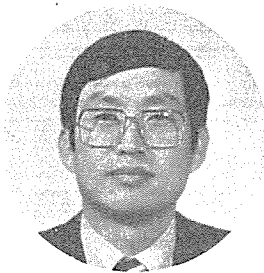


## 1. 개요

# 패킷교환방식 컴퓨터통신망



은 종 관  
(한국과학기술원교수)

본고는 현대 데이터 통신에서 가장 중요한 packet교환방식에 의한 computer통신망을 구현하는데 있어서의 제 기술을 현재 한국과학기술원에서 국내 최초로 개발중인 KORNET컴퓨터통신망 개발과 관련하여 설명하였다. 먼저 packet통신망이 갖추어야 할 기본 구조와 routing 및 flow control을 검토하고 통신망의 교환기에 해당하는 network node processor (NNP)의 Hardware 및 Software의 구조에 관하여 설명하였고, 또한 packet통신망을 구현하는데 있어서 가장 중요한 비중을 차지하는 것은 정보의 원활한 유통을 위해서 필요한 국제 규격의 protocol의 사용 및 이를 위한 software개발에 관하여도 설명하였다.

데이터 통신이란 일반 음성통화를 위한 전화 통신과 구별되는 개념으로서, 여러가지 정보자료 등을 한 가입자와 다른 가입자 사이에 상호 전달해 주는 기능을 말한다. 여기서는 facsimile, videotex등에 의한 영상전송이나, telex등에 의한 문자전송, computer등에서 생성되는 수치 자료의 전송 등, 다양한 형태의 정보교환이 포함된다. 한걸음 더 나아가 지금 선진제국에서는 음성신호의 디지털화기술을 응용하여 음성통화까지 데이터통신의 영역으로 흡수하려는 노력도 활발하다. 이상의 여러가지 통신의 목적을 이루자면 먼저 두 가입자 사이에 어떤 통화로를 마련하여야 한다.

패킷교환 통신망은 전술한 다양한 데이터통신의 요구를 하나로 묶어 해결하면서 통화로 이용의 효율성을 극대화하는데 목적을 둔다. 즉, 각 가입자로부터 입력되는 메시지들을 표준화된 데이터 묶음, 즉 '패킷(packet)'으로만 들어 그 packet에 송신측 주소, 수신측 주소, 전송될 길(route)등에 관한 정보를 부여함으로써 여러 입력신호들이 하나의 채널로 다중화된다 하더라도 혼선이 없도록 설계한 통신망을 말한다. 패킷교환통신망은 다음과 같은 장점을 지닌다. ● 효율적인 회선이용 ● 분산형 교환기능 ● 융통성 있는 회선망의 구성 ● 높은 신뢰도 ● 항시 접속 가능.

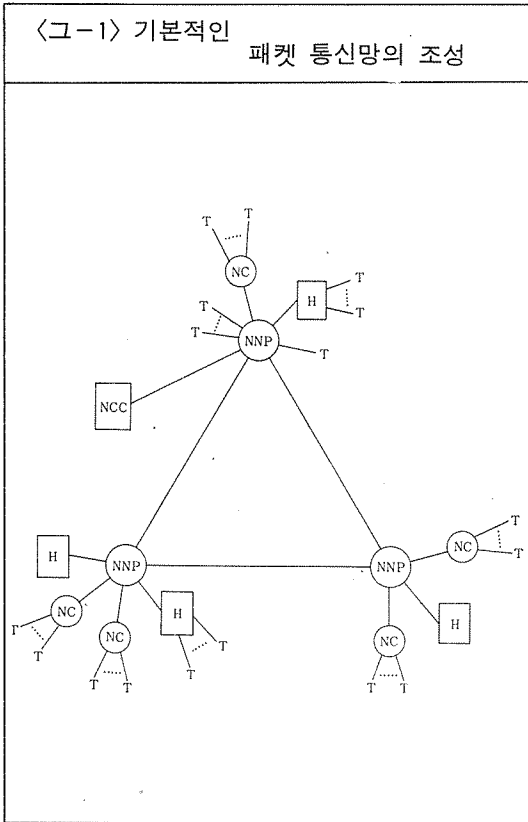
본 논고에서는 현재 과학기술원에서 국내 최초로 개발중인 computer network인 KORNET의 개발현황을 중심으로 패킷교환통신망기술에 관하여 서술한다.

