

# Queueing Network을 이용한 PC 통신 시스템 분석 Analysis of the PC Communication System using Queueing Network

吳根泰\* · 金垞弘\*\*

## Abstract

This paper deals with the analysis of the PC communication service system performance which will be installed as a gateway between PSTN and PSDN. Firstly, we classify the data traffic pattern into interactive, conversational, and file transfer type from the actual statistics. Secondly, we model the system structure as a closed queueing network model with multiservers and multiple customer classes and derive the analytic method to be able to measure the system performance using Mean Value Analysis. Finally, the simulation results indicate that the analytic method obtained is a good approximation method to measure the system performance of the PC communication service system as a gateway between PSTN and PSDN.

## 1. 서론

한국통신에서는 정보화사회의 조기정착을 위한 방안의 하나로 프랑스에서 크게 성공을 거두고 있는 비데오텍스서비스를 모델로 한 하이텔 서비스를 도입하여, 서비스의 성립의 3대 요건이라 할 수 있는 가입자 단말기, 정보 통신망, 정보 데이터 베이스 사업자의 육성 등에 관하여 세부발전계획을 수립하고 이를 시행하고 있다.

이중 정보통신네트워크의 구축은 망사업자의 입장에서는 매우 중요한 요소로서, 통신처리장치의 개발을 위한 계획을 수립, 한국전자통신연구소에서 개발을 완료하였으며, 통신처리시스템의 기능시험이 모두 완료되고 상용화를 위한 시스템의 제원을 결정하는 단계에 있다. 본 연구는 PC통신서비스 시스템중 정보 검색용 단말기 서비스시스템을 Queueing Network으로 모형화하고, 성능척도를 해석적 방법으로 구한 후 기존의 서비스되고 있는 PC 통신 관련 이용현황 데이터를 이 해석적 방법에 적용하여 이 시스템의 적정제원을 찾아내고 시뮬레이션을 이용하여 결과의 타당성을 검토하는 것을 목적으로 한다.

제 2 장에서는 PC통신서비스 시스템의 구성 및 기능에 대하여 간략히 설명하고, 제 3 장에서는 기존의 PC통신 관련 서비스 이용현황으로부터 망트래픽의 성격을 파악하였으며, 제 4 장에서는 시스템의 성능분석과 시뮬레이션에 대하여 설명하고, 마지막으로 결론을 맺는다.

## 2. 통신처리시스템의 구성

### 2.1 PC통신서비스 시스템 개요

PC통신서비스 시스템은 그림-1에 나타난 바와 같이 공중전화망과 접속되는 전화망 접속부와, 패킷교환망과 접속되는 패킷교환망 접속부와 기능적으로 이들의 접속부 사이에 위치하여 이용자의 터미널 유

\* 수원대학교 산업공학과

\*\* 수원대학교 산업공학과

형별로 해당서비스 처리기능을 담당하는 통신처리시스템과 망관리 및 운영을 지원하는 망관리 서브시스템으로 구성된다.

통신처리시스템은 정보검색단말기용 서비스서브시스템, G3 팩스단말을 위한 팩시밀리 서비스서브시스템, 전화기를 위한 오디오텍스 서비스서브시스템의 세가지로 세분되며, 이들의 서비스 서브시스템은 미디어 변환, 프로토콜 변환, 속도 변환 등의 기능을 제공한다. 이용자는 전화기, 정보검색단말기(PC포함), 또는 팩스로서 정보서비스를 제공받을 수 있으며, 통신처리장치는 이용자의 단말에 대응하여 음성합성, 팩스정보변환 등의 미디어변환기능을 수행하여 정보를 제공하게 된다. 또한 망관리장치의 상대역의 기능으로서 과금데이터의 처리, 운영데이터의 수집 등의 운영관리기능을 수행한다.

한편, 망관리모듈은 미니컴퓨터시스템으로 통신처리시스템의 운영 및 관리에 필요한 제반기능을 수행하는 시스템으로서, 중간관리시스템과 총괄관리시스템의 양계층으로 되어 있으나, 중간관리시스템의 규모를 확장하면 총괄관리시스템이 되도록 유연성이 있는 설계를 하였다.

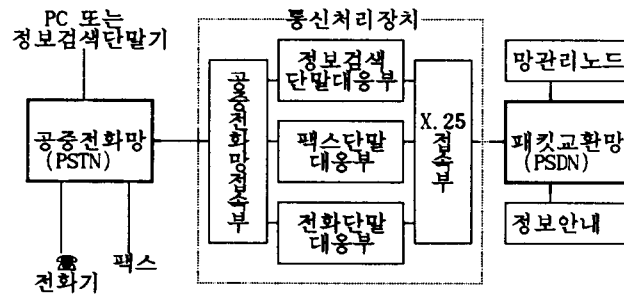


그림-1. PC통신서비스시스템의 구성도

## 2.2 정보검색용 단말기 서브시스템

본 연구의 주된 관심은 정보검색단말기 서브시스템에 대한 성능평가로서 이에 관련된 정보검색서브시스템의 구성을 간략히 설명하면 다음과 같다.

