

통신처리시스템의 호처리 용량 모델링 및 분석

正會員 홍 용 표*, 허 재 두**, 이 진*

A Modeling Analysis of Call Processing Capacity of CPS

Ryong Pyo Hong*, Jae Doo Huh**, Jin Lee* *Regular Members*

※본 과제는 한국통신의 출연금에 의하여 수행된 것임

요 약

통신처리시스템은 전국의 전화망을 이용하는 PC 통신 사용자를 대상으로 패킷망에 연결된 데이터베이스를 액세스하도록 도와주는 게이트웨이 시스템으로, 01410 하이텔 서비스를 제공한다. 하이텔 서비스의 중계 역할을 하는 통신처리시스템은 가입자 액세스 노드의 가장 가까운 지역으로부터 발신 가입자의 전화번호를 추출하여 사용 정보에 대한 중량계 방식의 과금을 한다. 본 논문에서는 통신처리시스템의 전화망 정합기능인 호처리 부분을 손실율 변화에 따른 가입자당 부과 트래픽으로 계산하였고, 이를 토대로 시스템당 전화망 가입자의 수용 용량을 제시하였다.

ABSTRACT

The Communication Processing System(CPS) is a gateway that supports 01410 hitel service by connecting the public switched telephone network(PSTN) with the public switched data network(PSDN). The CPS is made the measured rate accounting method for the billing after extracting the originating numbers from the nearest local PSTN. In this paper, a numerical simulation is carried out on the offered traffic per user on the telephone access part of the CPS according to change of call loss probability and also propose the proper number of channels based on the simulation result.

*항공대학교 통신공학과

**한국전자통신연구원 뉴미디어시스템연구실

論文番號:97213-0624

接受日字:1997年 6月 24日

I. 서 론

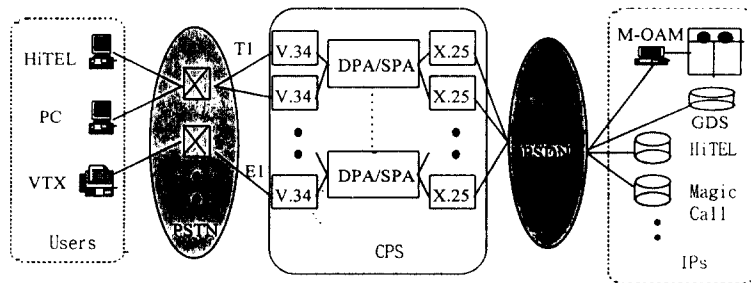
근래들어 하이텔 천리안 유니텔 등 일반 PC 사용자들을 위한 정보통신 서비스가 활발히 제공되고 있고, 서비스 제공자(ISP: information service provider)들마다 고유의 인기 상품정보를 내세워 데이터베이스를 구축하고 있다. 상기의 ISP들은 공통적으로 전국적인 액세스 망을 내세워 서비스를 제공하고 있는데, 하이텔의 경우 01410 혹은 01411, 천리안의 경우 01420 혹은 01421, 그리고 유니텔의 경우 01433의 접속번호로 33.6kbps 이상의 고속접속을 제공한다. 특히 인터넷의 등장과 함께 상기의 ISP들은 56kbps의 전화접속 네트워킹뿐만 아니라 LAN을 통한 직접적인 WWW 서비스도 제공한다. 따라서 PC 통신 사용자들에게는 통신기술의 급속한 발달에 따른 정보화 사회의 확산과 함께 각 분야에서 정보에 대한 필요욕구가 증대되고 있다. 특히, 많은 가입자가 있는 공중 전화망의 PC 통신 사용자를 위해서는 전국 동일 서비스 번호로 보다 쉽게 패킷망에 연결된 각종 데이터베이스로부터 필요한 정보를 얻을 수 있도록 하고, 정보 제공자(IP: information provider)들을 위해서는 보다 쉽게 서비스를 제공할 수 있도록 형상관리, 가입자 관리 및 과금처리 등의 업무를 대신해 주는 네트워크 시스템이 필요하다. 더우기 전화망에서의 PC

통신 가입자들이 겪는 통신 서비스의 체증현상을 해소할 수 있는 데이터 통신 시스템이 필요하고, 패킷망에 연결된 정보제공자의 데이터베이스 이용을 사용자 계정없이 자유롭게 고속 접속할 수 있는 데이터 교환 시스템이 필요하다. 국내의 정보통신 서비스는 초기의 정보검색 단말기 사용과정을 거쳐, 지금은 인터넷의 열풍으로 펜타엄급 PC를 이용한 인터넷, 전자전화번호부, 학습 데이터베이스, 생활정보 검색 서비스 등 정보통신 서비스의 정착 단계로 접어들고 있다.

