

복합 이종망 연동시스템에서 망정합장치의 회선용량 분배에 관한 연구

정회원 김 영 일*, 김 유 환**, 이 영 호**, 김 영 휘**, 류 근 호***

An Optimal Capacity Allocation in Designing Advanced Information Communication Processing System

Young-Il Kim*, Yu-Hwan Kim*, Young-Ho Lee**, Young-Hui Kim**,
Keun-Ho Ryu*** *Regular Members*

요 약

본 논문은 복합 이종망 연동시스템인 대용량통신처리시스템(Advanced Information Communication Processing System, AICPS)의 망정합장치 용량 분배 문제를 다룬다. 이를 위해서 온라인서비스 사용자 이용성향을 첫단계분석법으로 먼저 분석한 다음에 PC통신과 인터넷을 동시에 사용하는 경우를 고려한 평형상태방정식을 유도하고 Overrelaxation Method를 이용하였다. 그리고 반복 계산법으로 전화망, 패킷망, 인터넷망 정합장치의 호손율을 계산한다. 또한 시뮬레이션을 통해 회선분배 결과를 비교하고, 도착율과 사용시간 증가에 따른 호손율 변화 성향을 분석한다. 이와 같은 방법을 통해 망정합장치의 전체 호손율을 최소로 하는 최적용량 배분을 제시한다.

ABSTRACT

In this paper, we seek to find an optimal allocation of the link capacity of Network Access Subsystem(NAS) of Advanced Information Communication Processing System(AICPS). An effective partition of limited link capacity decreases NASs call blocking probability. We analyze users call behavior by the first step analysis, and develop a steady state balance equation of the user behavior. Then, we use the overrelaxation method to solve the problem. Implementing the proposed solution to the data network system, we expect a significant enhancement of AICPS performance.

I. 서 론

이 연구는 014XY망을 이용한 데이터 통신에서 전화망 정합장치(Telephone Network Access Subsystem, TNAS)와 인터넷 정합장치(Web Network Access Subsystem, WNAS), 패킷망 정합장치(Packet Network Access Subsystem, PNAS)의 회선 용량 분배 문제를 다룬다. 그림 1과 같이 전화망에 접속되어 있는 014XY 사용자는 패킷망과 인터넷에 수용되어 있는 정보제공자를 접속하여 데이터

통신서비스를 제공받는다. 이 때, 전화망 사용자 호는 TNAS를 통해 대용량통신처리시스템(AICPS)에 접속되며, 사용자가 원하는 서비스에 따라 고속 스위칭 장치를 통해 PNAS와 WNAS에 접속된 패킷망과 인터넷을 이용하여 해당 정보제공자(Information Provider,IP)에 접속된다. 이 때 사용자의 이용성향에 따라 IP 접속회수와 이용 시간은 달라질 수 있다. 이를 위하여 접속 회수를 마코브체인을 통해 분석하며, 각각의 망정합장치별로 회선접유상태를 평형상태방정식으로 나타낸다. 유도된 평형상태

* 한국통신 통신망연구소

** 고려대학교 산업공학과

*** 충북대학교 컴퓨터학과

논문번호 : 98485-1107, 접수일자 : 1998년 11월 7일

방정식은 Overrelaxation Method를 이용하여 해석되며 시뮬레이션을 통해 회선용량 분배 결과를 비교하였다.