## 2. 통신망의 기본구조

### ◎ 통신망의 조성 및 설계

앞에서 살펴 보았듯이 패킷통신망은 지역적으로 떨어져 있고, 서로 다른 데이터 format이

나 protocol을 가진 message source들을 적절한 방법으로 연결하여 효과적인 resource sharing을 도모하고 있다. 일반적으로 패킷통신망은 <그림-1>과 같은 구조를 이룬다.



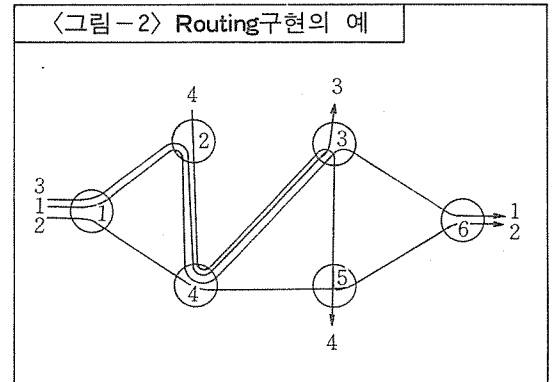
주 : NNP-Network node processor  
 NC-Network concentrator  
 NCC-Network control center  
 H-Hostcomputer  
 T-Terminal

<그림-1>에서 보듯이 가입자 컴퓨터나 터미널들은 직접 또는 간접으로(이 경우 network concentrator를 포함) NNP라 불리는 패킷 스위칭단계에 연결된다. NNP는 입력데이터나 타NNP로부터 온 패킷을 받아 적절한 데이터 처리를 하고 그 데이터가 가야 할 목적지를 살펴서 그에 맞는 route로 재송출하는 기능을 가진다. NNP에는 각종 protocol-송수신을 위한 규약-이 마련되어 가입자와의 오해없는 dialo-

gue를 이룬다. 한편 network concentrator(NC)는 여러개의 가입자 터미널로부터 오는 데이터를 일차적으로 집적화하는 곳으로 statistical multiplexing과 간단한 data processing기능을 가지고 있다. 결국, 통신망의 설계는 가입자의 지정학적 위치를 고려하여 network의 요소(NNP, NC등)를 적절히 배치하고 이러한 요소 상호간의 전송선용량등을 예상되는 수요에 맞게 결정하는 일을 말한다.

◎ Routing 및 Flow Control Algorithm

설계 과정을 통하여 network가 정해지면, 다음의 과정으로 통신망내에서 데이터가 흘러갈 길을 지정하고 가장 효율적인 데이터의 흐름을 유지할 수 있도록 하는 algorithm의 마련이 필요하다. 이때 전자를 routing, 후자를 flow control기능이라 부른다. Routing의 한 예를 보면 <그림-2>와 같다. Routing algorithm은 대체로 최소의 지연통화로의 선정을 목표로 한다.

