

# 패킷 핸들러의 트래픽 용량 분석에 대한 연구.

홍 정식\*, 이 해상\*\*, 홍 정완\*\*, 이 창훈\*\*, 전 경표\*\*\*

\*서울 산업 대학교, \*\*서울 대학교, \*\*\*한국 전자 통신 연구소

## Analysis of traffic capacity of the packet handler subsystem (PHS)

Hong J.S.\* Lee H.S.\*\* Hong J.W.\*\* Lie C.H.\*\* Jun K.P.\*\*\*

\*Seoul National Polytech. Univ. \*\*Seoul National Univ. \*\*\*E.T.R.I.

### Abstract

A conceptual model of tentative packet handler subsystem (PHS) of TDx-10 is presented. This model is used to analyze the capacity of PHS especially when packet bus (PBUS) is bottleneck. In the viewpoint of performance analysis, cyclic server system and token bus LAN are utilized in modeling PHS.

### I. 서론 .

종합 정보 통신망 (Integrated Services Digital Network : ISDN) 의 교환 시스템 역할을 수행할 TDx-10 전전자 교환기는 회선 교환과 패킷 교환을 동시에 수행해내야 하는 시스템이다. 그런데 회선 교환 방식의 특성 및 이의 규명에 대해서는 많은 연구가 수행되었으나, 새로이 등장한 패킷 교환 방식에 대해서는 트래픽 (traffic) 의 특성에서 부터 이들 다양한 패킷 트래픽을 처리하는 패킷 처리기 (packet handler) 의 분석에 이르기까지 충분한 연구가 이루어지지 못한 실정이다.[6][7]

패킷 처리기의 패킷 처리 용량을 분석하고자 할때 우선 수행되어야 할 과제는 다음과 같다.

- \* TDx-10 교환기에 입력될 각종 패킷 트래픽의 특성 규명
- \* TDx-10 교환 시스템의 하드웨어 및 소프트웨어의 작동 방식의 이해
- \* TDx-10 교환기가 구현될 교환망의 서비스 수준 (grade of service) 설정의 구체화

그러나 현재는 ISDN에서 나타나는 각종 다양한 트래픽 관련 변수들을 도출하는 작업이 수행되는 단계이고, 또한 89년 초에 임시적인 하드웨어만 개념적인 면에서 제시되고 있는 실정이다.[8]

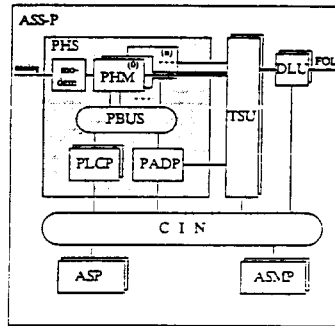
따라서 본 논문에서는 개념적인 수준에서 제시된 임시적인 패킷 처리 하드웨어 구조를 토대로 용량 분석을 위한 기초적인 모델링 작업을 제시한다. 2장에서는 패킷 처리기의 하드웨어 구조를 간략히 제시하고, 용량 분석 관점에서 패킷 처리기의 특성화를 시도하며, 3장에서는 패킷 처리기의 용량 분석 작업을 위한 기본적인 모델링 작업을 제시하고, 4장에서는 순환적 서비스 시스템 (cyclic service system) 모형을 이용한 Kuehn[2]의 연구를 바탕으로 패킷 처리기의 용량 분석을 수행한다.

### II. 패킷 처리 시스템

본 논문에서 대상으로 하는 패킷 처리 시스템 (Packet Handler Subsystem : PHS) 의 기본 골격은 한국 전자 통신 연구소의 TDx-10 패킷 교환 시스템 하드웨어 구조에서 제안된 구조[8]에 따른다.

제안된 패킷 교환 시스템은 크게 4개의 블록으로 구성되어진다. 즉 패킷

호처리 및 경로 데이터를 관리하는 PLCP (Packet Layer Control Processor) 블럭, 링크 레벨 기능과 패킷 레벨 기능을 수행하는 PHM (Packet Handling Module) 블럭, PHS 내의 모듈간 데이터 전송 기능을 수행하는 PBUS (Packet Bus) 블럭, C-DTE (Character mode Data Terminal Equipment) 에 대해 패킷 교환 서비스를 제공하는 PADP (Packet Assembly Disassembly Processor) 블럭 등으로 구성된다. 제안된 PHS의 개략적인 구조는 다음의 [그림 II-1]과 같다.