정보검색단말기 서브시스템은 전화망에 접속되어 있는 이용자 터미널이 정보검색단말기 또는 PC인 경우 정보서비스센터간의 접속을 위한 서비스시스템으로서 크게 회선접속모듈과 서비스 처리 모듈의 2부분으로 나누어진다. 그림-2에 정보검색 단말기 서브시스템의 구성도를 나타내었으며, 그림에서 TNIF(Telephone Network Interface)는 이용자접속망과의 접속부분이며, PNIF(Packet Network Interface)는 호스트접속망인 PSDN과의 접속부분이다.

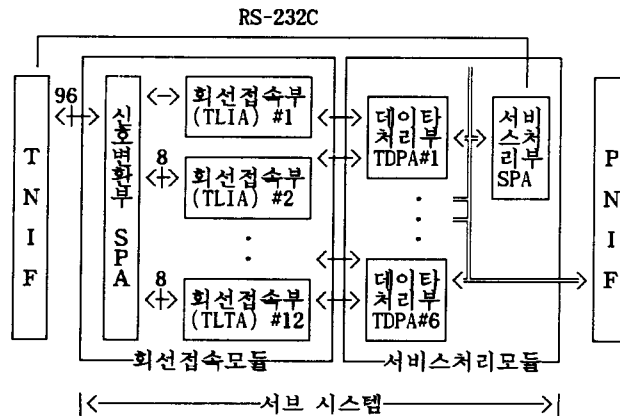


그림-2. 정보검색 단말기 서브시스템의 구성

그림-2를 블록도로 표시하면 그림-3과 같이 단순화할 수 있다.

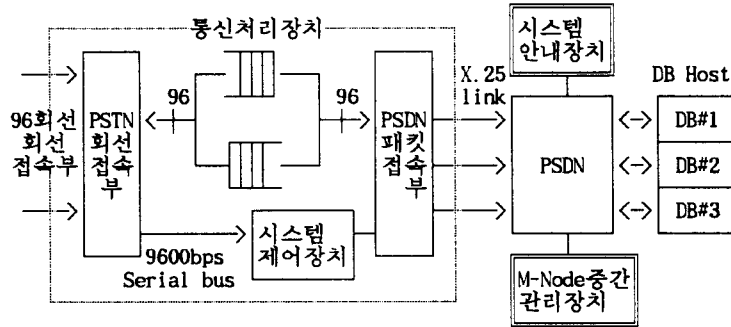


그림-3. PC 통신시스템의 성능 모델

### 3. PC통신 서비스의 현황

#### 3.1 PC정보통신 서비스의 이용형태별분류

PC통신서비스는 정보서비스의 형태에 따라 데이터트래픽의 특성이 다르게 되는데 크게 3가지로 분류해보면, 검색형, 대화형, 메일형으로 나눌 수 있다.

검색형서비스는 이용자가 수신된 정보 메뉴를 보고, 정보의 내용을 선택하면, 필요한 정보를 페이지 단위로 얻는 형태를 의미하는 것으로, 이러한 유형의 서비스는 단말기 측에서의 입력정보는 수개의 문자인데 비해서, 수신되는 정보는 페이지 단위의 메시지가 된다. 대화형서비스는 사용자가 필요한 수개바이트로 구성된 정보를 입력하고, 이에 대해 역시 짧은 응답을 수신하는 형태의 서비스로서, 대표적인 형태는 텔레컨퍼런스나 전자전화번호부검색과 같은 서비스에서 나타난다. 메일형서비스는 화일의 전송 및 수신에 관계되는 서비스로서 검색형이나 대화형과는 달리 단방향으로 긴 정보의 전송이 이루어지되, 이의 반대방향으로는 간단한 형태의 응답메세지만이 송신되는 형태의 서비스이다.

이와 같은 분류의 기준에 따라, 한국 PC통신의 하이텔 서비스, 전자전화번호부, KT-Mail서비스 등에서 입수한 1992년 9월, 10월, 11월 동안 서비스별 이용시간을 분석해 본 결과 검색형이 72.5 %, 대화형이 17.4 %, 메일형이 10.1 %가 되었다.

#### 3.2 이용형태별 데이터트래픽의 특성

앞에서 분류한 3가지의 이용형태에 따른 데이터트래픽을 추출하기 위해서, 가입자접속부에 설치된 PAD의 X.25링크와 PSDN 에서 호스트로 들어가는 링크에 대한 통계 데이터를 분석하였다. 네트워크 측에서의 DB측 Link에 대한 통신상태를 분석하여 PSDN에서 DB로 연결된 Link별 통계조사를 통하여 VC의 개설 숫자, 송수신 Packet의 수, 송수신 Byte수, Link Level의 Frame의 수, Frame Byte의 수 등을 파악하였다. 또한 PSTN측 PAD의 통계자료로서 가상회선 요청건수, 송수신 Packet의 수, 송수신 Byte수 등을 조사하였다. 이로부터 PSTN에서 접속을 요구한 이용자가 어떠한 서비스를 이용하는가에 대해서 알 수 없으므로, 데이터트래픽의 형태를 분석하여 분류하였다. 즉, 수신 패킷의 수와 수신 데이터의 수의 비가 큰 경우에는 메일형으로, 송신 패킷의 수와 송신 데이터의 수가 적은 경우는 검색형으로 그 밖의 경우는 대화형으로 분류하였다. 이러한 방법에 따라 유형별 데이터트래픽의 특성결과를 표-1에 나타내었다. 여기서 평균시간은 송신에서 다음 송신까지의 평균시간으로서 입력데이터 사이의 간격으로 표시하였다.