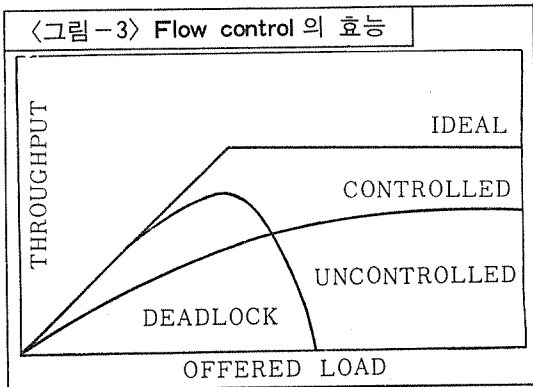


즉, 송신NNP와 수신NNP가 정해졌을 때 양자간에 만들 수 있는 모든 route에 대하여 전송지연을 계산해보고 그 중에서 최소의 지연을 가지는 것을 골라내는 것이다. Routing algorithm은 그 제어방식에 따라 집중제어식과 분산 제어방식의 두가지로 대별된다. 집중제어방식은 네트워크 전체의 운영을 총괄하는 network control center(NCC)에서 네트워크의 이용상태에 대한 모든 자료를 다 수집하여 routing table을 한꺼번에 계산하고 그 결과를 각 NNP에 분배하는 방식이다.

반면 분산제어방식은 routing table을 계산하

는 기능을 각 NNP에 분산하여 부여하고 각 NNP는 인접 NNP로부터 정기적, 혹은 비정기적으로 오는 네트워크상태에 대한 새로운 정보를 받아 table을 그때 그때 update하도록 되어있다.

한편, 아무리 도로망이 잘 마련되어도 어느 한쪽으로 차량이 몰리면 정체현상이 심해지듯이 일시적으로 어느 선로의 이용율이 선로의 처리능력을 넘어서면 통화로의 포화상태가 발생한다. 이러한 포화를 미연에 방지할 수 있는 algorithm으로 flow control, 즉 통화량의 평가 및 제어가 필요하다. 개념적으로 보아 flow control이란 각 NNP에 마련된 queueing buffer의 이용에 일정한 한계를 둬으로써 여분의 buffer space를 peak traffic의 흡수에 이용하는 것이라고 볼 수 있다.

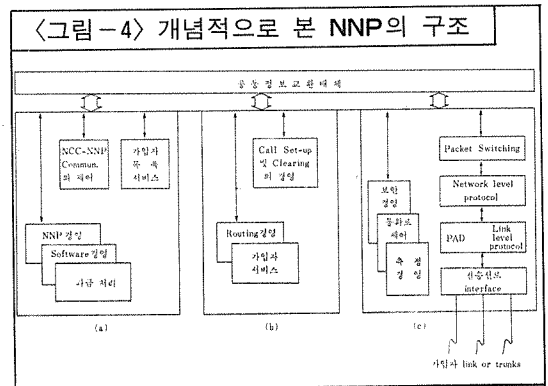


〈그림-3〉은 flow control의 효용을 그래프로 나타낸 것이다. traffic이 어느정도 증가하면, flow control이 없을 경우에는 급격한 성능저하가 있는 반면 flow control이 운용되면 지속적인 성능상승효과를 얻을 수 있다. Flow control의 대표적인 예로는 IBM의 SNA, CCITT 권고사항등에서 채택하고 있는 window control algorithm이 있다.

◎ NNP의 구성

패킷스위칭네트워크개발에서 가장 중요한 부분이 되는 것은 NNP의 개발이다. 전술한 사항들을 토대로 볼 때 NNP에는 그 NNP에 연결되어 있는 가입자에 대한 서비스기능과 他 NNP로부터 오는 데이터의 신속한 처리기능등이

real-time process로 마련되어야 한다. 또한 하드웨어 및 소프트웨어기능의 많은 부분이 module별로 독립되고, 추후의 기능확장에도 적응성이 우수하여야 하므로 multi-processor System의 구조를 취하는 것이 좋다. NNP에 내장되어야 할 소프트웨어로는 가입자 서비스를 위한 packet assembly/disassembly(PAD) 기능을 비롯하여 데이터전송 protocol인 X25의 제반규정을 담은 프로그램, routing algorithm, flow control을 위한 buffer management프로그램등이 기본이 되고, 기타 시스템의 보전에 관계되는 기능으로서 link장해의 보고기능, 선로 이용에 관한 자료수집프로그램, 각종 네트워크 요소의 점검기능등이 추가되어야 한다. 세부적인 소프트웨어 및 하드웨어 개발기술에 관한 사항은 뒤에서 살펴보기로 한다. 종합하여 NNP의 구조를 개념적으로 도시하면 〈그림-4〉와 같다.