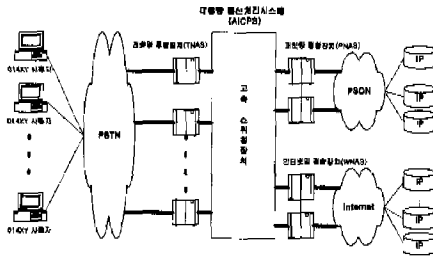


그림 1. 대용량통신처리시스템 구조도

회선분배 문제를 해결하기 위해서 먼저 국내 데이터 통신망의 특성을 간략히 살펴보면 다음과 같다. 국내 데이터 통신망은 서로 다른 특성을 가진 망들이 서로 연동하는 구조이다. 대부분의 사용자는 공중전화망(Public Switched Telephone Network, PSTN)과 종합정보통신망(Integrated Services Digital Network, ISDN)을 이용하여 014XY 망에 접속한다. 한국통신은 이러한 망 구조를 반영하기 위하여 망연동 게이트웨이 장치인 대용량통신처리시스템을 개발하였다. 대용량통신처리시스템은 다양한 이종망들을 연동하여 사용자와 IP간의 고속데이터 교환서비스를 제공하며, 자체 운용관리시스템을 통해 운용된다^[1]. 이러한 대용량통신처리시스템에는 패킷망과 인터넷망이 수용되며 향후에는 프레임릴레이망과 비동기식전송모드망이 추가적으로 수용될 예정이다. 여기에 패킷망과 인터넷의 사용자 특성을 반영한 서비스 유형별 망 회선용량 분배는 현실적인 문제이다. 왜냐하면 PC통신과 인터넷을 동시에 수용하는 대용량통신처리시스템의 서비스 특성에 따라 제한된 회선용량을 두가지 서비스에 효과적으로 분배하는 것은 망자원 활용측면에서 중요한 문제이다. 이러한 경우에 있어서 핵심적인 영향요인은 사용자의 접속 회수, 사용시간, 이용 서비스 종류 등이다. 이 연구에서는 이용서비스 종류를 PC통신과 인터넷으로 가정한다.

회선할당 문제에 대한 국내의 경우 [5]는 호손율과 전송지연을 기준에 만족시키면서 전화망과 패킷망의 회선할당비용을 최소화하는 비선형계획모형을 제시했다. [6]은 전화망을 통해 호가 통신처리장치에 접속할 때 호손율과 데이터베이스의 패킷 호 접속 호손율을 고려하여 PC통신망 성능을 분석하였

다. 그러나 [5,6]은 호가 서비스 접속을 한 번 시도하는 모형이다. 물론, 호손실이 일어난 경우에 사용자는 재시도를 통해 한 번 서비스를 받고 종료한다. 국외 연구는 전화망과 패킷망에 관한 개별적인 분석을 했다. [1]은 회선 교환망에서 사용자의 다양한 트래픽 특성을 고려하여 출생-사멸 모델로 회선 용량을 할당했다. 그리고 [2]는 회선 교환망에서 호의 요구를 만족시키면서 동시에 남아 있는 회선 수를 최대화하는 경로설정문제의 해법을 제시했다. [3]은 자원 공유를 통해 패킷망의 접속실패 확률을 구했다. 기존 연구는 호손율과 전송지연을 반영해 회선 용량을 할당하고 이에 대해 분석했다. 하지만 새로운 게이트웨이 시스템(AICPS) 도입과 함께 회선 용량 분배 문제는 연구되지 못했다. 따라서 이 연구는 전화망에 패킷망과 인터넷망을 연동할 때 사용자의 이용성향에 따라 달라지는 서비스 접속형태 분석과 각 NAS의 회선 분배 문제를 다루었다. 또한 사용자 이용성향을 분석하고, 평형상태방정식을 이용하여 서비스 종류에 따른 호손율을 구했다. 이 때 TNAS, PNAS, WNAS의 호손율을 최소로 하는 최적의 회선 용량 분배를 할 수 있게 했다. 물론 TNAS 호손율은 PNAS와 WNAS 호손율에 영향을 미친다. 즉, TNAS 호손율이 낮으면 PNAS와 WNAS 호손율은 높아진다. 반대로 TNAS 호손율이 높으면 PNAS와 WNAS 호손율이 낮아진다. 따라서 양단 호손율의 트레이드 오프를 고려했다.

이 연구는 다음과 같이 구성된다. II장에서 이 연구에서 다룬 모형을 설명하고, III장에서 TNAS의 호손율과 서비스 이용성향을 분석한다. 이를 바탕으로 IV장에서 PNAS와 WNAS 회선 용량 분배를 위한 모형을 제시한다. V장에서 실험예제와 시뮬레이션 결과를 비교·분석한다. 마지막으로 VI장에서 결론과 후속 연구과제를 제시한다.

II. 회선 할당 모형

국내 데이터 통신망은 대용량통신처리시스템을 중심으로 전화망, 패킷망, 인터넷망을 연동한다. 물론 이외에 종합정보통신망, 프레임릴레이망, 비동기식전송모드망이 있지만 현재는 이에 대한 사용이 없거나 미약한 편이라서 현재 상황에 큰 영향을 미치지 못한다. 이때 서비스 접속절차는 그림2와 같다. 먼저 PC통신과 인터넷 사용자는 014XY번호로 전화망을 통해 AICPS에 접속한다. 이때 사용자는 AICPS에서 보내는 초기 화면에서 PC통신과 인터

