

통신처리시스템의 LAN 스위치 설계 및 구현

김도영*, 이주영*, 김대웅*

*한국전자통신연구원 교환전송기술연구소 지능망연구부

Design and Implementation of LAN Switch for Advanced Information Communication Processing System Plus

Do Young Kim, Ju Young Lee, and Dae Ung Kim

Intelligent Network Dept., ETRI

E-mail : dyk@etri.re.kr

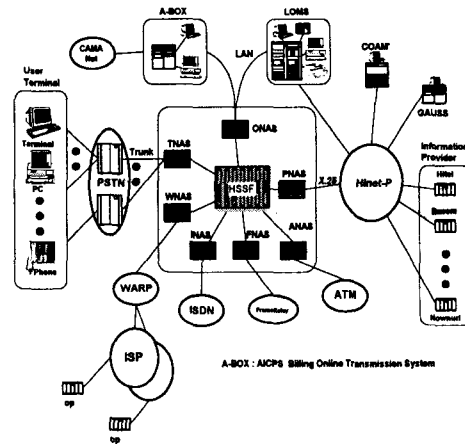
요 약

통신처리시스템(Communication Processing System)은 전화망과 ISDN 가입자들에게 전국 규모의 PC 통신 및 인터넷 액세스를 가능하게 하기 위한 망정합 장치이며, 동시에 관련 서비스 관리 기능과 같은 통신처리 서비스를 제공하는 시스템이다. 그러나 다수의 PC 통신과 인터넷 서비스 제공자들이 등장함으로써 가입자들에게 이러한 복수의 서비스 제공자 시스템으로의 동등 서비스 접속 기능을 제공하기 위해서는 시스템 내부에 고속 Switching Fabric을 통한 스위칭 기능 및 서비스 제공자에 대한 선택 기능이 요구된다.

본 논문에서는 이러한 통신처리시스템의 시스템 구성 개요 및 사용자들에게 서비스 선택 기능을 신축적으로 제공하기 위한 내부 스위치를 사용함으로써 1200 채널 규모의 PC 통신 및 인터넷 액세스 서비스 기능을 제공하는 시스템의 설계 및 구현내용을 중심으로 기술한다. 또한 시스템의 성능 및 용량 설계를 위한 LAN 스위치의 설계 모델, 기능적 요구사항, 그리고 설계 및 구현 내용에 대해 기술한다.

I. 서 론

통신처리시스템(CPS; Communication Processing System)은 전화망과 ISDN 가입자들에게 전국규모의 PC 통신 및 인터넷 액세스를 가능하게 하기 위한 망정합 장치이며, 동시에 관련 서비스 관리 기능과 같은 통신처리 서비스를 제공하는 시스템이다. 이 시스템은 용량적 측면의 확정성과 국내에 현존하는 적용 통신망의 확대 요구에 의해 (그림 1)과 같은 대용량 통신처리시스템(AICPS; Advanced Information Communication Processing System)^{1,2)}으로 발전되었다. 이는 종래의 이중 망간 정합장치 사이에 독자적인 형태의 HSSF(High Speed Switching Fabric)를 사용한 구조³⁾를 채택하여 개발되었다. 그러나 최근 LAN 스위치 관련 반도체 기술의 발달에 힘입어 저가의 스위칭 소자들이 등장함에 따라 고속의 백본 스위치로 고속의 이더넷(Ethernet) 스위치를 사용할 수 있게 되었다. 이러한 LAN 스위치 기반으로 구성된 대용량 통신처리시스템을 본문에서는 편의상 개량형 AICPS(영문으로는 AICPS+)로 부르기로 한다. 개량형 AICPS는 (그림 1)에 나타낸 바와 같이 다음과 같은 구조로 설계되었다. 시스템 내의 고속 상호 접속망인 LAN 스위치를 중심



- FNAS: Frame relay Network Access Subsystem
- HSSF: High Speed Switching Fabrics
- INAS: ISDN Network Access Subsystem
- LOMS: Local Operations and Management System
- ONAS: Operations Network Access Subsystem
- PNAS: Packet Network Access Subsystem
- TNAS: Telephony Network Access Subsystem
- WNAS: Web Network Access Subsystem

그림 1. 통신처리시스템의 전체 구성도

으로 가입자들의 액세스 망(Access Network)과는 전화망 정합부와 ISDN 정합부^[4]를 가입자에 대한 인터페이스로 하고, 국내 PC 통신 서비스 제공자들이 연결된 패킷망(X.25)과는 패킷망 정합부^[5]를 통하여, 인터넷과는 인터넷 정합부^[6]를 통하여 접속된다. 또한 최근 국내에 상용화가 시작된 프레임 릴레이망과는 프레임 릴레이 정합부^[7]를 통해 접속된다.