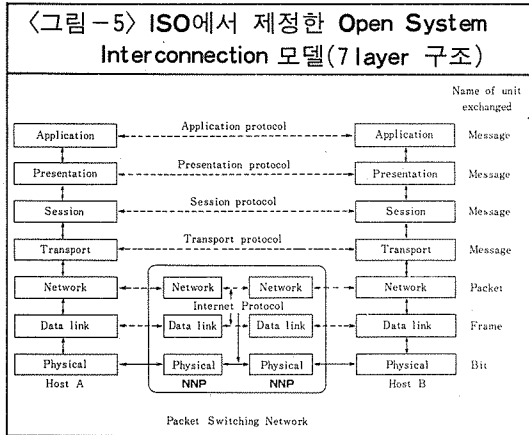
- (a) NNP 고유기능 및 운영기능
  - (b) 가입자 통화 서비스
  - (c) 가입자 선로 및 NNP간 trunk 제어
- 주 : PAD-Packet assembler/disassembler)

3. 프로토콜 및 소프트웨어

◎ 소프트웨어의 구조

통신망의 궁극적인 목표는 가입자가 만드는 데이터를 일정한 전송설비를 이용하여 목적지까지 원활하게 전달하는데 있다. 그런데, 가입자의 종류나 전송데이터의 format등은 매우 다

양하므로 통신망의 설계에는 호환성이 가장 강조된다. 이러한 목적으로 International Standards Organization(ISO)에서는 7 layer로 된 패킷스위칭네트워크의 표준모델을 제시하였다.



<그림-5>에서 상하 두layer사이의 신호교환을 정의하는 것을 interface라 하고 동일layer들 사이의 신호교환을 정의하는 것을 protocol이라 부른다. 이 중 interface에 관한 사항은 비교적 간단하며 표준화되어 있지 않으나 protocol에 관한 규정은 여러 형태의 표준모델이 있고, 각 layer마다 독립적으로 정의되어 있다. 대표적인 protocol의 예를 몇가지 들면 다음과 같다.

먼저 physical layer를 위한 protocol로서는 EIA RS-232-C를 비롯하여 RS-449, CCITT X20, X21등이 있다. 또 data link layer용 protocol로서는 ANSI에서 제정한 ADCCP, ISO에서 제정한 HDLC, IBM에서 제정한 SDLC, CCITT에서 제정한 X25 frame-level 규정이 있다. 기타 network layer이상 적용되는 규정은 CCITT에서 제정한 X25 packet-level 규정(ISO 표준모델 중 layer3 및 layer4의 일부를 만족시킴)외에는 제대로 표준화된 규정은 없고, 여러 통신망들이 독자적으로 제정하여 운용하고 있다. 이러한 예로는 ARPANET의 file transfer protocol(FTP), transaction-oriented protocol(TOP), network voice protocol(NVP)등이 있다.

이상과 같이 통신망에서 응용할 수 있는 pro-

ocol들은 다양하나 현재 세계적인 추세가 CCITT의 제반규정을 많이 따르고 있으며, 현재 과학기술원에서 개발중인 KORNET도 CCITT 규정을 따라 설계함을 원칙으로 하고 있으므로, 본 논고에서는 CCITT규정을 중심으로 NNP 소프트웨어 개발의 제반단계를 설명하겠다.