표-1. 유형별 데이터 트래픽의 특성

	송신바이트수	수신바이트수	평균시간(초)
검색형	3.5	344.6	6.3
대화형	6.1	585.0	16.4
메일형	4.9	2,081.5	15.5

#### 4. 시스템에 대한 성능분석

본 연구에서 고려하는 시스템은 검색형 데이터를 형태 1, 대화형 데이터를 형태 2, 메일형 데이터를 형태 3으로 할 때, 가상회선(virtual circuit)마다 이 세형태의 데이터 중 임의 형태의 데이터 1개가 흐르는 네트워크로 볼 수 있다. 여기서 가상회선의 수는 최대 96개가 가능한 것으로 한다. 즉, 동시에 연결될 수 있는 단말기의 총수는 최대 96대임을 의미한다.

데이터의 흐름은 다음과 같다. 임의 회선(circuit)을 기준으로 할 때 단말기의 Enter 키를 누르면 임의 종류의 데이터가 한개 발생하여 gateway로 이동하고, gateway에 도착한 데이터는 먼저 도착한 다른 회선의 데이터들이 처리될 때까지 대기한다. 링크(link)를 통해 gateway를 통과한 데이터는 Host를 거치면서 그 길이가 변한다. 실제로는 이 과정 중에 gateway를 먼저 통과한 데이터보다 후에 통과한 데이터가 Host를 먼저 통과할 수도 있다. Host를 통과한 데이터가 gateway로 들어오기 위해 링크를 통과할 때 다시 대기하여야 하는데 대체로 데이터의 길이가 전보다 길어지므로 단말기에서 나갈 때보다 단말기로 들어올 때가 시간이 더 걸릴 것으로 예측된다. gateway로 들어온 데이터는 해당 단말기로 흐르는데 이때 들어오는 속도는 56Kbps이고 나가는 속도는 9600bps이어서 일시적인 대기를 발생시킨다. 단말기 이용자가 다시 생각하는 시간을 갖고 필요한 사항을 입력한 후 Enter 키를 누르면 앞과 같은 절차를 반복하게 된다. 이때 형태  $i$ 의 데이터가 발생할 확률은  $P_i(i=1, 2, 3)$ 가 된다.

이 시스템은 다음 그림으로 표현할 수 있다.

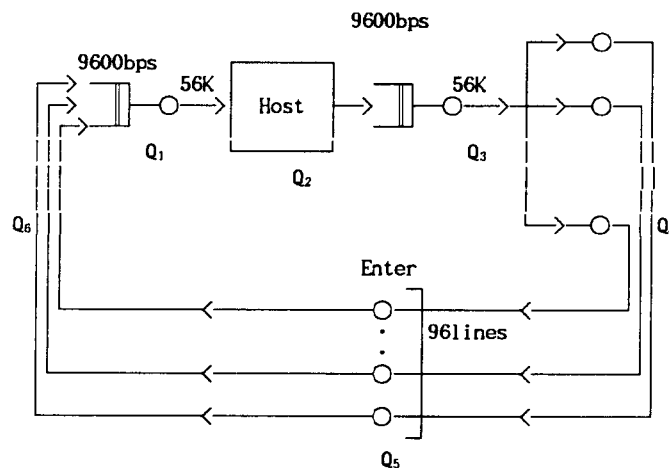


그림 4 시스템 모형

여기서  $Q_1$ 노드는 데이터가 gateway에서 Host로 나가는 부분,  $Q_2$ 노드는 Host를 통과하는 부분,  $Q_3$ 노드는 Host에서 gateway로 들어오는 부분,  $Q_4$ 노드는 데이터의 전송 속도가 56Kbps에서 9600bps로 바뀌는 부분,  $Q_5$ 노드는 정보를 보내기 위해 생각하고 Enter를 누르는 부분,  $Q_6$ 노드는 PSTN에서 gateway로 합류되는 부분이다. 따라서 실제로 대기행렬을 이루는 부분은  $Q_1$ 노드과  $Q_3$ 노드이고,  $Q_2$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ 노드들은 데이터가 흘러가면서 시간만 소비하는 부분이어서 대기행렬은 형성되지 않는다.  $Q_4$ 노드는 데이터의 전

송속도가 56Kbps에서 9600bps로 떨어지기 때문에 일시적으로 대기행렬이 형성되는 부분이다. 따라서,  $Q_1$ 노드와  $Q_3$ 노드의 작업자수는 link의 수이며,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$ 의 작업자수는 무한(infinite)한 것으로 생각하면 된다.