본 논문에서는 개량형 AICPS의 각 서브시스템(Subsystem) 간의 상호접속을 제공하는 LAN 스위치의 개수구조, 그리고 이에 따른 시스템의 형상, 스위치의 용량 산정 및 시스템의 구성에, 그리고 스위치의 기능 설계 및 구현 사항에 대해 기술한다.

II. 요구사항 분석

본 설계의 기본 환경으로 데이터 통신에 대한 용량산정이 필요하다. 가입자들의 액세스 망(Access Network)에 대한 설치용량은 설치시 이미 Erlang의 개념을 도입하여 전화가입자 대비 PC 통신 및 인터넷 액세스 사용자 수를 선정하여 설치된다고 가정하였다. 즉, 시스템에 연결된 가입자 대응 망정합부로 부터 Full load가 시스템에 인가될 수 있다. 이는 스위치 포트의 기본 트래픽의 산정의 기본이 되기 때문이다.

설계시 요구사항으로서, 서비스 제공자 망에 대한 설치 댓수는 가입자계의 실제 총 부하를 처리할 수 있는 용량 만큼 설치되므로, 목표망과 정합된 최고 성능으로 처리 능력을 제공해야 한다. 단, 서브시스템의 구현시 여러 사정으로 트래픽에 대한 성능 및 논리채널(Logical channel)수가 이에 부족한 요소는 Scaling factor $K(K \geq 1)$ 를 사용하여 설치 댓수를 증가하여야 한다.

설계 개념으로서 가입자계의 사용자가 전달계를 선택하는 정도는 서비스 이용율을 정의하여, 경우의 수를 계산하되 각 전달계를 이용하는 모든 경우를 고려하여 포트 수를 산정하였다. 또한 시스템 구성의 특성상 LAN 스위치가 일반 통신망에서 사용되는 브릿지(Bridge) 형태가 아니라, 서브시스템 간의 상호 접속에 사용되므로, 상용 LAN 스위치에서 선택적으로 구현할 수 있는 SNMP(Simple Network Management Protocol), VLAN(Virtual LAN) 및 RMON(RFC 1757) 기능은 포함하지 않는다. 그러나, 서브시스템간의 상호 접속을 위한 라우팅 정보의 형성과 관리를 위한 Auto-learning Bridge의 개념^[7]을 도입하여 시스템 간의 상호 접속 및 확장성을 고려 하였다.

III. 설계

개량형 대용량 통신처리 시스템의 형상은 물리적으로(그림 1)에 도시한 AICPS의 형상에서

HSSF(High Speed Switching Fabric)^[3]를 LAN 스위치로 대체한 구조이며, 물리 계층적으로 10/20 Mbps (Half 또는 Full-duplex 통신방식 사용)급의 포트를 스위치 및 각 망 정합부가 구비한 구조를 갖는다.

시스템 백본 망의 LAN 스위치의 용량 산정을 위해 먼저 용량 설계 모델을 구성하였다. 이는 시스템의 구성에 따라 스위치 용량을 도출하기 위한 단순 모형으로 하였다. N을 소요되는 총 스위치 포트수, A/B/C/D/E를 각각 전화망/ISDN/패킷망/인터넷망/정합부 관리장치 정합부의 개수라 하고, 이용자의 서비스 선택 속성에 따른 Download 비율 대 Upload비율은 1에 수렴한다고 가정하면, 전체 스위치의 용량 N은 $M(M = A+B+C+D+E$ 의 합)보다 커야 한다.

전화망 정합의 경우를 예를 들면 시스템이 4개의 E1 트렁크 단위로 접속되므로, 단위 시스템당 120 가입자를 수용한다. 이들 120 가입자가 동시에 발생시킬 수 있는 Real Full load는 실제 Real Full load의 2 배인 40%를 처리할 수 있도록 설계하였다. 실제 Real Full load는 현장 실험적인 결과에 따라 20% 수준인 것으로 추정하였다. 이에 따라 다음과 같은 용량 설계 방식을 구성한다.