### ◎ NNP에 필요한 소프트웨어의 종류

NNP의 소프트웨어기능은 크게 고유기능, 가입자서비스, 네트워크운영기능의 세가지로 나뉜다. 여기서 NNP의 고유기능이라 함은 NNP의 bootstrapping, 소프트웨어의 초기 loading, 주업무의 scheduling 등의 OS와 관련되는 기능을 말한다. 또 가입자서비스라함은 가입자링크 제어(PAD, X.25 frame-level 프로토콜), 가입자의통화로(logical channel)의 제어(X.25 packet level, interrupt service등), 여러가지 emulation기능의 운용등 가입자의 통화와 직접 관련되는 기능을 뜻한다. 끝으로 네트워크운영기능은 NCC의 한 부분으로 동작하는 NNP의 기능이라 말할 수 있으며, routing table의 운용, 고장에 대한 자동복구기능, NNP 주변기기의 제어등의 기능이 포함된다. 이러한 기능들을 보다 세부적으로 나열하면 다음과 같다.

#### (1) NNP의 고유기능

#### (2) Communication Resource의 경영

- 링크의 매개변수 제어
- Loop시험(MODEM, layer별 loop시험)
- 가입자선로의 조성, 단절 및 수정

#### (3) 링크의 형성에 관련되는 소프트웨어

- X25 frame-level의 규정
- X21 또는 RS-232-C의 규정

#### (4) Virtual Circuit(VC)경영

- Call의 형성, 단절, 재구성
- 패킷스위칭 및 flow control

#### (5) Routing경영

- Routing table의 계산
- Routing table에 따른 buffering프로그램

#### (6) 데이터 format의 변환

- PAD기능 및 protocol변환

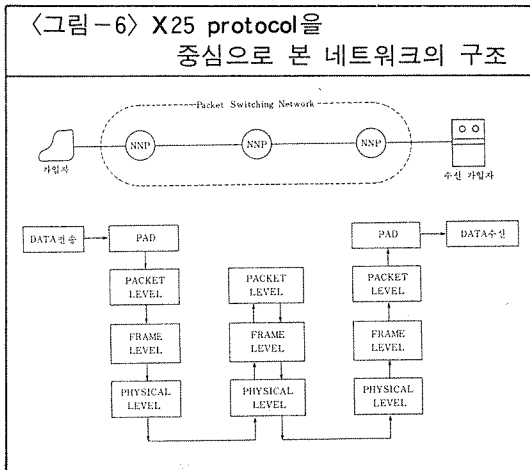
#### (7) 가입자경영

- 가입자변수의 등록, 삭제 및 수정
- Password를 통한 가입자인지
- (8) 내부 protocol의 마련
  - NCC로부터 오는 명령의 수행 및 결과보고
  - Routing에 관한 정보의 교환
- (9) 소프트웨어경영
  - 각종 자료의 수정 및 첨가
- (10) 측정경영
  - 통화로 사용도에 관한 측정
  - Error에 관한 측정
- (11) 과금자료의 수집

소프트웨어의 개발이란 결국 이상의 제반기능들을 각각 구현하고 전체를 모아 일관성있게 운용되게 하는 일이 된다. 이 중, 초기개발단계에서 가장 중점을 둘 부분은 가입자서비스부분이다. 앞서서도 언급하였듯이 이 부분은 주로 CCITT X series 규정에 의거하여 개발함이 바람직하며 따라서 이 규정들의 기본구조를 파악하는 일은 매우 중요하다.

◎X25 frame-level 및 packet-level protocol의 구조

〈그림-6〉은 패킷통신망의 구조를 X25 protocol을 기준으로 도해한 그림이다. 가입자가



전송한 산발적인 데이터는 PAD에서 패킷으로 포장되고 그것이 packet-level, frame-level을 거쳐 전송선로에 실린다. 이 데이터가 몇개의 중간 NNP들을 거쳐 마침내 수신NNP에 도착

하면 frame-level, packet-level, PAD의 역과정에 의해 처음 전송한 형태의 데이터로 재생되어 수신가입자에게 전달되는 것이다. 본 난에서는 network설계에 근간이 되는 frame-level과 packet-level의 구조를 살펴보기로 한다.