본 연구에서는 평균응답시간(mean response time:RT)을 시스템 성능의 척도로 보고, 링크수에 따른 평균응답시간의 변화를 해석적인 방법으로 구한 후 그 결과를 simulation에 의한 결과와 비교하였다. 평균응답시간은 단말기 앞에서 사용자가 Enter 키를 친 후 그 응답이 화면에 나타날 때까지의 경과 시간을 말한다.  $X$ 를 데이터의 형태를 나타내는 확률변수라 할 때 평균응답시간 RT는

$$\sum_{k=1}^3 E\left[ \sum_{i=1}^6 Q_i \text{를 통과하는 시간} | X = k \right] \cdot P\{ X = k \} - \sum_{k=1}^3 E\left[ Q_5 \text{를 통과하는 시간} | X = k \right] \cdot P\{ X = k \}$$

이 된다. 여기서  $Q_5$ 의 평균을 빼는 이유는 노드 5에서의 시간 경과를 화면에 들어온 정보를 보고 Enter 키를 누르기 전에 생각하는 시간이기 때문에 Enter 키를 누른 후 그것이 처리되어 결과가 화면에 나타나는 반응시간에는 포함될 수 없기 때문이다.

#### 4.1 해석적인 방법의 유도

본 시스템의 모형은 링크의 수가  $K$ 일 때  $Q_1$ 과  $Q_3$ 는 서버의 수가  $K$ 인 다중서버,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$ 는 무한서버이고 서비스받는 시간이 서로 다른 3 종류의 고객으로 구성된 다중서버 및 다종류 고객을 갖는 폐쇄형 대기행렬 네트워크 모형(Closed Queueing Network Models with Multiservers and Multiple Customer Classes)이 된다. 보통 이러한 대기행렬 네트워크 모형은 안정상태(steady state)하에서 각 노드에서의 고객수의 확률분포가 비승법형(nonproduct form)으로 표현된다[1]. 본 모형을 있는 그대로 표현한다면 이 모형에 맞는 정확한 해석적 분석방법은 비승법형 해를 갖게 된다. 비승법형 해를 갖는 이러한 CQN모형은 보통 Markov chain을 이용하여 분석되지만 본 모형의 경우 상태의 수가 엄청나게 많아 현실적으로 적용이 불가능하다. 이런 경우에는 simulation과 개산해법(approximation method)이 일반적으로 적용된다. 그러나 BCMP(Baskett, Chandy, Muntz, Palacios-Gomez[1])에 의하면 이러한 시스템도 각 노드가 다음 4 형태의 노드중 하나라면 안정상태(steady state)에서 각 노드에서의 고객수의 확률 분포가 승법형(product form)으로 표현됨을 보였다.

- 1) 형태 1 노드: 서비스 원칙은 FCFS(First Come First Served)이며, 서비스 시간은 고객의 종류에 관계없이 동일한 평균을 갖는 지수분포를 하고, 서비스율은 서버의 수  $K$ 에 종속되는 (변하는) 노드.
- 2) 형태 2 노드: 서버는 하나밖에 없으며, 서비스 원칙은 process sharing이고, 서비스 시간은 고객의 종류에 따라 다를 수 있으며, 서비스 시간의 분포는 Laplace transform이 존재하는 분포이면 모두 가능한 노드.
- 3) 형태 3 노드: 무한서버를 갖고 있는 노드이다. 또한 서비스 시간은 고객의 종류에 따라 다를 수 있으며, 서비스 시간의 분포는 Laplace transform이 존재하는 분포이면 모두 가능한 노드.
- 4) 형태 4 노드: 서버는 하나밖에 없고, 서비스 원칙은 pre-emptive resume, LCFS(Last Come First Service)이며, 서비스 시간은 고객의 종류에 따라 다를 수 있으며, 서비스 시간의 분포는 Laplace transform이 존재하는 분포이면 모두 가능한 노드.

본 연구에서의 데이터 길이는 데이터의 형태별로 평균길이가 서로 다르고 Host를 통과하면 평균길이가 더 길어진다고 가정된 경우이므로, 본 시스템의 모형을 BCMP queueing network과 비교해 보면  $Q_1$ 과  $Q_3$ 는 고객의 종류마다 서비스받는 시간이 서로 다른 분포를 한다는 점, 지수분포가 아닐 수도 있다는 점과 FCFS 가정만 제외하면 형태 1의 노드와 유사하고,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$ 는 완전히 형태 3의 노드가 된다. 그러나, 실용적으로는 통신 네트워크의 전송시간은 일반적으로 지수분포라 가정하여도 충분히 만족할 만한 정밀도의 결과를 얻을 수 있고, 어떤 노드를 형태 1의 노드로 모형화할 때는 서로 다른 분포의 서비스 시간을 갖는 여러 고객의 서비스 시간을 가중평균(weighted average)하여 하나의 서비스 시간으로 표현하는 것이 완벽한 모델과의 차이를 줄인다[6]는 일반적인 사실로부터 본 모형에 대해 형태