넷 서비스를 선택한다. 그 이후 사용자는 TNAS에 연결된 상태에서 PNAS와 WNAS에 접속할 수 있다. 이러한 접속 형태를 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 호가 PC통신과 인터넷을 각각 2번 접속한 이후에 종료하고, TNAS회선은 1이라고 가정하자. 이때 호손실이 없다면 사용자는 PC통신과 인터넷을 4번 사용하는 시간 동안 TNAS 끊지 않고 계속잡고 있다. 즉, 4번의 서비스 시간동안 다른 사용자가 TNAS를 통해 접속할 수 없다. 결국 4명의 사용자가 각각 1번의 서비스를 받고 종료하는 모형[9]보다 TNAS 호손율이 더 높다. 또한 PNAS와 WNAS 용량을 어떻게 분배하는가에 따라 각 정합장치 호손율에 영향을 미친다. 이 때 TNAS를 통해 접속한 사용자 이용성향 분석과 실제 호 통계는 중요한 요소이다. 따라서 한정된 망 용량을 사용자 이용 성향에 따라 분배하는 것은 앞으로 더욱 중요하다.

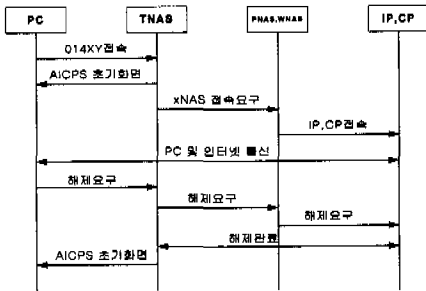


그림 2. 호 진행 절차

먼저 이러한 용량 결정에 앞서 접속실패가 발생하는 구간을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 전화망 접속구간이다. PC통신호의 60% 이상이 집중하는 서울과 경기의 경우 거의 모든 단국이 통신처리장치를 거쳐 패킷망과 인터넷망에 연결되어 있다. 결국 사용자에서 지역 단국까지 일대일의 관계가 성립한다고 볼 수 있다. 따라서 이 구간은 접속실패가 일어나지 않는다고 가정한다. 둘째, TNAS이다. TNAS의 경우 한 개의 서브 시스템 당 120채널이 할당되었다^[7,8]. 접속 형태에 따라 서비스망인 패킷망과 인터넷망 정합장치 용량 설계에 영향을 미친다. 셋째, PNAS와 WNAS이다. 현재 AICPS의 PNAS는 56 Kbps급 256포트 또는 256Kbps급 64포트로 구성되었다. 또한 WNAS는 E1라인 2개의 용량을 할당했다. 이때, 사용자가 PC통신과 인터넷 중에 어느 것을 더 많이 사용하느냐에 따라 유동적으로 용량을 분배할 수 있다. 결국 사용자의 이용성향을 반영하지 못한 용량 배분은 호손율을 늘릴 것

이다. 넷째, 패킷망과 인터넷 망이다. 하지만 두 망은 각각 다른 구조와 성능 그리고 트래픽 상황을 보인다. 마지막으로 IP 접속포트 수 부족은 호손실을 유발한다. 이번 연구는 그림 3과 같이 TNAS, PNAS, WNAS호손율을 분석해 최적의 용량 할당을 할 것이다.

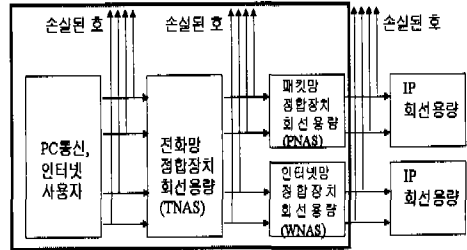


그림 3. 호손실 블록다이어그램

III. 전화망 정합장치의 이용성향 분석

사용자는 TNAS 회선을 서비스 이용시간 동안 물리적으로 점유한다. 즉, AICPS에서 보내는 초기화면을 받고, IP 접속 전까지 TNAS를 점유한다. 따라서 IP를 사용하지 않을 경우에도 TNAS 회선은 점유되어 다른 사용자가 들어 올 수 없다. 이를 반영해서 TNAS 점유시간을 표현하면 다음과 같다. TNAS의 호 도착율을 평균 λ 인 포와송 분포, 서비스 시간을 평균 $1/\mu$ 인 지수분포로 가정하자. 이 때 한 호의 평균 서비스 시간은 PC통신과 인터넷에 따라 $1/\mu_0$ 와 $1/\mu_1$ 으로 나타낼 수 있다. 이를 표현하면 다음과 같다. 이 때 $k = 0$ 과 $k = 1$ 은 각각 PNAS, WNAS를 나타낸다.

$$\frac{1}{\mu_k} = W_k \cdot E \left[(1 - B_k) \left(\frac{1}{\mu_k} + \frac{1}{\mu_R} \right) + B_k \frac{1}{\mu_R} \right] = (1 - B_k) W_k E \left[\frac{1}{\mu_k} \right] + \frac{1}{\mu_R} W_k \quad (1)$$

$k=0, 1$

식(1)은 각 서비스 평균 사용시간을 평균접속회수 W_k 와 1회 접속 사용시간의 기대치로 나타낼 수 있다는 것을 보여준다. 이때 1회 접속 사용시간의 기대치는 $(1 - \text{호손율}) \cdot (\text{사용시간} + \text{접속지연시간}) + \text{호손율} \cdot \text{접속지연시간}$ 의 기대치로 나타낼 수 있다.