본 논문은 전화망-패킷망 간 연동을 하는 통신처리 시스템의 전화망 정합장치에 대한 호처리 용량 및 처리 능력을 분석한 것으로, 채널의 손실율과 부과 트래픽과의 관계 및 채널 이용 효율을 계산하였다. 그리고 통신처리시스템의 전화망 정합장치에 도착하는 호의 도착분포를 분석하여 변화하는 채널의 폭주율을 분석한 것으로, A.K. Erlang 이론에 따른 전화망 정합장치의 용량과 이용률을 시뮬레이션하여 가입자당 평균 트래픽과 전화망 정합장치의 처리능력을 평가하였다^{1,2,3}.

II. 시스템 구조

통신처리시스템은 CPS(Communication Processing System)라고 부르는 데, 전화망과 1.544M/2.048Mbps



HiTEL : Highly Telecommunication terminal VTX : Videotex terminal V.34 : Modem pool
 DPA : Data Processing board Assembly SPA : Service Processing board Assembly
 CPS : Communication Processing System GDS : GuiDance Subsystem
 M-OAM : Mediation-OAM

그림 1. 통신처리시스템 구조
 Fig. 1 CPS Architecture

PCM 트렁크의 국간 중계방식으로 접속되고, 패킷망과는 56Kbps의 X.25 프로토콜로 연결되며, 시스템당 96 회선의 고속 다이얼-업 모뎀 접속기능을 제공한다(그림 1). 통신처리시스템은 전화망 접속부, 패킷망 접속부, 서비스 처리부로 구성되어 있으며, 최대 32개 까지 시스템을 확장 구성할 수 있다. 시스템 제공 기능으로는 과금을 위한 발신 가입자 전화번호 수집기능, 가입자 단말기 식별을 위한 VT-100/220 및 비디오텍스 모드 선택기능, 메뉴제공 및 약보호 선택기능, 관리장치로의 과금 데이터 전송기능 등이 있다.

통신처리시스템은 기존 전화망 가입자가 01410 하이텔 서비스 이용시 음성 처리를 위한 전화 교환기의 부하가 많이 걸리는 단점을 개선한 네트워크 설비로, ICPS를 이중 공간에 설치하여 트래픽을 조절할 수 있고, 원하는 메뉴에 직접 접속할 수 있어 정보검색 시간이 절약되는 잇점이 있다. 그리고 이용자의 발신 전화번호를 발체하여 기록하여 됴으므로 정보제공자를 위한 회수대행제도의 시행이 가능하다. 다음은 전화망 정합장치 부분에 대해 설명을 한다.

1. 중계선 정합기능

전화망과의 연결은 T1/E1 디지털 중계선을 통해 접속되며, 중계선의 점유, 복구, 블럭 혹은 응답 등의 신호가 검출되면 해당 호처리 기능을 수행한 후 대국 교환기로 송출하는 기능을 한다. 그리고 디지털 중계선 링크의 경보상태를 수집/보고하는 역할도 한다.

중계선 정합기능은 먼저 디지털 중계선(T1/E1)을 통해 인입되는 공중 전화망의 신호처리 기능을 수행한다. 전 전자교환기와의 신호정합 기능을 쉽게 하기 위하여 일반 전화망에서 사용되고 있는 번호체계 및 신호방식은 TDX-10을 기준으로 하였다. 전화망 정합장치의 기능으로는 공중 전화망의 중계선 정합기능, PC 통신 가입자들의 모뎀 접속을 위한 임중계호 처리기능, 과금을 위한 발신 가입자 정보 전달기능, 하드웨어 고장에 대한 장애 전달기능 등이다. 전화망 정합장치는 운용국의 가입자 수에 따라 트렁크 링크 수를 조절할 수 있다. 전화망 정합장치의 구조는 그림 2와 같다.