먼저, link access과정을 규정한 frame-level protocol은 Asynchronous response mode의 규정(LAP protocol)과 Asynchronous balanced mode의 규정(LAPB protocol)의 두가지로 구성된다. 전자는 master와 slave가 미리 규정되어 있는 시스템에 쓰이는데, 이 경우 slave는 master측의 어떤 명령이 있을때만 응답과 아울러 정보전송을 할 수 있다는 제약이 따른다. 반면 후자의 경우에는 양편이 모두 고유한 전송권을 가지고 있어서 full-duplex 선로를 통하여 언제나 자유롭게 data의 송·수신을 할 수 있다. Frame-level의 요체는 error control과 flow control양식에 있다. 기본적인 error control양식은 수신한 frame에 대하여 잘 받았으면 acknowledgement(ACK), error가 발생했으면 negative acknowledgement(NACK)를 보내는 방식을 채택한다. 여기에 window control이라 불리는 대표적인 flow control양식을 도입하여 frame하나하나마다 ACK응답을 해야하는 비효율성을 막아주고 있다. 즉, V(S), N(S), V(R), N(R)의 네가지 변수를 정의하여 전송되는 각 frame에 module 8 또는 module 128로 순열수를 매김으로써 하나의 ACK로 몇개의 frame에 대한 응답을 동시에 하도록 마련한 것이다. 〈그림-7〉은 패킷이 담긴 information frame의 format을 도해한 것이다.

〈그림-7〉 Information frame의 format

12345678	12345678	12345678	16 to 1		12345678
Flag	Address	Control	Singl PAET	FCS	Flag

주 : FCS-Frame check sequence

한편 packet-level은 송신NNP와 수신NNP 사이에 일정한 logical channel을 형성하여 가입자가 만드는 데이터패킷 또는 제어패킷의 전송을 경영하는 기능을 정의한다. 정의되는 logi-

cal channel에는 전송형태에 따라 data gram(DG), virtual circuit(VC), permanent virtual circuit(PVC)의 세가지가 있다. DG방식은 송신측과 수신측 사이에 실제적인 회로가 구성되지 않고 하나하나의 패킷에 송·수신측 주소, 이용할 설비, 우선권 등에 관한 모든 정보를 다 실어서 전송하고, 각 node가 이것을 해독하여 수신단까지 전달하도록 설계하는 방식이다. 반면 VC방식은 송·수신단사이에 논리적인 전송로를 정의하여 양자간의 데이터교환은 그 전송로를 통하여 이루어지도록 하는 방식이다. VC는 call이 끝나면 지워진다. 이에 대하여 PVC는 call이 끝나도 논리적인 전송로는 지워지지 않는다는 점이 특징이다. packet-level protocol에서는 세부적인 error control은 마련되지 않는다. flow control은 frame level에서와 같이 window control방식을 운용하며, 추가적으로 D bit, M bit, Q bit등을 마련하여 통화로이용의 범주를 넓혀 주고 있다.

level의 프로토콜은 state-machine 구조로 프로그래밍함으로써 구현할 수 있어서 소프트웨어개발의 첫단계는 각 level의 state들을 규명하고 각 state사이의 데이터 흐름을 정의하는 일이 된다. 한 예로 packet-level의 제반 state를 그림으로 표현하면 <그림-8>과 같다.