기존의 HSSF 방식에 비해 LAN 스위치 기반의 백본 망을 사용할 때 가장 큰 장점은 System Interconnection 방식에 Ethernet 스위치를 도입함으로써, 시스템의 형상 및 용량 설계를 매우 신속적으로 실시할 수 있다는 점이다. 즉, 다양한 시스템의 형상을 구성할 수 있으며, 가입자 계의 규모에 따라 자동적으로 전체 시스템 구성에 필요한 LAN Switch의 포트 수는 다음과 같은 용량 설계 단계 절차에 의해 결정할 수 있다.

첫째, 가입자계의 규모를 결정한다.(예: PSTN M 가입자, ISDN N 가입자, 단 $M+N <$ 최대 가입자 수) 둘째, 가입자계의 총 트래픽 / Real Full Load를 계산한다. 셋째, Packet / Internet 서비스 이용율에 따른 총 포트 수를 계산한다. 넷째, K factor를 고려하여 포트 수 결정한다. 다섯째, 시스템을 구성하고 실제 서비스 이용율/추세에 따라 서비스 제공자 망정합부의 수량을 조정한다.

이상과 같은 절차에 따라(그림 1)에서 나타난 전화망과 ISDN 망정합 서브시스템들로부터 전달망으로의 트래픽을 모두 계산하여 적정 포트 수를 최대 16 포트 규모이면 충분하다는 것을 계산하였다. 이는 상기 공식에 따른 것이다.

한편, 본 설계에서는 다음과 같은 분류방식에 따른 스위치의 형태를 검토하였으며, 시스템의 내부 고속 백본망에 필요한 기능을 취사하였다.

○ 물리계층 방식(IEEE 802.3)에 따른 형태:

본 시스템에서 요구되는 1 Switch Segment의 최대 트래픽은 8Mbps 이하이므로, 이를 만족하는 수준에서 IEEE 802.3에서 정의된 10/20/100 Mbps (Half / Full-duplex) BASE-T/TX로 결정하였다. 이는(그림 1)에서 나타난 모든 서브시스템

들이 8Mbps이하의 트래픽 특성을 갖고 있으며, 향후 DSL(Digital Subscriber Line) 이용자를 위한 고속 인터넷 접속 기능과 시스템이 용량 증설시 소요되는 100Mbps 정합기능을 추가하였다.

○ 전송방식에 따른 형태:

Half-duplex: CSMA/CD 방식^[8]을 선택규격으로 선정하고, 독립적인 송수신 동작이 가능한 Full-duplex Operation을 기본규격으로 선정하였다. 이는 시스템 동작시 처리 성능의 향상과 루프백기능등을 위한 것이다.

○ 스위치 방식에 따른 형태:

본 설계에서는 초기화시 Cut-through 모드로 동작하다가 CRC 오류발생시 Store-and-forward로 동작하며, 일정시간 내에 무오류시 다시 Latency가 적은 지능형 스위치로 동작하도록 설계한다. 단 향후 시스템의 제공서비스가 실시간을 요하는 대화형이며 CBR (Constant Bit Rate) 트래픽을 포함하는 경우 상위 계층에서의 오류 및 흐름 제어를 가정하여 Cut-through 모드로만 사용할 수 있도록 설계하였다.

○ 스위치 용량(포트수)에 따른 형태:

요구되는 포트수의 규모에 따라 이에 따른 스위치의 구조가 달라진다. 즉, 공통메모리, 공통 버스 방식^[9] 또는 고속 백본 네트워킹등이 갖는 여러 장단점을 고려하여 목표 용량 규모에 적절한 스위치의 구조가 결정된다. 본 시스템에 적합한 형태는 상기 설계시 요구사항에 따라 1,200 가입자 규모를 수용하되, 400 가입자 규모를 수용하는 분산형 처리 구조를 사용하고 있으므로 가격대 성능비를 고려하여 16포트의 소용량 규모로 설계하였다.

○ 관리기능에 따른 형태:

정책적인 결정에 따라 무관리형(Unmanaged) 스위치 형태로 설계하였다. 무관리 기능이란 SNMP(Simple Network Management Protocol), RMON, 원격관리를 위한 Telnet, TCP/IP, VLAN 기능을 포함하지 않음을 의미한다.