$k$ 의 데이터가 노드  $i$ 에서 처리받는 시간의 평균을  $\mu_k^i$ 이라고 할 때,  $Q_1$ 과  $Q_3$  노드는 대기행렬이 발생할 경우에 서비스 원칙은 FCFS를 따르면서 데이터의 형태에 관계없이 데이터 처리시간은 평균  $P_1\mu_1^i + P_2\mu_2^i + P_3\mu_3^i$ , ( $i = 1, 3$ )인 지수분포를 하며,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$  노드에서의 데이터 처리시간은 평균  $\mu_k^i$ 인 Laplace transform이 존재하는 분포를 따른다고 가정한다. 따라서 본 모형은  $Q_1$ 과  $Q_3$  노드는 형태 1,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$  노드는 형태 3인 BCMP queueing network가 되므로 다중서버 및 다종류 고객을 갖는 폐쇄형 대기행렬 네트워크 모형(Closed Queueing Network Models with Multiservers and Multiple Customer Classes)에 적용될 수 있는 평균치분석법(MVA : Mean Value Analysis) [2]을 이용하여 평균 응답시간(response time)을 구할 수 있다.

그런데 구하고자 하는 목적이 평균응답시간이고,  $Q_1$ 과  $Q_3$  노드에서는 단일 종류의 고객이 도착하는 것으로 가정하였으며,  $Q_2, Q_4, Q_5, Q_6$  노드는 무한서버여서 임의의 노드  $i$ ( $= 2, 4, 5, 6$ )에서 형태  $k$ 인 데이터의 평균응답시간은 데이터가 그 노드를 통과하는데 소요되는 평균시간이므로 당연히  $\mu_k^i$ 가 된다. 따라서 평균응답시간 RT는

$$\begin{aligned} & E[ Q_1 \text{노드 통과시간} ] + E[ Q_3 \text{노드 통과시간} ] \\ & + \sum_{k=1}^3 E[ Q_2 \text{노드 통과시간} + Q_4 \text{노드 통과시간} + Q_6 \text{노드 통과시간} | X=k ] \cdot P[ X=k ] \\ = & E[ Q_1 \text{노드 통과시간} ] + E[ Q_3 \text{노드 통과시간} ] \\ & + \sum_{k=1}^3 (\mu_k^2 + \mu_k^4 + \mu_k^6) \cdot P_k \\ = & E[ Q_1 \text{노드 통과시간} ] + E[ Q_3 \text{노드 통과시간} ] \\ & + (P_1\mu_1^2 + P_2\mu_2^2 + P_3\mu_3^2) + (P_1\mu_1^4 + P_2\mu_2^4 + P_3\mu_3^4) + (P_1\mu_1^6 + P_2\mu_2^6 + P_3\mu_3^6) \end{aligned}$$

이 된다. 여기서  $P_1\mu_1^i + P_2\mu_2^i + P_3\mu_3^i$ 는  $Q_i$ 노드( $i = 2, 4, 6$ )에 세종류의 고객이 도착하여 통과하는데 걸리는 평균시간을 의미한다. 이 값은 처리시간의 평균이  $P_1\mu_1^i + P_2\mu_2^i + P_3\mu_3^i$ 인 단일종류의 고객이 이 노드  $i$ 를 통과하는데 걸리는 시간과 동등함을 보여줌과 동시에 결국 이 network는 한 종류의 데이터가 전송되고 있으며, 각 노드에서의 데이터 처리시간은 평균  $P_1\mu_1^i + P_2\mu_2^i + P_3\mu_3^i$ , ( $i = 1, \dots, 6$ )인 분포(1과 3번 노드에서는 지수분포)를 하는 다중서버-단일종류 고객 모형으로 단순화될 수 있고, 다중서버-단일종류인 경우에 적용되는 평균치분석법을 이용하여 평균응답시간(mean response time)을 구할 수 있다. 본 모형에 MVA방법을 적용하면 다음과 같다.

CQN내의 총 고객수(즉, 시스템 내의 총 데이터 수)를  $n$ 이라 할 때,  $Q_i$ 노드에서의 평균 고객수를  $L_i(n)$ , 평균응답시간을  $W_i(n)$ ( $= E[ Q_i \text{노드 통과시간} | \text{network내에 데이터의 총수} = n ]$ )라고 하자. 시스템 전체의 출력률(throughput)을  $X(n)$ 이라 할 때  $L_i(n)$ 과  $W_i(n)$ 간에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$L_i(n) = X(n) \cdot W_i(n), \quad i = 1, \dots, 6.$$