전화망 정합장치는 통신처리시스템의 서브시스템으로 중계선 블럭, 회선처리 블럭, 장애처리 블럭으로 구성되어 있다. 하드웨어 장애는 장애처리 블럭에서

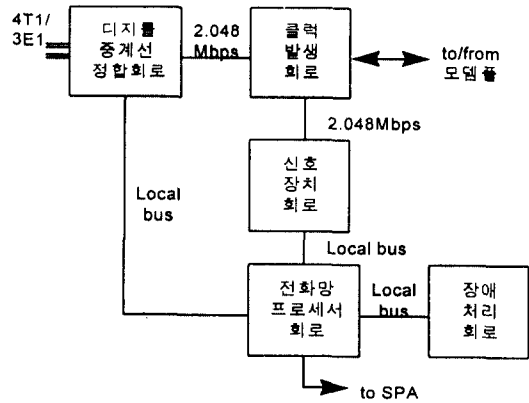


그림 2. 전화망 정합장치 구조

Fig. 2 Block diagram of telephone network interface

데이터를 수집한 후 서비스 처리부로 전달한다. 전화망 신호처리를 위한 중계선 정합은 T1/E1 방식의 디지털 중계선의 루프신호(점유/응답/복구 등)처리, 중계선의 상태감시 및 제어기능을 수행하며, 수신된 신호로부터 캐리어 클럭(carrier reference clock)을 추출하여 기준 클럭으로 송출하는 기능을 하고, 이것으로부터 4.096MHz 클럭과 8KHz 프레임 동기신호를 공급받는다. 주 프로세서는 Z180이고, 채널 스위칭 기능을 구비한 MT8980 칩을 사용했다.

2. R2 신호처리 기능

R2 신호처리는 가입자 호접속을 위한 R2MFC 및 화중신호의 송출기능과 검출기능을 수행하며, 디지털 트렁크 블럭을 통해 발/착신 번호의 수집 등 호접속 진행에 필요한 신호처리 기능과 화중 신호로 국간 신호제어 기능을 수행한다^[4]. 또한 채널 상태관리 테이블을 통한 모뎀채널 할당, 모뎀 초기화 및 시험신호 송출 기능, 모뎀 응답시간 감시를 위한 주기적 스캐닝기능 등을 수행하고, 8x8 타임 스위치를 제어하여 통화로, 가청음(busy tone, ring back tone) 및 R2 신호 경로를 호처리 상태에 따라 접속하거나 절단하는 기능을 한다.

R2신호 정합기능은 우선 가청음 송출 및 R2신호를 수신하는 것으로, 16msec 마다 공통 메모리의 변화가 확인된 채널에 대해서만 데이터를 읽거나 쓴다. 즉 R2 신호는 각 채널별로 운영되며 전방향 및 후방향

신호를 R2 compelled 방식으로 송/수신하여 착신번호, 발신번호, 발신가입자의 등급, 착신 가입자의 상태 등을 추출한다.

III. 호처리 용량 모델링

전화망에서 가입자로부터 발생하는 접속요구는 통계적인 성질을 가지고 있는 데, 이러한 통계적이고 확률적인 방법을 사용해서 중계회선이나 시스템 용량을 정량적으로 산출할 수 있는 것이 트래픽 이론이다. 트래픽 이론의 개념은 가입자들에게 충분한 서비스를 제공할 수 있는 조건하에서 어떻게 망의 설비를 최소한으로 투자하느냐 하는 조건들을 찾아내는 것이다. 전화망 가입자의 접속요구에 따라 특정 채널을 일시적으로 점유하는 각각의 호를 정보검색 호라고 하는데, 트래픽을 해석할 때 호의 특성 및 호의 발생 확률과 종료확률, 그리고 호의 보류시간 등이 중요한 요소가 된다^{5,6}. 따라서 본 논문에서는 이와 같은 사항을 바탕으로 통신처리시스템의 전화호 트래픽을 분석한다.

1. 트래픽 측정을 위한 가정

전화 호를 이용하는 통신 트래픽의 특성을 이해하는 것은 가입자의 수요를 만족시키는 가장 경제적인 망의 설비를 설계하는 기초가 된다. 전화 호의 트래픽은 시간에 따라 어떤 일정한 규칙이 아닌 가입자 임의의 수요에 따라 아주 심하게 변한다. 따라서 전화 호의 트래픽량은 계절별, 월별, 일별로 변화되며 하루 중에서도 시간마다 또는 분마다 각각 다르게 변화한다. 본 논문에서는 전화망 정합장치의 호처리 용량을 모델링 하는데 있어서, 다음과 같은 가정을 하였다.