여기서 W_k 는 각 서비스 망의 평균 접속회수를 나타낸다. 이는 앞으로 설명할 식 (5)를 통해 구할

수 있다. 또한 B_k 는 각 서비스망 호손율을 나타내며, $1/\mu_i$ 는 i 번째 서비스 접속에서 사용시간을 나타낸다. 이 때 평균 서비스 시간은 $1/\mu_k = E[1/\mu_i]$ 로 나타낼 수 있다. 또한 $1/\mu_R$ 은 서비스 초기화면에서 IP 접속 완료까지 걸리는 고정된 평균 사용시간을 나타낸다. 이를 이용하여 전화망의 평균 서비스 시간은 $1/\mu = 1/\mu_0 + 1/\mu_1$ 로 나타낼 수 있다. 이를 얼랑손실공식에 대입하여 TNAS호손율(B_2)을 구하면 다음과 같다. 여기서 $\rho = \lambda/\mu$ 이다.

$$B_2 = \frac{\rho^C / C!}{\sum_{m=0}^{\infty} \rho^m / m!} \quad (2)$$

식 (2)에서 C 는 TNAS 회선용량을 나타낸다. 다음으로 패킷망 도착율(λ_0)과 인터넷망 도착율(λ_1)을 구해보자. 각 서비스의 도착율은 전화망 정합장치를 점유한 사용자 이용성향에 따라 달라진다. 다시 말해 TNAS 사용자 도착율 중에서 호손실이 일어난 것을 제외한 나머지가 각 서비스망으로 접속할 것이다. 이러한 성향을 마코프 체인으로 분석할 수 있다. 이때 표본공간은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{표본공간}(\Omega) = \{ \text{PC통신을 사용하는 경우,} \quad (3) \\ \text{인터넷을 사용하는 경우,} \\ \text{통신을 종료하는 경우} \} = \{0,1,2\}$$

이를 이용해서 전이행렬을 표현하면 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} a_1 & 1-a_0-a_1 & a_0 \\ 1-\beta_0-\beta_1 & \beta_1 & \beta_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

여기서 a_0 는 PC통신을 사용하다가 통신을 종료할 확률이고, a_1 는 PC통신을 사용할 확률이다. 또한 β_0 는 인터넷을 사용하다가 통신을 종료할 확률이고, β_1 는 인터넷을 사용할 확률이다. 결국 각 행의 합은 1이어야 하므로 통신을 종료하지 않고 다른 서비스로 옮겨갈 확률은 각각 $1-a_0-a_1$ 과 $1-\beta_0-\beta_1$ 이다. 이때 첫 단계 분석(First Step Analysis)을 사용하여 서비스 i 에서 시작해서 흡수상태(Absorbing State)에 들어가기 전까지 상태 k 를 방문한 회수(W_{ik})를 구할 수 있다[4]. 이때 i 와 k 가 같다면 시작하는 상태(State)가 같기 때문에 δ_{ik} 가 1이 된다. 그리고 다음 상태는 전이확률(P_{ij})에 의해 그 만큼의 확률로 방문회수가 결정된다.

$$W_{ik} = \delta_{ik} + \sum_{j=0}^2 P_{ij} W_{jk}$$

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{if } i=k \\ 0 & \text{if } i \neq k \end{cases} \quad i=0,1,2 \quad (5)$$

식 (5)를 사용하여 사용자가 통신을 하는 동안 PC통신 접속 회수를 구하면 다음과 같다.

$$W_{00} = 1 + a_1 W_{00} + (1-a_0-a_1) W_{10} + a_0 W_{20}$$

$$W_{10} = (1-\beta_0-\beta_1) W_{00} + \beta_1 W_{10} + \beta_0 W_{20} \quad (6)$$

$$W_{20} = W_{20}$$

여기서 $W_{20} = 0$ 이다. 왜냐하면 흡수상태에서 다시 다른 상태로 될 수 없기 때문이다. 이때, 식 (6)을 계산하면 다음과 같다.

