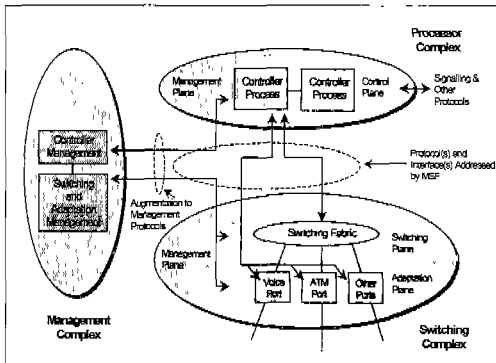


그림 13. 멀티서비스 교환시스템의 모듈화 구조

네트워크 구조 참조모델을 우선 ATM 기반으로 하여 표준안 작업을 수행하여 2000년 5월에 Rel1.0을 배포하였고 현재는 IP를 수용하여 새로운 참조구조 Rel2.0을 준비하고 있다. 앞으로는 지능망이나 인터넷 서비스와 같은 응용 서비스들과의 연동을 위하여 응용 계층에 대한 표준 API도 연구하고 있으며

이러한 작업은 Parlay나 IN Forum등 관련 기관과 협력을 통해 진행되고 있다.

3. ISC[11]

1999년 5월에 결성된 ISC는 개방형 멀티서비스 교환 시스템을 위한 기준 모델과 방법을 제시한다는 측면에서는 MSF와 비슷하나, ATM 기반의 통신망을 주요 구현 대상으로 하는 MSF와는 달리, IP 기반의 패킷 망을 주요 구현 대상으로 한다는 점에서 차이가 있다. 따라서, 관심 대상의 프로토콜도 SIP (Session Initiation Protocol), MGCP(Media Gateway Control Protocol), RTP(Real-Time Transport Protocol), RTSP(Real-Time Streaming Protocol), H.323 등이며, 제시된 기준 모델도 이들 프로토콜들의 특성을 감안하고 있다.

Softswitch란 기존의 PSTN 상에서 가능한 음성, 화상, 데이터 트래픽을 보다 더 효율적이면서 높은 부가가치를 갖는 서비스로서 실현 가능할 수 있도록 개방형 표준을 응용하고 종합적이면서 독립적인 지능형 서비스를 창출할 수 있는 차세대 통신 시스템을 일컫는 범용의 용어이다. ISC에서 정의한 Softswitch는 호 에이전트, 호 서버 또는 미디어 게이트웨이 제어기 등을 포함하는 장치로서 최소한 다음의 기능을 만족시켜야 한다.

- 미디어 게이트웨이, Native IP 종단점에 대한 연결 서비스를 제어하는 지능형 기능
- 호에 적용될 수 있는 프로세스를 선택할 수 있는 능력
- 신호와 사용자 데이터베이스 정보에 기초하여 네트워크 내에서 호에 대한 라우팅 제공
- 다른 네트워크 요소로 호의 제어를 전송할 수 있는 능력
- Provisioning, 장애, 과금 등과 같은 관리기능들을 지원하고 이에 대한 인터페이스를 제공

그림 14는 ISC에서 추구하는 Softswitch의 개념이다. 전송 하드웨어 계층과 호제어 계층을 분리하는 것이나 상위 응용 서비스나 관리 기능들과 분리하여 각각 개방형 API를 통하여 접속하는 것이 MSF와 유사하다. 그러나 그림 15에서와 같이 목표 망의 구조를 보면 기존 공중통신망과의 접속은 미디어 게이트웨이와 신호 게이트웨이를 통해서 된다는 것만 MSF와 유사할 뿐 인터넷 IP 서비스를 중심으로 한 응용 서버나 미디어 서버들과의 상호 연동 프로토콜은 SIP이나 RTP와 같이 IP 프로토콜로 사용하는 것이 MSF와 다른 것을 알 수 있다.