○ 스위치의 계층(서비스)에 따른 형태:

본 설계에서는 TCP/IP^[10]를 사용하지 않고 독자적인 계층 2/3 프로토콜을 사용하므로 IP 기반의 스위칭을 실시하지 않고 Port 또는 MAC(Medium Access Control) 프레임 기반의 계층 1 스위치 형태로 설계한다.

시스템에의 스위치 실장은 상용제품과 달리 시스템 랙(Rack)에 Embedded된 형태로 실장되며, 케이블링은 배면보드를 통해 각 서브시스템과 연결되는 형태로 설계하였다.

IV. 구현

이상과 같은 요구사항과 설계에 따라 개량형 대용량 통신처리시스템의 백본 네트워킹 기능을 제공하는 LAN 스위치 보드는 지능형 Learning

Bridge 형태의 16포트 10 또는 20 BASE-T 기반의 스위치를 다음 (그림 2)와 같이 크게 스위치 제어 엔진부, 2 개의 스위치부, CPU부의 3 부분으로 구현하였다.

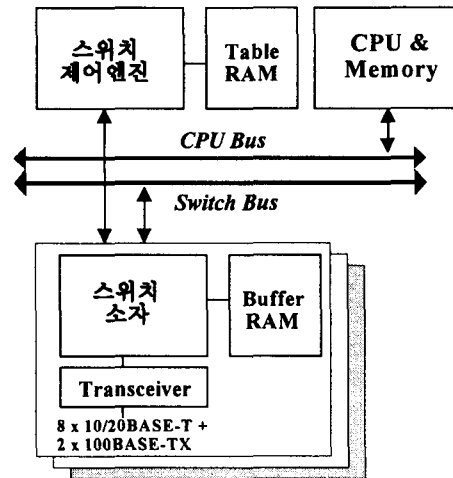


그림 2. LAN 스위치의 전체 구성도

각 구성부의 기능을 설명하면 다음과 같다. CPU는 전원 투입시 각 소자의 초기화, Switch Engine이 동작하기 위한 Micro-code를 Switch Engine에 Download시키며 이를 기동하는 역할을 수행하고 스위치 동작이 수행될 때는 예외처리 기능만을 수행한다. 즉, 각 스위치 소자의 초기 Routing Table이 없는 상태에서는 스위치 소자로부터 Broadcasting 된 MAC(Medium Access Control) 프레임 정보로부터 그 Table들을 관리하여 Destination Port를 알려주는 역할을 수행하며 일정시간 동안 이 Table들의 Update 기능을 수행한다.

스위치 소자에서는 한번 설정된 Table에 따라 수신한 MAC 프레임의 Destination 어드레스가 자신의 포트이면 직접 스위치 동작을 수행하며, 자신의 포트가 아닌 경우 별도의 고속 버스를 통하여 스위치 제어 엔진으로 그 프레임을 보내어 처리하게 된다.

스위치 제어 엔진의 하드웨어 구조는 32 bits HISC(High density Instruction Set Processor Core), HISC 입출력 레지스터군, Control Buffer 메모리 인터페이스, 스위치 소자와 MAC 패킷을 송수신하기 위한 스위치 버스 인터페이스, 자동 버퍼 관리 엔진, CPU와 인터페이스 하기 위한 관리 버스 인터페이스로 구성되어 있다.

스위치 제어 엔진은 CPU로 부터 마이크로코드(Microcode)를 다운로드 받은 후 스위치 동작을 개시하며 그 동작 과정을 의사 프로그램으로 나타내면 다음과 같다.

Unicast Frame 스윗칭 동작

```

if (source MAC 주소가 미상일 경우)
  Source learning을 위해 CPU에게 처리 요청
Else{
  If (source MAC이 Mismatched ID를 가진 경우)
    Switching Database의 Port ID를 수정한 후
    CPU에게 변경을 알림;
}
if (Source port가 Forwarding 상태에 있지 않음
  || Source MAC이 source filter set을 가짐
  || destination MAC이 destination filter set을 가짐)
  그 Packet을 drop;
else{
  if (destination MAC이 unknown)
    source port를 제외한 모든 port에 그 packet을
    flood;
  else{
    if (destination MAC을 위한 port가 forwarding
      state에 있지 않음
      || source port == destination port )
      그 packet을 drop;
    else
      그 packet을 destination port에 forward;
  }
}