- ① 시스템 각 모듈의 기능중 통신에 필요한 기능만 모델에 포함시킨다.
- ② 전화망 정합장치에서 발생하는 정보검색 호는 지수분포(Exponential distribution)를 따른다.
- ③ 전화망 정합장치를 통해 처리되는 트래픽은 폭주상태가 아니면 완료호를 갖는 것으로 한다.
- ④ 전화망 가입자의 통화 완료는 전화망 정합장치의 트래픽 처리만을 고려한다.
- ⑤ 전화망 정합장치의 폭주율은 0.01(100호당 1개

의 호손실)이다. 즉, 사용자가 100호 시도중 1번의 실패는 사용자가 시스템을 사용하는데 불편함이 없다고 가정한다.

- ⑥ 트래픽의 기본 단위는 Erlang이다.
- ⑦ 전화망 정합장치는 신뢰성있게 잘 동작한다고 가정한다.
- ⑧ 단일 전화국의 10,000 가입자가 전화망 정합장치의 96채널을 동시에 이용하고, 일반 PC 통신 가입자의 호는 하루 평균2번 발생시키고, 호의 평균 점유시간은 6분이라고 가정한다.⁶

불론 호의 발생과 보류시간에 따라서도 트래픽량의 변화는 심한 차이를 나타내는 데, 일반적으로 트래픽을 해석할 때 이러한 요인들의 수량화를 위해 발생분포는 포아송 분포(Poisson distribution)이고, 보류시간의 분포는 부지수 분포(Negative exponential distribution)로 모델링해서 사용한다. 본 논문에서도 이와 같은 이론에 따라 96 채널 용량의 전화망 정합장치를 PC 통신 10,000가입자가 이용할 수 있고, 정보를 제공받기 원하는 가입자는 총 수용 가입자의 50% 미만이며, 한 가입자는 하루 평균2번 정도 호를 발생시키고, 호의 평균 점유시간은 6분이라고 가정한다. 이와같은 조건에서 호손실을 만족하는 호처리 용량을 산출하기 위해서는 망구성 측면에서 가장 경제적이고 효율적인 회선수를 계산하는 것이다.

2. 실험 모델 및 트래픽 분석

본 전에서는 앞에서 언급한 가정과 실제 운용 자료를 이용하여 수치적 분석을 하고자 한다. 먼저, 분석을 위해서는 회선수와 트래픽 처리량을 모델링하고 전화망의 호 손실율이 평균값으로 추정되었을 때 부과 트래픽을 계산하고자 한다. 만약 전화망의 호 접속 실패 확률이 주어지지 않는 경우에는 본 논문에서와 같이 Erlang-B 공식에 의해 이 확률을 구해야 한다. 그러나 PC 통신에서의 최면시 적정수준의 호손실에 대해 아직까지 분석된 바는 없으나 전화망에서의 음성 최면시 호손실에 대한 기준치보다는 클 것으로 예상된다.

전화망 정합장치의 가장 중요한 개념은 공유이다. 공유의 기본적인 전제는 모든 가입자가 특정 채널을 전용으로 사용하지 않고 동시에 나누어 사용한다는 것이다. 그러나 가입자가 언제 통신을 원하는 지를

사전에 아는 것은 불가능하며, 통계적 성질을 이용해서 PC 통신 가입자의 행위를 예측할 수는 있다. 그러므로 호 도착률과 점유시간에 대한 관점에서 고찰해보고자 한다(그림 3).^[7, 8]

그림 3의 실험 모델에 따라 다수의 호처리를 수행하기 위해서는 큐의 형태나 파라미터 값 등에 대한 가정이 선행되어야 한다. 호가 통신처리시스템의 전화망 정합장치에 서비스를 요청하는 경우 접속을 대기하는 큐의 형태는 먼저 도착한 호가 먼저 서비스를 받는 First Come First Serve로 하였다. 그림 3에서 DPA에 도착하는 트래픽은 상호 독립적인 것으로 하고, 모든 연결은 동일한 트래픽 특성을 갖는다고 가정하였다. 그리고 전화망 정합장치로 인입되는 호의 도착시간 간격이 일정하다고 하면 통신처리시스템에서 처리해야 할 호의 수는 DPA의 큐에 들어있는 것과 SPA에서 처리해야 할 큐의 수 만큼이 된다. 따라서 설계된 DPA의 통신 처리량은 입력 통신속도가 모두 28.8Kbps인 경우 921.6Kbps의 대역폭이 필요하고, SPA에서 동시에 처리해야 할 필요 대역폭은 2.765 Mbps가 된다. 통신처리시스템에서의 처리 용량은 DPA의 경우 2Mbps, SPA의 경우 10Mbps를 처리할 수 있도록 하였으므로 통신 대역폭은 충분하다고 볼 수 있다. 상기의 실험 모델에 따라 전화망 정합장치의 트래픽 특성을 알아보자.