$$w_{00} = \frac{1-\beta_1}{(1-a_1)(1-\beta_1) - (1-a_0-a_1)(1-\beta_0-\beta_1)}$$

$$w_{10} = \frac{1-\beta_0-\beta_1}{(1-a_1)(1-\beta_1) - (1-a_0-a_1)(1-\beta_0-\beta_1)} \quad (7)$$

여기서 $W_0 = pW_{00} + qW_{10}$ 로 놓자. 이때 p 는 처음 접속할 때 PC통신을 선택할 확률이고, q 는 인터넷을 선택할 확률이다. 따라서 $p + q = 1$ 이다. 식 (6), 식 (7)과 같은 방법으로 사용자의 인터넷 접속 회수를 구하면 다음과 같다.

$$W_{01} = \frac{1-a_0-a_1}{(1-\beta_1)(1-a_1) - (1-\beta_0-\beta_1)(1-a_0-a_1)}$$

$$W_{11} = \frac{1-a_1}{(1-\beta_1)(1-a_1) - (1-\beta_0-\beta_1)(1-a_0-a_1)} \quad (8)$$

또한 $W_1 = pW_{01} + qW_{11}$ 로 놓자. 이때 식 (7)과 식(8)은 TNAS 접속에 성공한 사용자를 PC통신과 인터넷으로 나눈다. 즉, 서비스망에 접속하는 호를 다음과 같이 PC통신 도착율(λ_0)과 인터넷 도착율(λ_1)로 나눌 수 있다.

$$\lambda_0 = p(1-B_2)\lambda + a_1\lambda_0 + (1-\beta_0-\beta_1)\lambda_1$$

$$\lambda_1 = q(1-B_2)\lambda + (1-a_0-a_1)\lambda_0 + \beta_1\lambda_1 \quad (9)$$

식 (9)에서 보듯 λ_0 와 λ_1 은 TNAS에서 접속하는

호와 PNAS, WNAS를 다시 접속하는 호로 구성된다. 식 (9)를 정리하면 다음과 같다.

$$\lambda_0 = (pW_{00} + qW_{10})(1 - B_2)\lambda = W_0(1 - B_2)\lambda$$

$$\lambda_1 = (pW_{01} + qW_{11})(1 - B_2)\lambda = W_1(1 - B_2)\lambda \quad (10)$$

식 (10)은 IV장에서 PNAS와 WNAS호손율을 구하는데 사용된다.

IV. 패킷망과 인터넷망 정합장치 회선용량 분배모형

각 사용자의 서비스 시간이 평균 $1/\mu_k$, $k = \{0, 1\}$ 인 지수분포를 따른다고 할 때 그림 4와 같이 전이 다이어그램을 만들 수 있다. 여기서 n_0 와 n_1 은 각각 PNAS 점유 호 수와 WNAS 점유 호 수이다. 또한 C_0 와 C_1 은 PNAS와 WNAS 각각의 총 가상 회선 수(Logical Circuit Number, LCN)와 설정 가능한 주소 개수이다. 사용자가 서비스를 요청할 때 AICPS는 IP와 신호를 통해 정합장치의 1단위 회선용량, 즉 패킷망의 경우, 한 개의 가상 회선을 할당한다. 이 때 호손율은 다음과 같은 상황에서 일어난다. 예를 들면 패킷망과 인터넷망의 가상 회선 수가 각각 2개씩 배분되었다고 할 때 PNAS 호손율은 상태 (2, 0), (2, 1), (2, 2)에서 생긴다. 또한 WNAS 호손율은 (0, 2), (1, 2), (2, 2)에서 생긴다. 따라서 서비스망의 총 용량이 주어지면 각각의 호손율을 구할 수 있다.

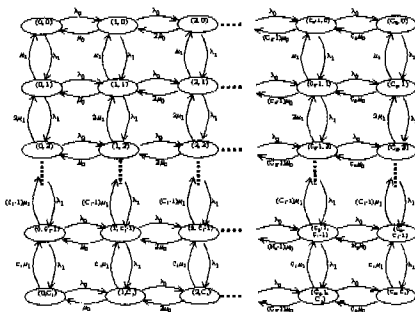


그림 4. 회선 점유를 나타내는 전이 다이어그램

이 때 N_i 를 점유된 가상 회선 수라고 하면 $P(n_0, n_1) = P\{N_0 = n_0, N_1 = n_1\}$ 를 정의할 수 있다. 또한 평형상태방정식은 다음과 같다.