[그림 II-1] PHS의 개략적 구조

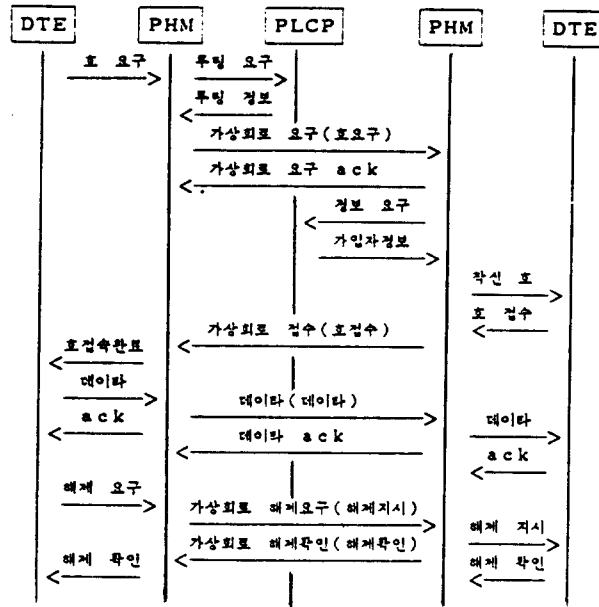
패킷 처리 시스템의 용량 분석 모형을 구축하기 위해 고려해야할 기본적인 요소는 다음과 같다.

- ① 패킷 스위치에 있어서 패킷은 특성상
  - \* 호처리 패킷
  - \* 데이터 패킷
 으로 나뉜다. 따라서 처리 용량 모델은 각각의 경우로 나누어 구축되어야 한다.
- ② PHS의 용량을 나타내는 주요 척도로는
  - \* 평균 수율 (mean rate of throughput)
  - \* 평균 패킷 반응 시간 (mean packet response time)
  - \* 평균 시스템 주기 시간 (mean system cycle time)
 들이 있다. 각 척도마다 PHS의 성능의 서로 다른 측면을 나타내므로 ①의 패킷 종류에 따라 적절한 척도를 선정하는 작업이 선행되어야 한다.
- ③ 호처리 패킷의 경우 착신지와 발신지가 속한 지역에 따라
  - \* 국내 접속
  - \* 국간 접속
 으로 나누어 지므로 각 경우에 따라 적절한 모형이 구축되어야 한다.

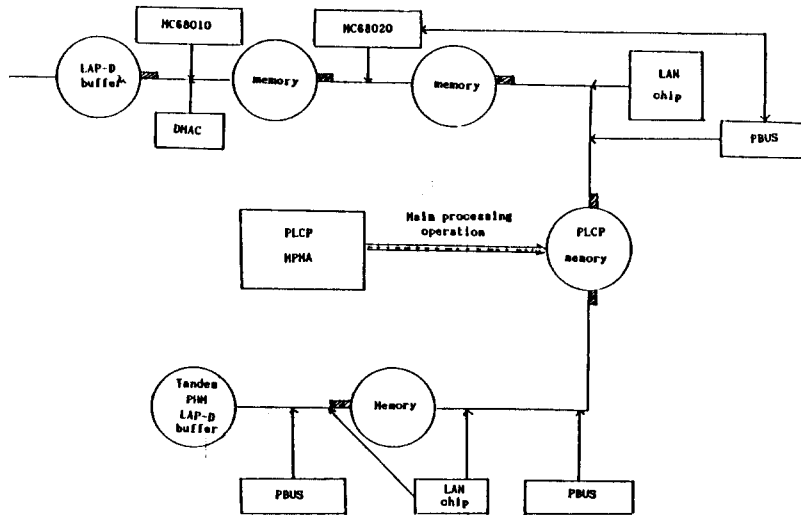
호처리 패킷의 흐름도를 알아보기 위해 [8]에서 제시된 TDX-10 패킷 교환 서비스 절차를 보자. ([그림 II-2])