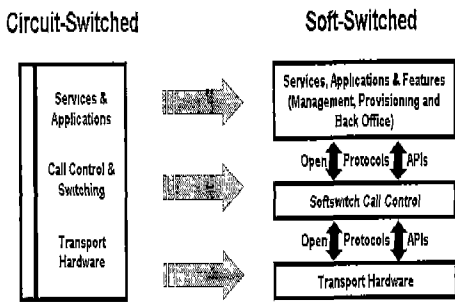


그림 14. ISC의 Softswitch

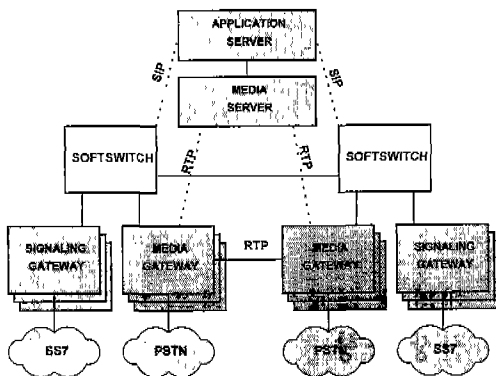


그림 15. ISC의 네트워크 구조

4. Parlay[10]

Parlay는 1998년 3월에 BT, Microsoft, Nortel Networks, Siemens, Ulticom등에 의해 발족되었고, 통신망 정보를 접근하거나 통신망 기능을 제어하기 위한 API를 만들어 내는 것을 목표로 하여 1998년 12월에 Phase 1의 규격을 발표하고 시연을 하였다. Parlay의 특징은 그림 16와 같이 현재의 통신망 인프라를 잘 갖추어진 하나의 커다란 기반 구조로 보고 정보 통신 분야의 다양한 응용 서비스들이 이 통신망 자원들을 효율적으로 접근할 수 있도록 하는 API를 정한다는 접근 방식이다.

1999년 5월에 시작된 Phase 2에서는 AT&T, Cegetel, Cisco, Ericsson, IBM, Lucent등이 참여하여 무선과 IP 분야에 초점을 두고 규격을 확장하고 있다.

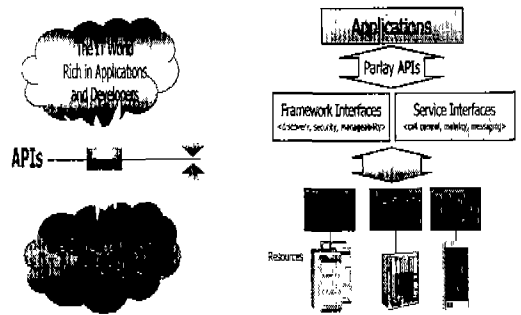


그림 16. Parlay API의 개념도

5. JAIN[7]

Java는 '어떤 플랫폼에서도 수정 없이 실행 가능'하다는 특성을 가진다. JAIN API는 통합 네트워크에서 차세대 통신 제품 및 빠른 서비스의 개발을 위한 Java 기술에 근거한 API이다. JAIN은 네트워크 서비스를 생성하고, 시험하고, 사용하는데 필요한 통신 프레임 워크를 정의하고 있는데, 그림 17과 같이 통신 네트워크의 시그널링 계층을 Java를 통해 표준화

함으로서 서비스에 높은 이식성(portability)을 부여하게 된다. JAIN은 전화/데이터 네트워크에 서비스 이식성, 네트워크 통합, 안전한 네트워크 접근을 가져다 줄 것으로 예측하고 있다.

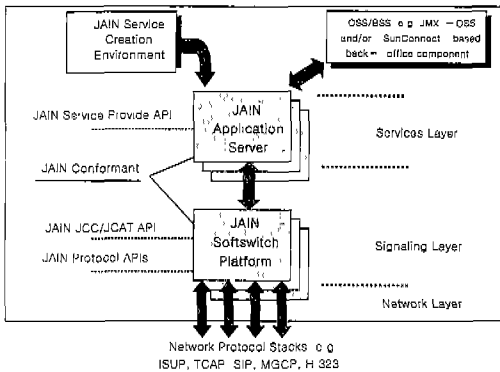


그림 17. JAIN 구조

JAIN의 핵심은 전화통신 시장을 많은 독립적 시스템에서 하나의 개방되고, 분산된 환경으로 유도해서 서비스 질과 신뢰성을 잃지 않으면서 다양한 다수의 서비스를 창출 가능하게 하는 것이다. JAIN 기술은 자바 컴포넌트 소프트웨어에 기초하고 있으므로 새로 만들어지는 서비스들은 살아있는 환경에서 추가되고, 갱신되고, 삭제될 수 있다.

독점적인 인터페이스들의 제거는 시장의 개방을 초래하고, 그에 따라 NEP(Network Equipment Provider), ISV(Independent Software Vendors), 프로토콜 스택 제공자, 서비스 제공자, 캐리어가 다양한 Java 기술을 적용한 컴포넌트들을 만들어 팔게 된다. 바로 이러한 개방 구조로 가는 것이 JAIN의 목표이다.