$$(\lambda_0 + \lambda_1 + n_0\mu_0 + n_1\mu_1)P(n_0, n_1)$$

$$= \lambda_0 P(n_0 - 1, n_1) + \lambda_1 P(n_0, n_1 - 1) +$$

$$(n_0 + 1)\mu_0 P(n_0 + 1, n_1) + (n_1 + 1)\mu_1 P(n_0, n_1 + 1)$$

for $0 \leq n_0 \leq C_0 - 1, 0 \leq n_1 \leq C_1 - 1$

$$(\lambda_0 + n_0\mu_0 + C_1\mu_1)P(n_0, C_1)$$

$$= \lambda_0 P(n_0 - 1, C_1) + \lambda_1 P(n_0, C_1 - 1) +$$

$$(n_0 + 1)\mu_0 P(n_0 + 1, C_1) \quad (11)$$

for $0 \leq n_0 \leq C_0 - 1$

$$(\lambda_1 + n_1\mu_1 + C_0\mu_0)P(C_0, n_1)$$

$$= \lambda_0 P(C_0 - 1, n_1) + \lambda_1 P(C_0, n_1 - 1) +$$

$$(n_1 + 1)\mu_1 P(C_0, n_1 + 1)$$

for $0 \leq n_1 \leq C_1 - 1$

$$(C_0\mu_0 + C_1\mu_1)P(C_0, C_1)$$

$$= \lambda_0 P(C_0 - 1, C_1) + \lambda_1 P(C_0, C_1 - 1)$$

for $n_0 = C_0, n_1 = C_1$

더욱이,

$$\sum_{n_1=0}^{C_1} \sum_{n_0=0}^{C_0} P(n_0, n_1) = 1 \quad (12)$$

이때 식 (11)과 (12)는 Overrelaxation Method를 사용하여 근사값을 구할 수 있다. Overrelaxation Method는 곱형태 해(Product Form)를 구하기 어려울 때 다차원 확률상태방정식의 근사해를 구하는 방법으로 널리 알려져있다^[2]. 그 과정을 예제를 통해 살펴보면 다음과 같다.

예제1) 식(11)에서 $C_0 = 2, C_1 = 2, \lambda_0 = 4, \lambda_1 = 2, \mu_0 = 8, \mu_1 = 6$ 이라고 하자. 식 (11)의 계수로 만들어진 행렬을 표 1과 같이 구할 수 있다. 각 요소의 수는 $(C_0 + 1)(C_1 + 1)$ 이다. 표 1을 이용하여 다음 단계를 반복 산하면 안정상태 확률을 구할 수 있다.

단계1: 가중치를 갖고 다음을 계산한다. 이때 = 1이면 Gauss-Seidel Iteration이 되고, > 1이면

Overrelaxation Method라고 한다. 일반적으로 $\omega = 1.3$ 에서 잘 수렴한다.

$$P^{(1)}(2, 2) = \omega[(2/28)P^{(0)}(2, 1) + (4/28)P^{(0)}(2, 2)] + (1 - \omega)P^{(0)}(2, 2)$$

$$P^{(1)}(2, 1) = \omega[(12/24)P^{(1)}(2, 2) + (2/24)P^{(0)}(2, 0) + (4/24)P^{(0)}(1, 1)0] + (1 - \omega)P^{(0)}(2, 1) \quad (13)$$

$$P^{(1)}(0, 0) = \omega[(8/6)P^{(1)}(1, 0) + (6/6)P^{(1)}(0, 1)] + (1 - \omega)P^{(0)}(0, 0)$$

표 1. 평형상태방정식의 계수 행렬

n_0, n_1	(2,2)	(2,1)	(2,0)	(1,2)	(1,1)	(1,0)	(0,2)	(0,1)	(0,0)
(2,2)	28	-2	0	-4	0	0	0	0	0
(2,1)	-12	24	-2	0	-4	0	0	0	0
(2,0)	0	-6	18	0	0	-4	0	0	0
(1,2)	-16	0	0	24	-2	0	-8	0	0
(1,1)	0	-16	0	-12	20	-2	0	-4	0
(1,0)	0	0	-8	0	-12	14	0	0	-4
(0,2)	0	0	0	-8	0	0	16	-2	0
(0,1)	0	0	0	0	-8	0	-12	12	-2
(0,0)	0	0	0	0	0	-8	0	-6	6

단계 2 : 다음과 같이 단계 1에서 구한 값을 일반화한다.

$$N = \left[\sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_0=0}^{\infty} P^{(10)}(n_0, n_1) \right]^{-1}$$

$$NP^{(10)}(n_0, n_1) \rightarrow P^{(10)}(n_0, n_1) \quad (14)$$

단계 3 : 단계 (1)과 (2)를 반복계산해서 $P^{(2)}(n_0, n_1), P^{(3)}(n_0, n_1) \dots$ 를 구한다.