[그림 II-2] 과 PHS 구조도에 따라 PBUS 내에서 호처리 패킷(국내 접속)이 움직이는 경로를 보면 LAP-D를 통해 입력된 호처리 패킷은 MC 68010이나 DMAC (Directed Memory Access Processor) 등에 의해서 메모리로 옮겨진 후, 여기서 MC 68020에 의해 특정 법칙에 따라 다른 메모리로 옮겨져 LAN 칩(chip)을 통해 PBUS의 점유권을 얻은 후에 PLCP내의 PBIA를 거쳐서 PLCP의 메모리로 옮겨진다. 여기서 착신 루트를 얻기 위한 주된 처리 작업을 받은 후, 경로 (routing) 정보와 함께 PHM내의 메모리로 PBUS를 통해 되돌아 온다. PHM 내의 MC 68020 프로세서는 PLCP로부터 얻은 정보를 통해 LCIT (Logical Channel Information Table)를 생성한 후에 같은 PHM이면 내부 버스를 거쳐 LAP-D를 통해 내보내고, 다른 PHM이 탠덤홉(tandem hop)인 경우 PBUS를 거쳐 해당 PHM의 LAP-D로 송출될 것이다. 이를 탠덤 네트워크(tandem network)로 그리면 [그림 II-3]와 같다. 여기서 호

처리 패킷에 대한 주된 처리 작업은 PLCP의 MPMA에서 이루어지는데, PHS에서는 16개의 PHM이 한 그룹을 이루어 6개의 그룹이 2개의 PLCP (작동 방식은 병렬 또는 정지/대기(stand-by))에 연결되어 있으므로 호처리 패킷에 대한 주처리 작업은 위에서 논한 바와 같이 순환적 서비스 시스템으로 볼 수 있다.



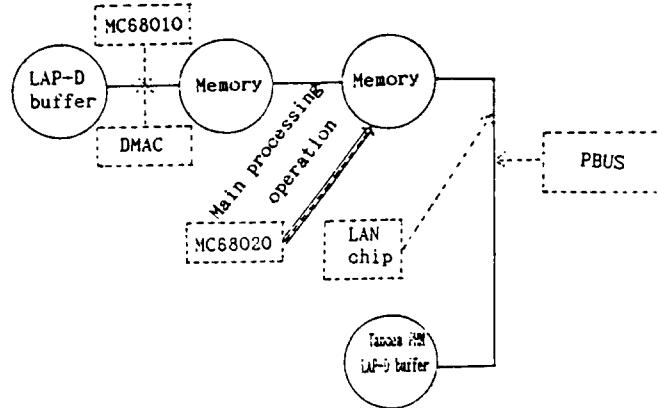
[그림 II-2] TDX-10 패킷 교환 서비스 절차



[그림 II-3] 호처리 패킷의 흐름도

데이터 패킷은 호처리 패킷에 의해 설정된 가상회선을 따라 송출되므로 호처리 패킷과 달리 PLCP를 거치지 않는다. 따라서 패킷은 LAP-D 버퍼(buffer)에 입력된 후 MC 68010이나 DMAC에 의해 메모리로 옮겨지면, 다시 MC 68020에 의해 IP 헤더(header)를 부착한 후에 LAN 칩과 PBUS를 거쳐 탠덤 PHM의 LAP-D 버퍼로 보내진다. 이를 도해하면 [그림 II-4]와 같다.

여기서 데이터 패킷의 주된 처리 작업은 IP 헤더 생성이며 이는 MC 68020이 PLCP로부터 작성한 LCIT를 토대로 이루어진다. 또한 데이터 패킷의 양은 호처리 패킷의 양보다 상대적으로 많으며, 이에 따라 이들 데이터 패킷의 송출을 담당하는 PBUS를 봉사자로 볼 경우 또다른 순환적 서비스 시스템이 형성된다.