6. CSIX/CPIX[12,13]

1998년에 영국의 Power X사와 미국의 XaQti 사(현재 Vitesse Semicon. Corp. 사에 인수되었음)는 1년여의 공동개발을 마치고 Power X사의

TeraChannel 스위치 fabric의 전기적 인터페이스 규격을 공개표준으로 채택될 것을 목적으로 산업계에 발표하였다. 이것을 축대로 1999년 초에 CSIX라는 세계적인 산업 컨소시엄이 구성되었다. CSIX의 목적은 스위치 fabric과 다양한 벤더(vendor)의 네트워크 프로세서 간의 인터페이스를 표준화하고 네트워크 스위치와 라우터를 위한 plug-and-play 해법을 제공하는 것이다. CSIX는 트래픽 관리자(traffic manager)와 스위칭 fabric 간의 정보 전달을 위한 인터페이스를 정의한다. 그림 18은 CSIX의 구조를 보여준다.

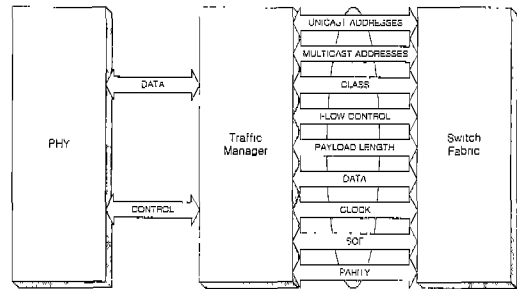


그림 18. CSIX의 구조

1999년 9월에 창립된 CPIX도 네트워크 프로세서와 다른 하드웨어/소프트웨어 요소들간의 표준화된 API를 정의하는데 그 목표를 두고 있다. 이 API를 사용하면 네트워크 장비 제공자와 독립적인 소프트웨어 제공자들이 어떠한 네트워크 프로세서 상에서도 동작이 가능한 응용 서비스들을 개발할 수 있다.

V. 개방형 네트워크 제품 및 시장 동향

1. 개방형 네트워크 제품 동향

개방형 멀티서비스 시스템에 대한 미래의 통신망은 패킷기반망으로의 발전에는 이견이 없으나, 그 패

킷 기반망이 ATM 기반이나 IP 기반이나에 대해서는 각 기술이 가지는 장단점으로 인하여 통신 제조업자들의 제품개발 동향에 있어서는 두 가지 기술이 공존하고 있음을 인지할 수 있다. 그러나 MSF나 ISC에서 정의하는 미디어 게이트웨이를 통하여 모든 서비스를 정합하여 패킷 기반의 단일망으로 통일될 것이라는 것은 제조업자들 사이에서도 공통된 인식임을 쉽게 알 수 있다.

현재 세계의 통신 제조업자들은 차세대 통신망에 대한 비전들을 제시하고, 그 비전에 맞추어 최단 시간내의 시장 선점을 위하여 제품개발의 방법론을 조금씩 달리하고 있음도 쉽게 발견할 수 있다. 각 제조업자들이 가지고 있는 차세대 네트워크에 대한 시각들은 대동소이하며 주로 MSF나 ISC를 중심으로 제기되는 개념을 그대로 수용하고 있다. 아울러 제조업자들은 무엇보다도 음성서비스를 어떻게 단일망에 통합시키느냐 그 관심이 집중되어 있으며, 이에 대한 솔루션을 위한 마케팅을 활발히 하고 있다는 점이다.

개방형 멀티서비스 시스템의 제품개발 동향에 있어서 또 하나 중요한 것은 실제 제품군의 기능형상에 대한 것이다. 이에 대해서는 다음과 같이 크게 세 가지 범주로 나누어 볼 수 있는데, 첫째 미디어 게이트웨이 및 미디어 게이트웨이 제어기의 분리 여부, 둘째, 스위칭 또는 라우팅 기능과 호/연결제어 기능의 분리 여부, 그리고 마지막으로 백본 노드의 기반 기술을 ATM 기반과 IP 기반 중에서 무엇으로 채택하느냐 하는 것이다. 미디어 게이트웨이의 경우 Nortel, Alcatel, Lucent의 경우 MG와 MGC를 분리하고 있으며, Cisco나 Ericsson의 경우 통합형 시스템을 지향하고 있다. 백본 노드의 제어 계층과 베어러 계층의 분리 여부에 있어서는 Cisco와 Ericsson을 제외한 나머지 제조업자들은 기존의 스위치나 라우터를 그대로 활용하는 전략을 구사하고 있다. 이는 시기적으로 급박한 시장이 게이트웨이 분야인 것에 기인하기도 한다. 제어와 베어러의 분리에 있어서 또 하나 간과할 수 없는 것은 ATM 기반 백

본 노드의 계층간 분리시 ATM 프로토콜의 사용 여부에 대한 논의도 활발히 전개되고 있다. 이에 대한 논의의 원인은 ATM 프로토콜의 실질적 효용과 인터넷의 폭발적인 증가로 인한 MPLS의 수용, WDM 기술의 눈부신 발전에 있다. 백본망의 기반 기술에 있어서는 아직까지 통합 서비스를 제공한다는 측면에서 ATM 기반이 우세에 있었으나, VoIP, IP QoS 기술 등을 기치로 한 IP기반 개방형 멀티서비스 네트워크의 비전에 점점 더 무게가 실리고 있는 것이 현재의 추세이다.