#### 4. NNP 하드웨어의 구조

앞의 3에서 규정한 소프트웨어 기능이 NNP의 업무를 규정짓는 것이라면 하드웨어란 그 업무를 수행할 수 있는 주변환경이 된다. 아울러 데이터의 입력, 처리, 출력 등의 기능이 기본되는 하드웨어기능위에 운용될 것이므로 하드웨어설계는 NNP의 성능에 일차적인 연관을 가진다. NNP가 갖추어야 할 I/O 용량을 KORN ET NNP의 SPEC을 기준으로 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 다른 NNP와 연결되는 trunk용량  
56 kbps × 4 trunks( 최대 ) = 224 kbps
  - (2) NC를 연결하는 link의 용량  
20 kbps × 4 links( 최대 ) = 80 kbps
  - (3) HOST를 연결하는 line의 용량  
9600 bps × 4 lines( 최대 ) = 40 kbps
  - (4) Terminal을 연결하는 line의 용량  
2400 bps × 64 terminals( 최대 ) = 155 kbps
- 총 499 kbps

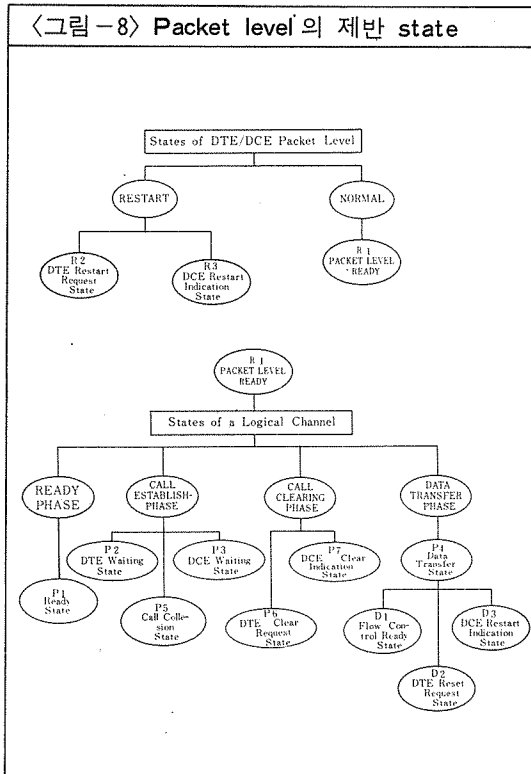
설계에 앞서 선행되어야 할 일은 NNP 하드웨어에 필요한 전제조건들의 검토이다.

첫째, 신속처리속도가 고려되어야 한다. 즉, 데이터를 받아서 다시 내보내는데까지 걸리는 시간에 제한이 있으므로 하드웨어는 신속처리속도가 비교적 빠른 마이크로 컴퓨터나 최신의 16bit마이크로세서등을 도입함이 바람직하다.

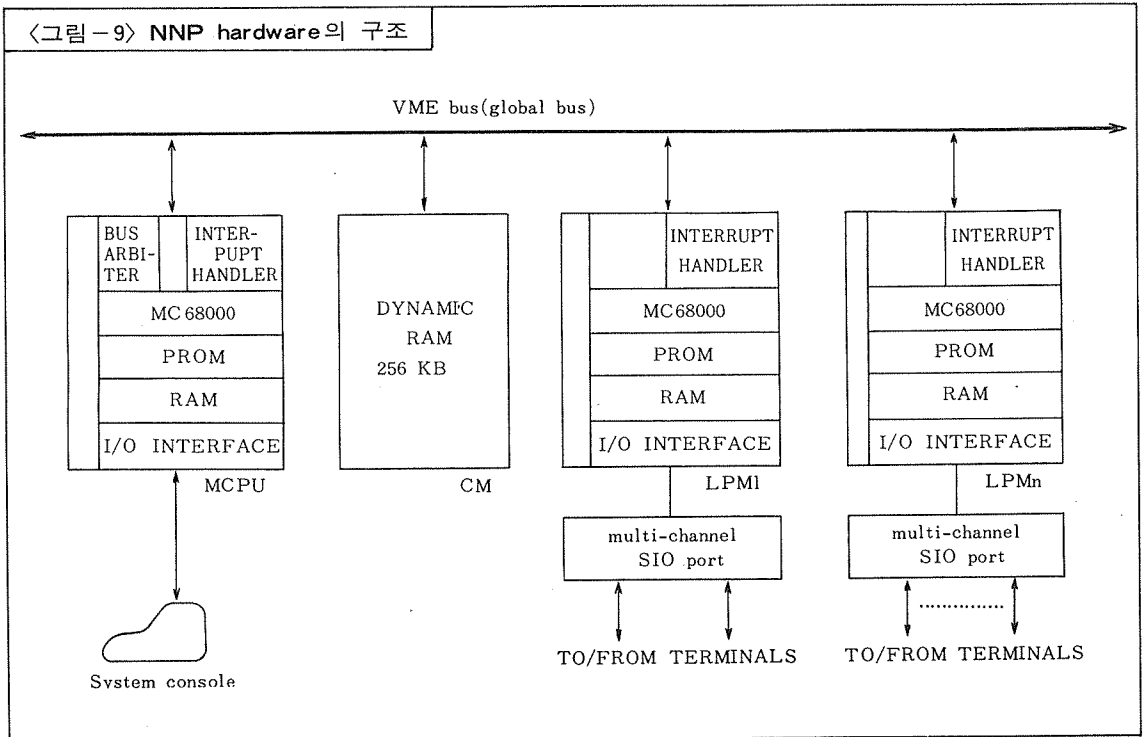
둘째, 하드웨어 기능을 module별로 분리함으로써 장래의 NNP확장에 적응성이 크도록 하여야 한다.