시스템 내의 총 고객수가  $n$ 이라는 사실을 이용하면

$$X(n) = \frac{n}{\sum_{i=1}^6 W_i(n)}$$

관계가 성립한다. 노드  $i$ 에서의 평균응답시간  $W_i(n)$ 은  $S_i = P_1\mu_1^i + P_2\mu_2^i + P_3\mu_3^i$ 이고,  $P_i(j|n)$ 를 시스템내의 고객수가  $n$ 일 때 노드  $i$ 에  $j$ 명의 고객들이 있을 확률이라고 할 때 링크의 수  $K$ 가 1이면 모든  $i, j, n$ 에 대해,

$$P_i(j|n) = 0,$$

모든  $j, n$ 에 대해,

$$W_i(n) = \begin{cases} S_i \cdot [1 + L_i(n-1)] & , \quad i = 1, 3 \text{일 때,} \\ S_i & , \quad i = 2, 4, 5, 6 \text{일 때.} \end{cases}$$

이고, 링크의 수가  $K \geq 2$ 이면  $i = 1, 3$ 에 대해

$$W_i(n) = \left(\frac{S_i}{K}\right) \cdot [1 + L_i(n-1) + \sum_{j=1}^{K-1} (K-j) \cdot P_i(j-1|n-1)] ,$$

$$P_i(j|n) = \left(\frac{1}{j}\right) \cdot [S_i \cdot X(n) \cdot P_i(j-1|n-1)] ,$$

$$P_i(0|n) = 1 - \left(\frac{1}{K}\right) \cdot [S_i \cdot X(n) + \sum_{j=1}^{K-1} (K-j) \cdot P_i(j|n)] ,$$

$i = 2, 4, 5, 6$ 일 때 모든  $j, n$ 에 대해,

$$P_i(j|n) = 0,$$

$$W_i(n) = S_i$$

이들 식을 이용해서 시스템 내의 데이터수가  $N$ 일 때의 시스템의 평균응답시간을 구하기 위해서는 먼저  $L_i(0)=0, P_i(0|0)=0$ 으로 하여  $n$ 값을 1씩 증가시키면서  $N$ 이 될 때까지 위의 식들을 반복적(recursive)으로 적용하여 평균응답시간  $W_i(N)$ 을 구한 후, 모두 더한 값에서  $W_5(N)$ 을 뺀 값이 시스템의 평균응답시간이 된다. 즉, 평균응답시간  $RT(N)$ 은

$$RT(N) = W_1(N) + W_2(N) + W_3(N) + W_4(N) + W_6(N)$$

이다.

#### 4.2 해석적 방법과 simulation에 의한 결과와의 비교

앞에서 제시한 해석적 방법의 타당성을 평가하고 실제 상황에 근접한 결과를 얻기 위해서, simulation 방법을 통해 모델을 분석했다. 데이터의 길이나 고객이 송신을 위해 소비하는 시간 등은 모두 지수분포하는 것으로 가정하였다. 분석을 위해 사용한 simulation language 는 SLAM II 이다.

비교분석을 위한 평균처리시간  $\mu_k^i$ 의 자료는 표-1에 제시된 데이터를 근거로 하고, 하이텔 서비스, KT-Mail 서비스 등에서 제시한 자료로부터 다음 표-2와 같이 추출하였다.

표-2. 평균처리시간  $\mu_k^i$

노드 $i$ \ 데이터	1	2	3	4	5	6
1	0.0007	0.0689	0.359	1.800	4.9	0.004
2	0.0012	0.1170	0.609	1.048	14.0	0.006
3	0.0010	0.4163	2.168	1.820	0.0	0.005

또, 시스템 내 데이터의 총수(동시에 연결되어 현재 데이터가 흐르고 있는 단말기의 총수)가 48, 60, 72, 84, 96일 때 시스템 속을 흐르는 데이터 형태별 수는 검색형이 72.5 %, 대화형이 17.4 %, 메일형이 10.1 %으로 주어져 있으므로 다음 표-3과 같이 가정하였다.

표-3. 시스템 내 데이터의 총수에 따른 데이터 형태별 수

시스템 내 데이터의 총수 \ 데이터 형태	48	60	72	84	96
1	35	44	52	61	69
2	8	10	13	15	17
3	5	6	7	8	10

표-2와 표-3에 주어진 자료로부터 링크 수가 1, 2, 3일 경우에 대해 시스템 내의 데이터 수가 48, 60, 72, 84, 96일 때 해석적 방법과 simulation 방법으로 구한 평균응답시간을 비교하여 본 결과는 그림-5, 그림-6, 그림-7과 같다. 이 그림들에서 computation은 해석적인 계산 결과를 말한다. 모든 그림에서 시스템 내부를 흐르는 총 데이터의 수가 커지면 커질수록 해석적 결과와 simulation 결과가 차이가 적어짐을 보여 준다. 특히 링크의 수가 2, 3일 때는 두 방법의 결과가 유사해짐을 알 수 있다. 또한 두 방법 모두에서 링크의 수가 커지면 총 데이터의 수에 따른 평균응답시간의 차이가 거의 없음을 보여주고 있다. 전반적으로 약간의 차이는 있지만 해석적 방법과 simulation 방법은 거의 유사한 결과를 보여 주고 있기 때문에 본 연구에서 제안하고 있는 해석적 방법은 개략적으로 그림-4와 같은 시스템의 평균응답시간을 추정하는데 좋은 방법이 됨을 알 수 있다.