```

Multicast Frame 스윗칭 동작

```

if (수신한 Packet이 BPDU)
  CPU에게 그 packet을 forward;
else{
  if(Source MAC이 unknown)
    Source learning을 위해 CPU에게 job을 처리 요청;
  Else{
    If (Source MAC이 mismatched PORT ID)
      Switching Database의 Port ID를 수정한
      후 CPU에게 변경을 알림;
    }
  if (destination MAC을 위한 port가
    forwarding state에 있지 않음 || source MAC이
    source filter set을 가짐 )
    그 packet을 drop;
  else
    그 packet을 source port를 제외한
    모든 port에 flood;
}

```

스위치 소자부는 소자당 8 포트의 10/20 BASE-T의 포트 인터페이스와 스위칭 기능을 지원하는 역할을 수행하며, 이중 특정한 2 포트는 100Mbps 겸용 100BASE TX, T2, T4, TF 인터페이스를 제공한다. 동작 주파수에 따라 스위치 버스의 속도를 조정할 수 있으며 본 설계에서는 40MHz 클럭을 사용하여 1.2Gbps의 성능을 낼 수 있어 20Mbps full-duplex mode를 사용시 본 스위치 버스에 최대 10개의 스위치 소자를 사용하고 80 포트까지 지원할 수 있다.

이의 기능은 기본적으로 IEEE 802.3x 표준에 근거하여 MAC 기반의 스위칭이 수행되며 full-duplex 동작과 선택적으로 IEEE 802.1Q의 VLAN tagging 기능을 지원할 수 있으며 주요 기능은 다중 우선순위를 갖는 우선권 조정, 스위치 버스를 통한 제어 메시지의 해석 및 처리 기능, 버퍼 메모리 관리 기능을 수행한다.

V. 검토 및 결론

이상과 같이 개방형 대용량 통신처리시스템의 가입자 채널 수와 서비스 이용 빈도에 따라 신축

적으로 스위치의 용량을 산정할 수 있는 용량 설계 방식을 제안하였고, 이에 따라 전화망과 ISDN 가입자의 수를 400으로 했을 때 관련 백본망 구성을 위한 스위치의 포트 수는 12 포트 정도가 타당함을 얻었다.

또한 LAN 스위치를 이용한 내부 백본 망의 구성이 기존의 HSSF에 비해 시스템 구성상의 신축성을 부여하며, 동시에 저가격으로 구현할 수 있음을 제안하였다. 아울러 일반적인 통신 시스템의 내부 백본망으로 LAN 스위치를 사용하는 경우, 각 스위치의 형태 및 구성에 따라 적합한 스위치의 설계 방식과 그 방식에 따른 스위치의 설계 및 구현 내용에 대해 기술하였다. 이러한 LAN 스위치 기반의 대용량 통신처리시스템은 현재 기능 개발이 완료되어, 서비스 및 부가 기능 개발을 실시하고 있으며 금년 하반기 개발확인시험을 거쳐 내년부터 상용서비스가 실시될 예정이다.

참고 문헌

- [1]Dong Won Kim et al, "A Large-scaled Advance Communication Processing System for an open value-added network," Proc. Of MICC'95, pp.9.4.1~9.4.4, 1995. 11.
- [2]윤성재, 이주영, 김대웅, "대용량 통신처리시스템의 운용관리시스템 설계," 한국통신학회 추계 학술대회 논문집, pp.1138~1141, 1996.11.
- [3]김동원의, "이종망간 상호 연동 게이트웨이 시스템을 위한 내부 고속 연동망," 한국정보처리 과학회 논문지 제 4 권 2호, pp.499~514, 1997.2.
- [4]조평동, "ISDN과 데이터망 연동 통신처리 시스템 개발," ISDN'96 논문집, pp.122~127, 1996.6.
- [5]박창민, 양미정, 한태만, 김대웅, "패킷망 접속용 가입자 액세스 시스템 구현," JCCI'96 논문집, pp.201~204, 1996.4.
- [6]정유현, 박명아, 이승훈, 신창돈, "개방형 인터넷 접속 서버 시스템 설계 및 구현," 한국통신학회 추계학술대회 논문집, pp.427~430, 1996.11.
- [7]이현우, 김동원, 김대웅, "대용량 통신처리시스템의 프레임 릴레이망 정합장치 설계 및 구현," JCCI'96 논문집, pp.205~209, 1996.4.
- [8]Stalling, "Handbook of Computer Communications Standards," Macmillan Book, 1987.