전화망 정합장치에서 보면 호의 도착시간이 일정치 않고, 호 도착률과 점유시간은 가변적이다. 따라서 전화망의 트래픽량을 모델링하기 위해 A.K Erlang의 이론에 따른 호 도착률과 평균 점유시간으로 정의하고, 이 두 요소를 곱한 값을 부과 트래픽(E)이라 정의하면 다음 (식 1, 2)와 같다^[9].

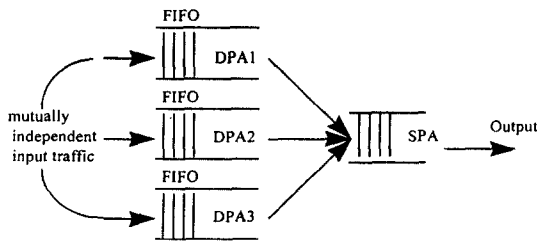


그림 3. 실험 모델 구조
Fig. 3 Test model

$$E = \lambda \tau \tag{1}$$

where λ : 호 도착률(call/hour),

τ : 평균 점유시간(hour)

$$\text{또는 } E = \sum_{N=1}^k \tau N \tag{2}$$

where k: 측정시간 동안 진행된 총 호수

앞에서 설명한 내용을 근거로 상기의 식에 대입하면 전화망 정합장치의 호 도착률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda &= 5,000 \cdot 2/24 \\ &= 416.667(\text{call/hour}) \\ \tau &= 6/60 \\ &= 0.1(\text{hour}) \end{aligned}$$

따라서 전화망 정합장치의 실 사용자 수가 약 500명 정도일 경우 부과 트래픽(E)은

$$E = \lambda \tau = 41.667(\text{Erlang}) \text{가 되고, 가입자당 부과 트래픽}(E) \text{은}$$

$$E' = \lambda \tau / 500 = 0.083334(\text{Erlang}) \text{가 된다.}$$

그리고 시스템 최대 이용 효율은 처리해야 할 부과 트래픽을 96 가입자가 나누어 가지므로 43.4%가 된다. 이것은 동시에 시스템 자원을 이용할 수 있는 최대 이용효율이다. 상기의 조건으로 계산된 운반 트래픽이 41.667이므로 통신처리시스템에서 필요로 하는 전화망 회선수는 55 정도면 충분하나, 시스템당 가입자 수용용량을 고려하여 PCM 트렁크 인터페이스 수의 배수인 96 가입자 용량으로 설계하였다. 본 논문에서는 설계된 가입자 용량의 범위 내에서 호 손실율이 1%로 일정할 경우 최대 운반 트래픽과 채널수와의 관계를 알아보려고 한다. 먼저 그림 4에서 계산된 운반 트래픽은 단순 채널 증가로 인해 처리해야 될 데이터 량을 Erlang-B 식으로부터 얻은 값이며, 이것은 부과 트래픽이 채널의 증가와 비례해서 거의 선형적으로 늘어남을 알 수 있다. 그러나 앞서 언급한 대로 전화망에서의 데이터 통신 시에는 분명 이보다 훨씬 과다할 것으로 생각된다. Erlang-B 식은 제1 Erlang 분포(식 3참조)에서 가해진 호량이 a 트래픽일 때, s 채널이 손실될 확률이다.

$$P_s = (a^k/k!)/(\sum_{N=1}^k a^N/N!) \quad (3)$$

$$P_s = E_s(a) = \{aE_{s-1}(a)\}/\{s + aE_{s-1}(a)\}, \text{ 여기서 } E_0(a) = 1 \quad (4)$$