[그림 II-4] 데이터 패킷의 흐름도

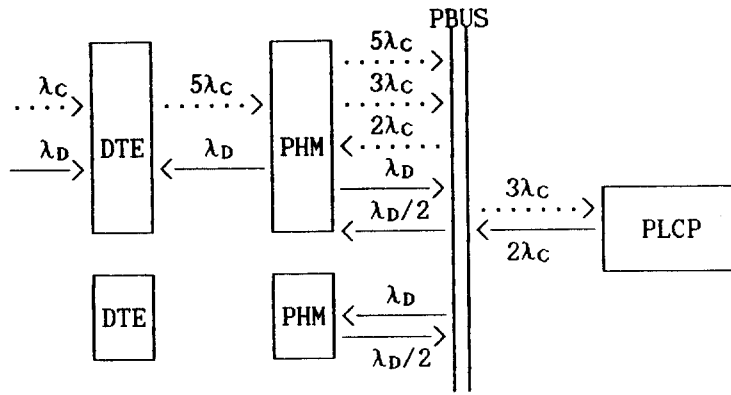
### III. PHS 용량 분석을 위한 개념적 모형화

2장의 패킷 흐름도에서 볼 수 있듯이 PHS내에서 패킷을 처리하는 경우, 호처리 패킷과 데이터 패킷 모두 PHS의 각 모듈들을 순차적으로 거쳐가는 탠덤 네트워크를 형성한다. 따라서 전체적인 용량 분석을 위해서는 탠덤 네트워크에 대한 분석이 이루어져야 한다. 그런데, 탠덤 네트워크의 각 노드에서의 처리 작업이 또한 순환적 서비스 시스템을 이루고 있다. 따라서 패킷의 흐름과 주된 처리 작업을 동시에 고찰할 경우, 순환적 서비스 시스템과 탠덤 네트워크를 종합한 모델이 될 것이다. 이 경우 모델 자체의 복잡성으로 인해 분석적 접근 방법은 불가능하게 된다. 본 절에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해, 패킷 흐름도의 모형인 탠덤 네트워크에 있어, 각 노드에서의 작업을 고찰하여 병목(bottleneck)이 되는 노드를 대상으로 순환적 서비스 시스템 분석으로 용량 분석을 수행해 나가하고자 한다.

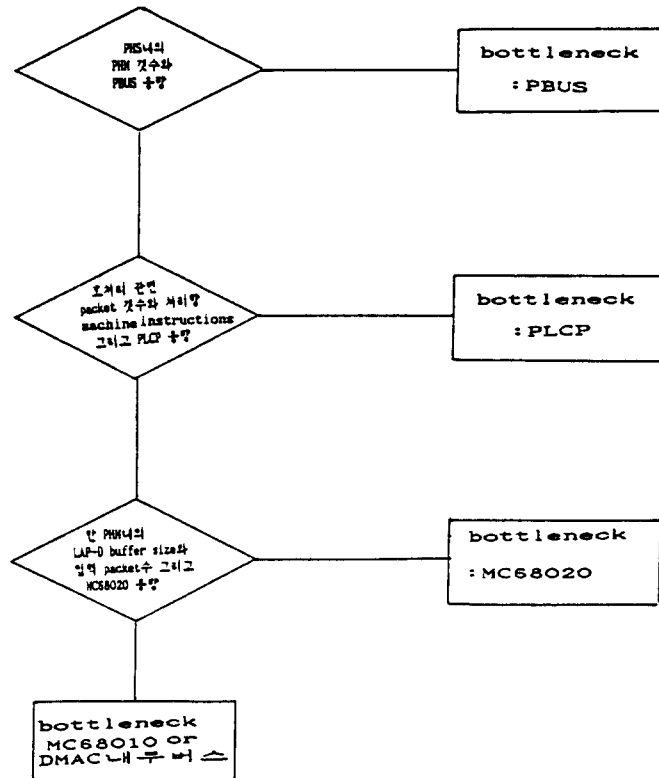
호처리 패킷과 데이터 패킷의 주된 처리 작업은 각각 PLCP와 PBUS 그리고 MC 68020 프로세서이다. 또한 부수적인 작업으로 MC 68010과 DMAC의 내부 버스를 통한 패킷 이송 작업이 있다.

보다 구체적으로 병목 현상을 고찰하기 위해서는, DTE로부터 들어온 호처리 패킷과 데이터 패킷에 따라, PHS에서 발생하는 패킷들을 산정해야 한다. PHS에서 생성되는 패킷들을 PHM과 PLCP, 그리고 PBUS 각각을 대상으로, 산출한 결과를, 그림으로 요약하면 [그림 III-1]과 같다.