2. 개방형 네트워크 시장 동향

개방형 네트워크 기술이 지향하는 바가 모든 서비스를 하나의 통합된 네트워크에서 수용하는 것이기 때문에 사실상 뿐만 아니라 ISP를 포함하는 모든 공중통신망 시장을 대상으로 하고 있고 비개방형 제품군에 기초한 시장 규모 예측보다는 더욱 큰 시장을 형성할 것이다. 아울러, 개방형 네트워크 기술은 기존의 ATM, IP 기반의 제품 뿐만 아니라 광 네트워크 제품에도 투명하게 적용할 수 있기 때문에 시장에 대한 가능성은 매우 크다.

현 시점에서의 개방형 네트워크 기술 제품군에 대한 시장은 서비스 adaptation을 위한 게이트웨이 제품들이 주종을 이루고 있다. 이는 ATM이나 IP 기반의 네트워크를 보유한 기존 통신 사업자들이 네트워크 및 서비스 통합 전략의 단계를 서비스 adaptation 제품을 필요로 하는 단계이기 때문이다. 게이트웨이 제품 시장에서도 역시 ISP들이 기존의 IP 인프라 상에서 음성서비스의 통합 수용을 위한 VoIP 게이트웨이 제품이 주종을 이루고 있다. 이는 통신사업자 입장에서 데이터가 폭발적인 증가를 보이고 있지만 음성 서비스의 수익이 전체 수익의 70% 이상을 차지하고 있고, ATM 기반의 음성 수용기술의 전개 속도가 느린 것에 기인한다.

그리고, 개방형 교환기는 이용자 및 서비스 제공자

의 필요에 따른 신규 서비스 기능의 추가 및 제거의 용이성, 시스템 구성의 경제성, 망 구성 및 유지보수의 단순성 등으로 기존의 교환기와 ATM 등 데이터 교환기에 채택되어 2005년부터는 대부분의 시장을 점유해 나아갈 것으로 전망된다.

VI. 결 론

개방형 네트워크와 개방형 멀티서비스의 개념은 교환시스템 등 특정 시스템에만 적용을 할 수 있는 것이 아니며 네트워크 상의 모든 통신 장비에 적용을 할 수 있는 개념이다. 단체별로 표준화 추진 현황을 보면 각각 구형 기술의 측면에서 차이점이 있을 뿐만 아니라 서로 관심을 갖고 있는 중점 영역의 측면에서도 차이가 존재한다. 따라서, 하나의 통일된 형태로 개방형 멀티서비스 기술에 대한 표준화가 이루어지기는 어려울 것으로 판단되며, 여러 가지 형태로 규격 제정이 이루어질 것으로 예상된다. 하지만, 이들 규격 간에서 서로 대립적인 관계가 아니라 상호 보완적인 측면이 강할 것으로 보이며, 이러한 움직임은 이미 각 표준화 단체의 활동 내용에서도 충분히 파악할 수 있다.

MSF를 중심으로 하는 개방형 멀티서비스 기술은 그동안 ATM 기반의 구조에서 현재 MPLS/IP 기반의 구조를 대폭 수용하는 방향으로 선화하고 있으며, 앞으로는 지능망 및 무선망과의 연결로까지 구조 확대를 예정하고 있어 앞으로 다른 표준화 단체들과의 교류가 점점 더 활성화 될 것으로 판단된다. 앞으로 통신사업자의 경쟁력 강화와 통신망 장비업체들의 시장 확보의 차원뿐만 아니라 사용자 중심의 서비스 창출이라는 측면에서 본 기술에 대한 관심은 더욱 커질 것이며, 그 관심은 당연히 개방형 네트워크의 조기 구축으로 이어질 것이다. 다만, 이를 위해서는 본 개념의 완벽한 정의 뿐만 아니라 보안, 신뢰성, 성능의 측면에서 미해결로 남아 있는 문제들에 대한 해결

책도 함께 제시되어야 할 것이다.