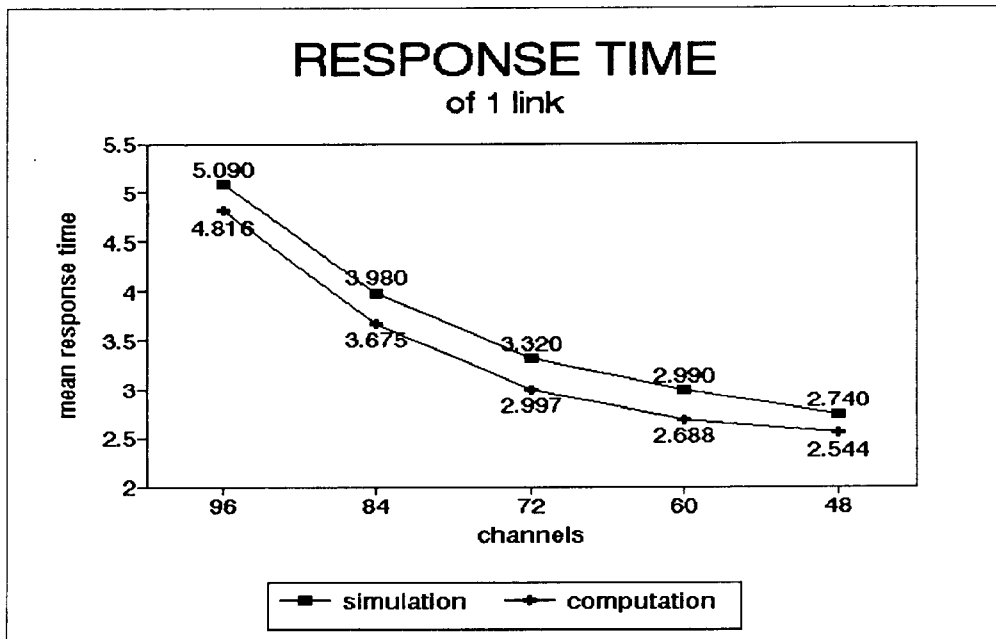


그림-5. 평균응답시간 비교  
(해석적인 방법과 Simulation의 결과: 1 Link의 경우)



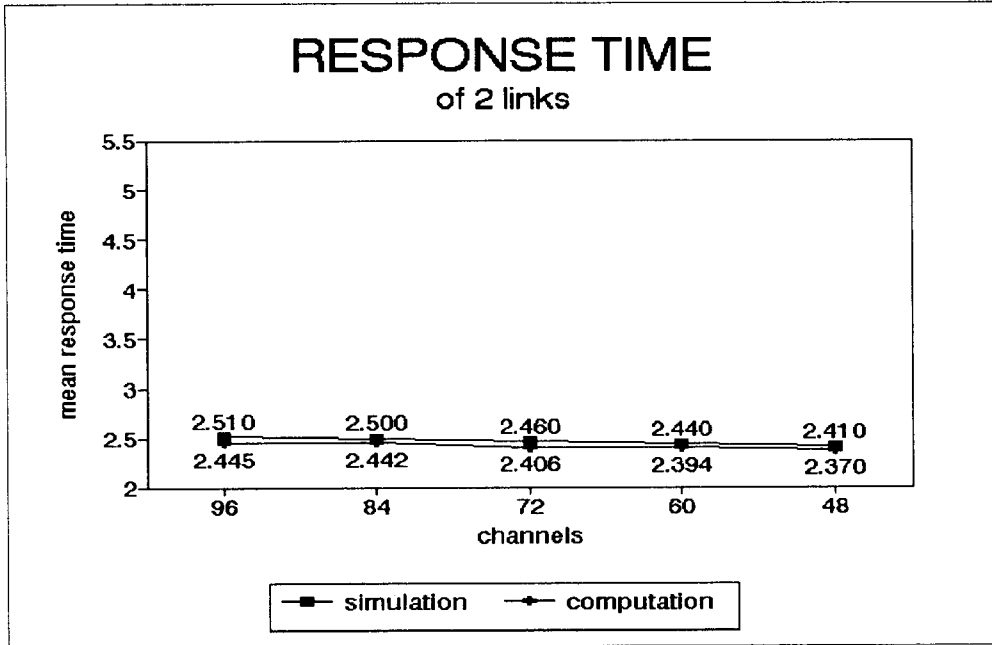


그림-6. 평균응답시간 비교  
(해석적인 방법과 Simulation의 결과: 2 Link의 경우)