이 그림과 앞에서의 논의를 종합하면, PHS내에서의 트래픽은 PLCP 호처리와 관련되어 PHS내부에서 생성된 패킷의 양에 좌우되며, PHM은 호처리를 위해 DTE로부터 들어오는 패킷, PHS 내부에서 생성된 경로 관련 패킷 그리고 데이터 패킷과 ACK(acknowledgement)패킷에 관련된다. 그리고 PBUS는 이들 모든 패킷중 DTE와 PHM간의 패킷을 제외한 모든 패킷에 의해 영향을 받게 된다. 따라서 각 모듈들이 병목이 될 가능성을 흐름도로 도해하면 [그림 III-2]와 같다.



[그림 III-1] PHS에서 생성되는 패킷



[그림 III-2] PHS 내의 각 모듈에서의 병목이 될 가능성에 대한 흐름도



(가) 입력 프로세스에 관한 가정

(1) 봉사자에 달린 대기 행렬(queue)은 PHM 16개로 이루어진 그룹이 6개 있으며, PLCP 하나가 있다. (2개의 PLCP작동을 작동/대기로 가정)

(2) PHM 에서 봉사자에 입력되는 패킷들은 크게 4종류가 있다. 이들은 호처리 관련 DTE로부터의 패킷, 호처리 관련 PHS 내부 생성 패킷, 그리고 데이터 패킷과 ACK 패킷이다. 이들의 평균 패킷 크기는 처음 두 호처리 관련 패킷은 30 바이트(byte), 그리고 데이터 패킷은 135 바이트, ACK 패킷은 12 바이트이다.

(3) PLCP로 부터 봉사자에 입력되는 패킷은 호처리 관련 내부 생성 패킷으로 평균 패킷 크기는 30 바이트이다.

(4) 패킷 크기에 따라 12 바이트, 30 바이트, 135 바이트인 이들 패킷들은 서로 독립적으로 발생하는 것으로 가정하면 (봉사자의 관점) 발생하는 갯수에 대한 확률 모형은 DTE로부터 PHS내부에 들어오는 호처리 패킷과 데이터 패킷으로 나누어지는데, 전자는 도착률이  $\lambda_c$ 인 포아송 분포(Poisson distribution)  $Po(\lambda_c)$ , 후자는 도착률이  $\lambda_d$ 인 포아송 분포  $Po(\lambda_d)$ 를 따른다고 가정한다.

(5) 결국, PHM 16 개로 이루어진 그룹  $G_1$ 으로 부터 봉사자에 입력되는 패킷은 단위 시간당,

$$30 \text{ 바이트 패킷은 } (5\lambda_c + 3\lambda_c) \cdot 16 \cdot 2 = 256\lambda_c \text{ 개}$$

$$135 \text{ 바이트 패킷은 } 16 \cdot 2 = 32\lambda_d \text{ 개}$$

$$12 \text{ 바이트 패킷은 } (16/2) \cdot 2 = 16\lambda_d \text{ 개이고,}$$

PLCP로 부터 봉사자에 입력되는 30 바이트 패킷은

$$(2\lambda_c \cdot 16) \cdot 6 \cdot 2 = 384\lambda_c \text{ 개이다.}$$

그러므로  $G_1$  부터  $G_6$ 까지의 대기 행렬의 입력은 도착이 벌크 포아송 프로세스(Bulk Poisson Process)로써 크기가 30 바이트, 135 바이트, 12 바이트이고, 각각의 확률은

$$\frac{256\lambda_c}{256\lambda_c + 32\lambda_d + 16\lambda_d} \quad \frac{32\lambda_d}{256\lambda_c + 32\lambda_d + 16\lambda_d} \quad \frac{16\lambda_d}{256\lambda_c + 32\lambda_d + 16\lambda_d}$$

이다.

그리고 총 도착 분포는  $Po(256\lambda_c + 48\lambda_d)$  이다.

마찬가지로 PLCP의 도착 분포는  $Po(384\lambda_c)$ 이다.

(나) 봉사자의 서비스 방식

(1) PBUS의 용량은 10 Mbps를 가정한다.

(2) PBUS의 서비스 시간중에서 폴링(polling)과 관련된 부분은 전이(switchover) 시간으로 돌리게 되며,

$$30 \text{ 바이트에 대해 } \frac{30 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 24 \mu\text{sec} + \alpha$$

$$135 \text{ 바이트에 대해 } \frac{135 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 108 \mu\text{sec} + \alpha$$

$$12 \text{ 바이트에 대해 } \frac{12 \cdot 8}{10 \cdot 10^6} = 9.6 \mu\text{sec} + \alpha$$

이다. 여기서  $\alpha$ 는 패킷 송-수신간의 전파 지연시간(propagation delay)이다.