단계 4 : 반복 계산은 다음을 만족하면 멈춘다.

$$\sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_0=0}^{\infty} |P^{(n)}(n_0, n_1) - P^{(n-1)}(n_0, n_1)| < \epsilon \quad (15)$$

위의 단계를 거쳐 구한 값을 보면 다음과 같다.

표 2에서 PNAS 호손율과 WNAS 호손율은 각각 다음과 같다.

$$B_0 = \sum_{n_1=0}^{\infty} P(C_0, n_1) \cong 0.0769$$

$$B_1 = \sum_{n_0=0}^{\infty} P(n_0, C_1) \cong 0.04 \quad (16)$$

또한 TNAS, PNAS, WNAS의 전체 호손율은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_T = B_2 + \frac{W_0}{W_0 + W_1} B_0(1 - b_2) + \frac{W_1}{W_0 + W_1} B_1(1 - B_2)$$

$$= B_2 + (1 - B_2) \frac{(W_0 B_0 + W_1 B_1)}{W_0 + W_1} \quad (17)$$

표 2. Overrelaxation Method 예제 ($\omega = 1.3, \epsilon = 0.00001$)

$P(n_0, n_1)$	n=0	n=3	n=9	n=10	n=11
(2,2)	0.33333	0.001397	0.003083	0.003077	0.003077
(2,1)	0.33333	0.019726	0.018464	0.018462	0.018461
(2,0)	0.33333	0.065949	0.055387	0.55384	0.55385
(1,2)	0.33333	0.004057	0.012313	0.012307	0.012308
(1,1)	0.33333	0.071912	0.073847	0.073845	0.073846
(1,0)	0.33333	0.220649	0.221531	0.221541	0.221538
(0,2)	0.33333	0.024309	0.024617	0.024614	0.024616
(0,1)	0.33333	0.144709	0.147688	0.147692	0.147692
(0,0)	0.33333	0.447292	0.443072	0.443078	0.443077

V. 실험예제와 결과

전화망 도착율과 PC통신, 그리고 인터넷의 도착율은 트레이드 오프 관계에 있다. 따라서 III장에서 제시한 열량공식과 IV장에 제시한 평형상태 방정식의 해는 서로 영향을 준다. 즉, 식 (1)에서 전화망 사용시간($1/\mu$)은 PNAS 호손율(B_0)과 WNAS 호손율(B_1)에 따라 변한다. 또한 식 (10)에서 각 서비스망의 도착율은 TNAS 호손율(B_2)에 영향을 받는다. 따라서 휴리스틱 방법을 사용하여 TNAS, PNAS, WNAS 호손율을 각각 구한다. 이 방법은 다음 원리로 인해 수렴한다. TNAS 호손율이 증가할 경우 PNAS와 WNAS 호손율은 감소한다. 그 이유는 TNAS와 PNAS, WNAS는 텐덤 구조이기 때문이다. 다시 말해 TNAS를 통과하지 못한 호가 많으면 PNAS와 WNAS 접속 호는 상대적으로 줄어든다. 따라서 PNAS와 WNAS 호손율은 감소한다. 반대로 TNAS 호손율이 감소할 경우 PNAS와 WNAS 호손율은 증가한다. 이러한 원리를 이용한 휴리스틱 절차를 설명하면 다음과 같다.

단계 1 : TNAS 호손율(B_2)을 0과 1사이의 임의의 수로 놓는다. 또한 각 호손율의 오차한계를 결정

한다. 그리고 초기 접속확률 p 와 q 를 결정하고, III 장의 첫단계분석법을 통해 평균 접속회수를 구한다. 또한 각 서비스망 1회 접속 평균 서비스 시간($1/k$), $k = 0,1$ 을 결정한다.

단계 2 : 식 (10)을 통해 PNAS와 WNAS 도착율을 구한다. 이를 이용한 Overrelaxation Method를 통해 호손율 B_0 와 B_1 을 구한다.

단계 3 : 단계 1에서 PNAS와 WNAS 호손율을 식 (1)에 대입해 전파망 평균서비스시간($1/\mu$)을 구한다. 이를 식 (2)의 열람손실공식에 대입해 TNAS 호손율을 구한다. 만약 TNAS, PNAS, WNAS 호손율 변화가 초기화 단계에서 미리 정한 한계 이하면 계산을 멈추고 각 호손율을 구한다. 그렇지 않으면 단계 2로 돌아간다.