셋째 : 소프트웨어 구조가 상하체계를 가진 층상구조이므로 이 구조에 맞추어 하드웨어의 modularization을 다시 고려하여야 한다.

<그림-8> Packet level의 제반 state



중합하여 이상의 frame-level 및 packet-



주 : MCPU-Master CPU, CM-Common memory, LPM-Local processing module.

네째, 하드웨어의 일부 또는 전부고장발생시의 혼란을 예상하여 하드웨어 module의 중복 등의 방식으로 신뢰도를 높여야 한다.

이러한 전제조건들을 종합해보면 결국 16bit microprocessor를 이용한 multi-processor 구조가 NNP 하드웨어에 가장 바람직하다는 결론을 얻는다. 이 구조는 개발중이거나 최근에 개발된 선진국들의 패킷교환망에서 많이 쓰이고 있는 구조이다. 참고로 KORNET NNP의 하드웨어구조를 도시하면 〈그림-9〉와 같다.

## 5. 결론

지금까지 KORNET 개발현황을 중심으로 패킷교환통신망에 관련된 이론적, 실제적인 제반 사항들을 살펴보았다. 패킷교환통신망에 관한 연구는 '70년대 초반부터 점진적으로 진행되어 왔으며, 데이터통신, 정보사회의 구현등에 필수적인 기술이 됨에 따라 최근에는 전세계적

로 하나의 「붐」을 형성하고 있다. 여기에 발맞추어 국책사업의 하나로 추진되고 있는 KORNET의 개발은 전세계 표준 네트워크와의 호환성을 유지한 한국형 네트워크의 개발이라는 점에서 의미가 깊다. 특히 CCITT의 최신규정을 구현하고, 소프트웨어의 개발에 SDL, CHILL, MML 등 세계적으로 공인된 소프트웨어 방법론을 도입하고 있어서 개발될 KORNET은 명실공히 up-to-date한 시스템이 될 것이다. 아울러 이 프로젝트를 통한 기술의 축적으로 장래 수요증가에 의한 네트워크 확장시에도 우리 힘으로 문제해결에 임할 수 있음은 큰 자량이 된다.

결론으로, 마이크로프로세서 응용, 소프트웨어 프로그래밍, 첨단 전자공학등이 집적화된 패킷교환통신망의 개발은 곧 새로운 형태의 산업구조형성을 예시하고 있으므로 본 논고에서 소개한 제반 기술에 대하여 보다 깊이 검토하고 여러가지 응용분야를 창안해 냄으로써 장래의 국내 산업분야를 선도할 것이 기대된다.