그러나 식 3을 이용해 손실율을 계산하기 위해서는 P_s 를 계산해야 하기 때문에 계산량이 상당히 크다. 따라서 본 논문에서는 이러한 계산량을 줄이기 위해 식 4와 같은 반복식을 사용하여 시뮬레이션하였다. 그리고 그림 4의 실제 운반 트래픽은 앞서 가정된 3.1절의 조건으로 생성된 채널별 처리 데이터의 량을 나타낸다. 그림 4를 살펴보면, 실제 운반 트래픽은 채널의 초기 점유에서부터 50 채널까지는 급격히 증가하는 현상이 나타내는데, 이것은 동시 접속으로 인한 준비 상태에서 통계적 평형상태에 이르기까지의 시스템 처리부하가 과중함을 나타낸다. 그러나 이후 충분히 긴 시간이 경과한 후에는 초기값의 영향을 받지 않으며 시간에 의존하지 않는 포화상태에 도달하게 된다(채널 80이상의 경우). 따라서 가입자의 처리 데이터 증가로 인한 부과 트래픽은 최대 처리 부하율인 80.3 Erlang에 수렴하게 된다. 즉 시스템의 회선 제공수가 늘어나더라도 이와 비례해서 부과 트래픽의 처리율은 크게 개선되지 않음을 알 수 있다. 전화망 정합장치의 실험 모델 부과 트래픽(Offered traffic)은 10,000 가입자로부터 평균 41.667 Erlang이 발생된다고 하였으나, 식 4에 의한 실제 운반 트래픽의 평균은 61.2 Erlang으로 Erlang-B에 의한 값보다도 19.533 Erlang의 차이가 난다. 그러나 구현된 전화망 정합장치가 96채널 용량이므로 현재 운용중인 공중 전화망에서의 평균 호 접속율 84.5%를 적용하면 최대 80.3 Erlang까지 부과 트래픽을 처리할 수 있을 것으로 생각된다(자료제공: 한국통신 체계전화국 96. 8. 1.).

표 1은 가입자 수가 10,000일때의 채널수와 부과 트래픽과의 관계를 계산한 것이며, 전화망 손실율이 0.01일때 가입자 채널의 증가에 따른 부과 트래픽을 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 $\tau=0.1$ 일 경우를 기준으로 했을 때의 부과 트래픽을 나타낸 것이다. 그림 4는 가입자 채널수를 10 단위로 증가시켜 갈 때 부과 트래픽의 변화를 추이한 것으로, 부과 트래픽이 41.667 Erlang이고 0.01의 호손율을 갖는 것으로 하였기 때문에 동시에 서비스 가능한 채널수는 96 채널중

55개 정도가 됨을 알 수 있다. 본 논문에서는 10개 정도의 채널은 현장 운용결과 항상 서비스 중인 것으로 파악되었기 때문에 초기 부과 트래픽이 약 37%까지 급격히 증가함을 확인할 수 있었다. 시뮬레이션 결과 서비스되는 채널수가 10~55까지는 부과 트래픽의 처리 범위내에서 잘 동작되며, 그 이상의 채널이 점유되었을 때는 시스템의 이용 효율은 증가되나 처리 트래픽의 과다로 서비스 지연 등의 요인이 발생되고, 심한 경우 서비스 deadlock 상태에 빠지게 된다.

표 1. 가입자수 10,000일때의 평균 점유시간과 부과 트래픽
Table 1. Average holding time and Offered traffic at user = 10,000

평균 점유시간 τ (hour)	부과 트래픽 E(Erlang)
0.1000	83.33
0.1333	111.08
0.1667	138.92

표 1은 Erlang-B에 의한 평균 점유 시간에 따른 부과 트래픽과의 관계를 나타낸 것으로, 가입자당 평균 점유시간(τ)이 6분일 경우 동시에 모두 처리해야 할 부과 트래픽량은 83.33이므로 지금까지는 서비스 제공이 가능한 상태로 여겨지나, 가입자당 평균 점유시간(τ)이 8분 이상이 되면 시스템의 동시 처리능력을