정보통신기술의 국제 표준화 단체는 최근 2~3년 사이에 급격히 증가하고, 대상 분야도 세분화, 다양화되고 있다. 향후 정보통신 네트워크 및 서비스의 경쟁력은 국제 표준화 기술의 경쟁력에 좌우된다는 것은 모든 전문가의 일치된 견해이며, 표준화 기술은 산업계에서 독자적인 투자로 효과를 얻기에는 국내 산업계 규모가 충분치 않으므로 정부의 적극적인 투자 확대가 절실히 필요한 시점이다.

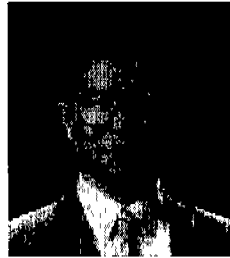
위와같이 필수적인 개방형 네트워크 표준화 기술의 시급한 경쟁력 확보를 위해서는 국내에서 활동중인 차세대 개방형 네트워크 포럼(NONF) [14]의 활성화가 매우 중요하다. 이 포럼이 다른 분야의 정보통신 포럼들과 다른 점은 개방형 네트워크 기술은 주로 대상이 국가의 핵심망을 위주로 하여 개방형 교환시스템을 중심으로 다른 통신망이나 서비스를 통합해 나아가는 시나리오로 진행된다는 것이다. 따라서 연구나 표준화 대상이 상대적으로 규모나 범위가 크기 때문에 대형 망 사업자나 통신장비 제조업체에서는 필수적인 기술로 연구 대상이 되지만 중소기업들은 그렇지 못하므로 다른 분야보다 상대적으로 관심이 적을 수밖에 없다. 따라서 이와 같은 문제점들을 극복하기 위해서는 보다 적극적인 포럼의 활동을 통하여 중소기업들이 경쟁력이 있는 전문 분야에 대한 개방형 기술을 특성화시켜 국제경쟁력을 갖도록 해야 한다.

※참고문헌

- [1] A. A. Lazar, "Programming telecommunication networks," *IEEE Network*, Sep/Oct., pp2-12, 1997.
- [2] Jit Biswas et al, "The IEEE P1520 Stands Initiative for Programmable Network Interfaces," *IEEE Communi-*

ation Magazine, pp.64-70, Oct. 1998.

- [3] MSF, "Multiservice Switching Forum System Architecture Implementation Agreement 1.0," *MSF-ARCH-001.00-FINAL*, May, 2000.
- [4] MSF, "Physical Realization of the MSF Functional Architecture," *MSF-99-138*, Aug. 1999.
- [5] IETF, "General Switch Management Protocol," *draft-ietf-gsmp-06*, July, 2000.
- [6] IEEE PIN(Programming Interfaces for Networks), <http://www.ieee-pin.org>
- [7] JAIN(Java API for Integrated Networks), <http://java.sun.com/products/JAIN>
- [8] OMG, <http://www.omg.org>
- [9] MSF(Multiservice Switching Forum), <http://www.msforum.org>
- [10] Parlay, <http://www.parlay.org>
- [11] ISC(International Softswitch Consortium), <http://www.softswitch.org>
- [12] CSIX, <http://www.csix.org>
- [13] CPIX, <http://www.cpixforum.org>
- [14] NONF, <http://www.nonf.or.kr>
- [15] IETF, <http://www.ietf.org/html.charters/gsmpcharter.html>
- [16] 강선무 외, "교환망 IP 수용방안", 텔레콤15권 1호, pp84-94, 1999.
- [17] 이정규 외, "개방형 멀티서비스 통합 교환 기술", 한국통신학회지, 2000.4.
- [18] 이병선 외, "개방형 멀티서비스 교환 기술", 텔레콤16권 1호, pp34-51, 2000.



이 병 선

1980년 성균관대학교 수학과 (학사)
 1982년 동국대학교 전산학과 (석사)
 2001년 한국과학기술원 전산학과 (박사과정수료)
 1982년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 개방형서비스팀장
 2000년~현재 차세대 개방형 네트워크 포럼(NONF) 운영위원장
 관심분야 : Distributed and Real-time Computing, Software Fault Tolerance, Component Based Software Engineering



전 경 표

1976년 서울대학교 산업공학과 (학사)
 1979년 한국과학기술원 산업공학과 (석사)
 1988년 North Carolina State University (박사)
 1979년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 광네트워크연구부장
 2000년~현재 차세대 개방형 네트워크 포럼(NONF) 부의장
 관심분야 : Network Planning, Network/Internet Traffic Control and Performance Evaluation