(3) 봉사자(PBUS)의 전이 시간은 확률변수 R로 확률 밀도 함수  $g(r)$ 을 갖는다. 그리고 평균을  $r$ 이라 하자.

(다) 순환적 서비스 법칙

- (1) PBUS (봉사자) 는 PHM 16 개로 이루어진 그룹  $G_1$ 부터  $G_6$  그리고 PLCP를 라운드 로빈(round-robin) 방식으로 방문하며 (모든 대기행렬은 한 주기당 한번 폴링), 각 대기 행렬에서 한개의 패킷을 처리하고 (제한 서비스 시스템 (limited service system)의 최대 크기 = 1 ) 다른 대기 행렬로 전이한다.
- (2) 이에 따라 각 PHM은 데이터 ACK를 특정 시간 내에 받지 못할 경우 (윈도우 크기 = 2) 재전송하게 되는데, 이 논문에서는 재전송을 무시한다.

위의 가정을 만족하는 시스템은  $[M] \times G/1$ 의 대기 행렬이 7개인 순환적 서비스 시스템이며, 그중 최대 크기가 1인 제한 서비스 시스템이다. 6개의 대기 행렬은 대칭(symmetric)으로 볼 수 있으나, 1 개의 PLCP가 나머지 대기 행렬과는 다른 비대칭 순환적 서비스 대기 행렬(asymmetric cyclic queue)이다.

각 경우를 정리하면 다음과 같다.

- $Q_1$  부터  $Q_6$  까지의 도착 과정(arrival process)  
 $N_i$  : 대기 행렬  $i$ 로의 도착 횟수( $i=1, \dots, 6$ )  
 $N_i \sim P_0(256 \lambda_c + 48 \lambda_D)$   
 $X$  : 한 패킷의 크기

$$\Pr(X=30) = \frac{256 \lambda_c}{256 \lambda_c + 48 \lambda_D} = P_1$$

$$\Pr(X=135) = \frac{32 \lambda_c}{256 \lambda_c + 48 \lambda_D} = P_2$$

$$\Pr(X=12) = \frac{16 \lambda_c}{256 \lambda_c + 48 \lambda_D} = P_3$$

$Q_7$ 의 도착 과정

$$N_7 \sim P_0(384 \lambda_c) \Rightarrow \Pr(X=30) = 1$$

봉사자의 대기 행렬  $i$ 에서의 서비스 시간

$$B_i : \text{대기 행렬 } i \text{에서의 서비스 시간 } (i=1, \dots, 6)$$

$$\Pr(B_i=24) = P_1$$

$$\Pr(B_i=108) = P_2$$

$$\Pr(B_i=9.6) = P_3$$

그리고  $Q_7$ 에서는

$$\Pr(B_7=24) = 1$$

\* 모듈간의 거리를 최대 10 m 로 할 경우, 전파 지연 시간은

$$\frac{10}{2 \cdot 10^8} = 50 \text{ nsec 이므로 무시할 수 있다.}$$

그러므로  $Q_1$ 부터  $Q_6$ 까지는  $[M] \times G/1$  이고  $G$ 는 매우 단순한 형태를 가지며  $Q_7$ 에서는  $[M] \times D/1$  으로 볼 수 있다.

이와 같은 비대칭적 순환적 서비스 시스템에 대하여 제한 서비스 방식을 사용할 경우, 대기 시간에 대한 근사적인 분석인 Kuehn[2]에 의해 수행된 연구를 활용할 수 있다.

먼저 도착물은



$$\lambda = \begin{cases} 256 \lambda_c + 48 \lambda_D, & j=1, \dots, 6 \\ 384 \lambda_c & , j=7 \end{cases}$$

이다.