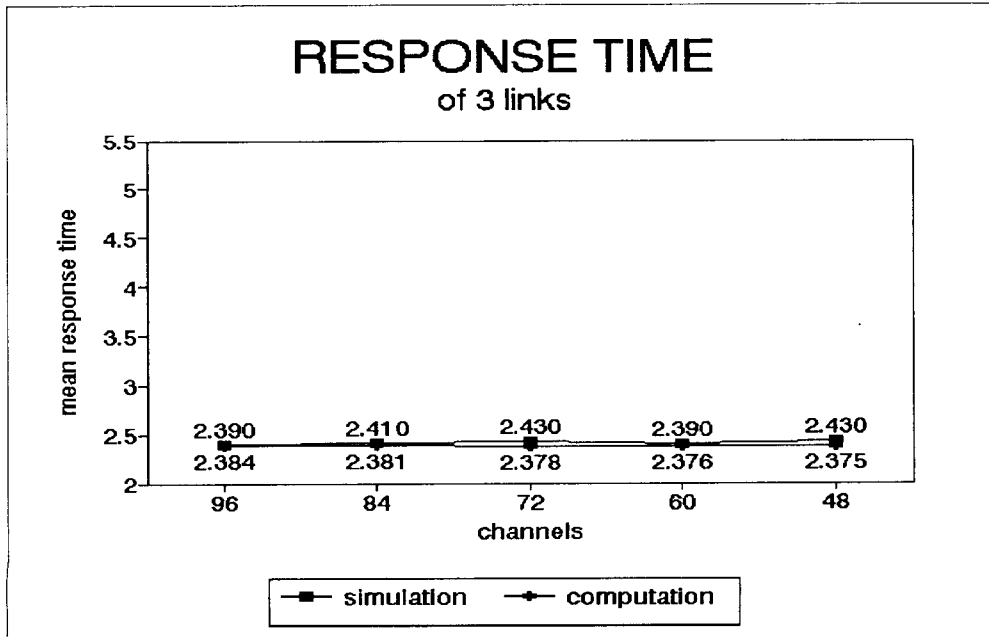


그림-7. 평균응답시간 비교  
(해석적인 방법과 Simulation의 결과: 3 Link의 경우)

## 5. 결론

본 논문에서는 PC통신서비스시스템의 제원을 결정하는 것을 목적으로 통신처리시스템과 망관리모듈에 대하여 시스템의 구조 및 기능을 검토하고, 시스템의 성능을 평가하였다.

연구대상 시스템의 성능을 분석하기 위해 먼저 시스템을 링크의 수가  $K$ 일 때  $Q_1$ 과  $Q_3$ 는 서버의 수가  $K$ 인 다중서버,  $Q_2$ ,  $Q_4$ ,  $Q_5$ ,  $Q_6$ 는 무한서버이고 서비스받는 시간이 서로 다른 3 종류의 고객으로 구성된 다중서버 및 다종류 고객을 갖는 폐쇄형 대기행렬 네트워크로 모형화하고, 이를 승법형 해가 존재하는 다중서버 및 단일 종류 고객을 갖는 폐쇄형 대기행렬 네트워크로 단순화하여 MVA기법을 사용해 시스템의 성능 척도인 평균응답시간을 구할 수 있는 해석적인 방법을 제시하고, PC정보통신서비스의 현황을 분석하여 도출한 국내 정보통신서비스의 데이터를 대입하여 해석적인 방법으로 계산한 결과와 simulation에 의한 결과를 비교하여 해석적인 방법의 타당성을 입증하였다.

앞으로 본 논문에서 고려한 gateway로서의 PC통신시스템과 같은 구조의 network를 분석하는데는 본 논문에서 고려한 방법이 유용하게 사용될 수 있으리라 기대된다.

## 參 考 文 獻

1. F. Baskett, K. M. Chandy, R. R. Muntz, and F. Palacios-Gomez, "Open, Closed, and Mixed Networks of Queues with Different Classes of Customers," *J. ACM*, Vol. 22, No. 2, pp. 248-260, 1975.
2. S. C. Bruell and G. Balbo, *Computational Algorithms for Closed Queueing Networks*, North Holland, 1980.
3. J. P. Buzen, "Computational Algorithms for Closed Queueing Networks with Exponential Servers," *Comm. ACM*, Vol. 16, No. 9, pp. 527-531, 1973.
4. J. R. Jackson, "Networks of Waiting Lines," *OR*, Vol. 5, pp. 518-521, 1957.
5. M. Reiser and S. S. Lavenberg, "Mean-value Analysis of Closed Multi-chain Queueing Networks," *J. ACM*, Vol.27, No. 2, pp. 313-322, 1980.
6. N. Viswanadham and Y. Narahari, *Perfrmance Modeling of Automated Manufacturing Systems*, Prentice Hall, 1992.
7. 홍현성 외 3인, "통신처리시스템," 한국통신학회지, 제 9 권, 5호, 1992.
8. 윤명상, 우승술, "HiTEL 기술개요," 한국통신학회지, 제 9 권, 5호, 1992.
9. 우승술, "HiTEL 사업 추진 현황과 전망," 한국통신학회지, 제 9 권, 12호, 1992.
10. ETRI, "PC통신망 서비스시스템 개발," 1991년 최종연구보고서.