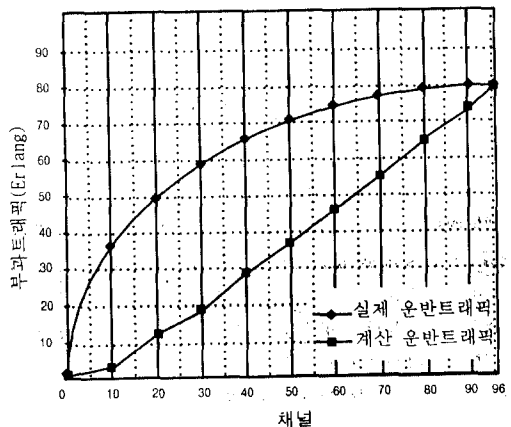


그림 4. 채널과 부과 트래픽과의 관계
Fig. 4 Relation between channel and offered traffic

벗어나는 결과를 초래하므로 안정된 서비스를 제공할 수가 없게 된다. 이것은 동시 접속을 시도하는 전화망의 500 가입자가 96 채널을 공유하고자 할 때의 부과 트래픽(E)과 같다. 그리고 전화망 정합장치의 호 처리 지연시간은 한 호당 5초이며, 가입자당 부과 트래픽은 0.008334 Erlang이다. 따라서 96채널 용량으로 1%의 망 손실율을 보장하면 약 19,200명의 가입자를 수용할 수 있다.

IV. 결 론

전화망 정합장치는 통신처리시스템의 서브 시스템으로 TDX-10의 하드웨어를 활용하여 설계했으며, 구성블럭은 디지털 중계선 정합회로, 클럭 발생회로, 신호 장치회로, 전화망 프로세서 회로 및 장애 처리회로 등이다.

본 논문의 실험결과 전화망 정합장치는 손실율 0.01(100호당 1호 손실)일 때, 81Erlang의 부과 트래픽을 처리할 수 있고, 가입자당 부과 트래픽이 0.008334 Erlang이므로 채널의 용량이 증가하면 채널의 이용률은 더욱 개선되며, 96채널의 전화망 정합장치는 84.4%의 이용 효율을 갖는다. 또한, 실험 고찰 결과 부과 트래픽이 증가되면 호의 손실율은 더욱 크게 나타나며, 작은 부과 트래픽의 변화가 전화망 정합장치의 서비스 등급에 매우 큰 영향을 끼친다는 결론을 얻었다.

참 고 문 헌

1. Akimaru, H. and Takahashi, H., An approximate formula for individual call losses in overflow system, IEEE Trans. On Comm, Vol. 31, pp 808-811, 1983.
2. Desclos, A., On overflow processes of trunk groups with Poisson inputs and Exponential service times, Bell System Technical Journal, Vol. 42, pp 383-397, 1963.
3. Gaver, D. P., Jacobs, P. A. and Latouche, G., Finite birth and death models in randomly changing environment, Adv. Appl. Proc., Vol. 16, pp 715-731, 1984.
4. 허재두, 조평동, 주연경, PSTN-PSDN 통신처리시

스템의 R2MFC 신호방식 분석, 통신학회 하계종합학술발표대회 논문집, Vol. 15, No. 1, pp 914-917, 1996.

5. Gross, D. and Harris, C., *Fundamentals of Queueing Theory*, John Wiley & Sons, 1985.
6. 허재두, 95통신처리시스템 워크샵, Sep., 1995.
7. Kuczura, A., The Interrupted Poisson process as an overflow process, Bell System Technical Journal, Vol. 52, pp 437-448, 1973.
8. Li, S. Q., Overload control in a finite message storage buffer, IEEE Trans. On Comm., Vol. 37, pp 1330-1338, 1989.
9. Mina, R. R., Introduction to Teletraffic Engineering, Telephony, 1974.
10. 양승택, 전화 교통공학, 하이테크 정보, 1993.

홍 옹 표(Ryong Pyo Hong)

정회원

1973년 2월: 한국항공대학교 통신공학과(학사)

1989년 2월: 연세대학교 산업대학원 전자공학과(석사)

1991년 3월~현재: 한국항공대학교 통신공학과 박사과정

현재: 한국통신 네트워크본부 시외교환 계획국장

※주관심분야: 통신망 설계, 데이터베이스 연동 등



허 재 두(Jae Doo Huh) 정회원

1987년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)

1990년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학석사)

1996년 3월~현재: 경북대학교 전자공학과(정보통신) 박사과정

1987년 2월~현재: 한국전자통신연구원 뉴미디어시스템 연구실 선임연구원

※주관심분야: 디지털 통신, 데이터 통신 프로토콜, 네트워크 연동 등

이 진(Jin Lee)

정회원

항공대 통신공학과 교수, 통신학회장: Profile 참조