그리고 평균 서비스 시간  $h$ 는 3가지 패킷 크기에 대한 각각의 서비스시간과 확률을 곱하면된다. 따라서  $1, \dots, 6$ 까지의 대기 행렬에 대해서는

$$h = 24 P_1 + 108 P_2 + 9.6 P_3$$

이다. 앞에서 구한  $P_1, P_2, P_3$ 를 대입하면

$$h = \begin{cases} \frac{6144 \lambda_c + 3609.6 \lambda_D}{256 \lambda_c + 48 \lambda_D}, & j=1, \dots, 6 \\ 24 & , j=7 \end{cases}$$

가 된다. (이후의 자세한 분석 과정은 [10]의 보고서를 참조)

위의 결과를 이용하여 구한  $E[N_i]$ 와  $E[W_i]$ 를 이용하여 PBUS가 병목인지 아닌지를 알 수 있다. 즉 하나의 패킷이 PHS내에 들어와서 처리하여야 할 시간이 주어진다면  $E[W_i]$ 가 이 시간을 넘을 경우 PBUS가 병목이 될 것이다.

## V. 결론 .

본 연구에서 제시된 주요 내용은 다음과 같다.

1. 용량 분석 관점에서 일종의 다중 프로세스 시스템(multi process system) 으로서의 PHS를 고찰하여, 순환적 서비스 시스템과 토큰 버스(token-bus) LAN이 분석되어야 할 핵심적인 시스템이라는 사실이 도출되었다.

2. PHS의 용량분석을 위해 호처리 패킷과 데이터 패킷의 흐름도를 탠덤 네트워크로 작성하였으며, 주된 처리작업을 하는 모듈이 될 가능성을 고찰하였다.

3. PBUS가 병목인 경우를 가정할때, PHS용량을 분석하기 위한 모형을 제시하였고, 단위시간당 발생하는 호처리 패킷도착률( $\lambda_c$ )과 데이터 패킷도착률( $\lambda_D$ )을 입력으로 하여, PBUS의 서비스 시간을 산출하였으며, 이에 따른 평균 액세스 시간과 평균 대기 패킷수를  $\lambda_c$  와  $\lambda_D$ 로 표시하는 분석을 행하였다.

앞으로 본 연구를 토대로 보다 구체적인 용량분석을 위해 고려되어야할 문제는 다음과 같다.

\* PHM이나 PLCP가 병목이 될 경우의 용량 분석 모형, 이를 위해서는 MC68020과 MPMA의 동작 과정에 대한 보다 상세한 이해와 메시지 교환에 관한 프로토콜의 이해가 선행되어야 할 것이다.

\* 대기이론을 원용하여 순환적 서비스 시스템에 관한 성능 분석을 하고자 할때, 입력 모수로 가정되는 전이 시간등에 대한 상세한 분석이 이루어져야 한다.

\* 특정 데이터 화일에대한 평균 시간등을 보다 정확히 산정하기 위한 모델 구축 작업등이 있다. 이를 위해서는 흐름 제어를 위한 윈도우 크기, 그리고 에러 제어용 프로토콜등이 고려되어야 한다. 또한 개개의 모듈을 통합한 네트워크에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

\* 참고 문헌 \*

1. Kleinrock, L. " Queueing Systems I, II," John Wiley & Sons, 1975.
2. Kuehn, P.J. " Multiqueue Systems with Non-exhaustive Cyclic Service," BSTJ, Vol.58, No. 3, Mar. 1979.
3. Schwartz, M. " Telecommunication Networks:Protocols, Modelling and Analysis " Addison- Wesley Publishing Company,1986.
4. Stalling, W." Data & Computer Communication," Macmillan, 1985
5. Takagi, H. " Queueing Analysis of Polling Models," ACM Computing Surveys, Vol.20, No.1, Mar.1988.
6. Yamazaki, K. "Evaluation of ISDN Packet Switching Based on New Packet," JC-CNSS'88.
7. 강 석열, 이 강원, " A Distributed System Architecture for High Throughput Telephone Switching," 한국 전자 통신 연구소, TSC-02, 1986.
8. 오 덕길, 홍 현하, 최 진영, 이 근구, " TDX-10 패킷 교환 시스템 하드웨어 구조 연구." 한국 전자 통신 연구소 TH/S-187, 1989.
9. 은 종관 외 4인, " TDX-10 패킷 교환 기능의 개발에 관한 연구," 한국 전자 통신 연구소 연구 보고서, 1988.
10. 이 창훈, 홍 정식, " Packet Handler 의 traffic 용량 분석에 관한 연구." 한국 전자 통신 연구소 연구 보고서, 1989.