위의 과정을 실험예제를 통해 설명하면 다음과 같다. 예제에 사용된 전이 행렬값은 인터넷 사용자의 증가를 반영한 값이며, 앞으로 결과분석에서, 사용자 증가와 인터넷 사용시간의 증가라는 두 가지 시나리오를 바탕으로 변수값을 변화시켜가며 결과를 도출할 것이다. 일반적으로 인터넷 사용시간은 PC 통신에 비해 1.5배에서 2배 정도 많은 사용시간을 갖는다.

예제2] $C=20, C_2=10, C_1=10, \lambda=0.6, 1/\mu_0=10$ 초
 $1/\mu_1=15, 1/\mu_R=2$ 초, $p=q=0.5$ 오차한계 = 0.0001
 이때 TNAS, PNAS, WNAS 호손율을 구하면 다음과 같다. 이때 식 (4)의 전이 행렬값은 $O = 0.4, I = 0.1, O = 0.6, I = 0.2$ 로 하고, 초기 TNAS호손율은 0으로 한다. 이때 $W_0 0.805, W_1 1.125$ 이다. 이를 휴리스틱 방법으로 계산하면 그림 5의 결과를 얻을 수 있다. 그림5을 보면, 4번의 수행 이후에 각 호손율의 변화가 오차한계보다 작아지는 것을 알 수 있다.

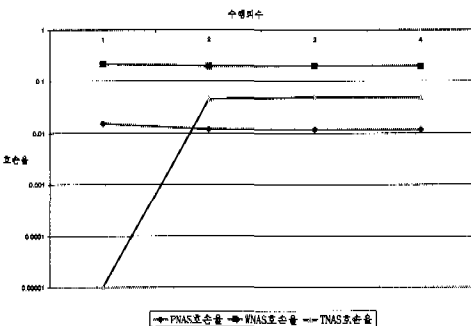


그림 5. TNAS, PNAS, WNAS 호손율의 수렴

그림 6은 TNAS호손율의 초기치를 다르게 설정했을 때 수렴과정을 보여준다. 이때 TNAS 호손율을 각각 0과 0.9로 했을 때 TNAS호손율은 0.0494로 수렴함을 할 수 있다.

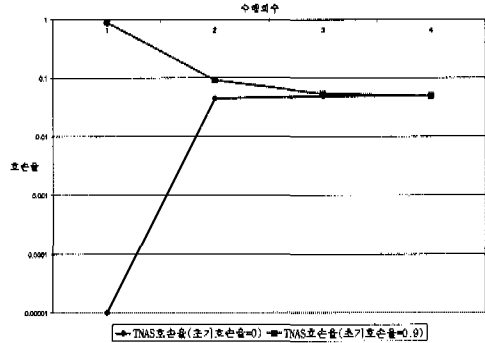


그림 6. TNAS호손율이 다른 경우 수렴과정

그림 7은 휴리스틱 방법과 시뮬레이션의 차이를 보여준다. 시뮬레이션은 이산 사건 모의 실험(Discrete Event Based Simulation)을 기반으로 구현되었으며, 네트워크 시뮬레이션 기법을 사용하여 국내 PC통신망의 호 접속 절차를 반영하였다.

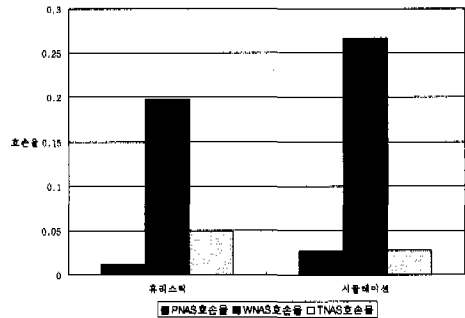


그림 7. 시뮬레이션과 휴리스틱의 호손율 비교

또한 Win 95환경에서 Visual Basic으로 구현하였으며 데이터베이스는 MS ACCESS를 사용하였다. 이때 PNAS호손율은 약0.014, WNAS호손율은 0.05, TNAS호손율은 0.022의 차이를 보인다.

지금까지 결과를 바탕으로 전체 호손율이 가장 낮은 회선 할당 결과를 구하면 그림 8과 같다. 그림 8을 보면 시뮬레이션과 휴리스틱은 같은 경향의 호손율 변화를 보인다. 따라서 예제 2에서 PNAS와

WNAS 용량을 7와 13으로 배분할 때 호손율이 0.14로 가장 적다.

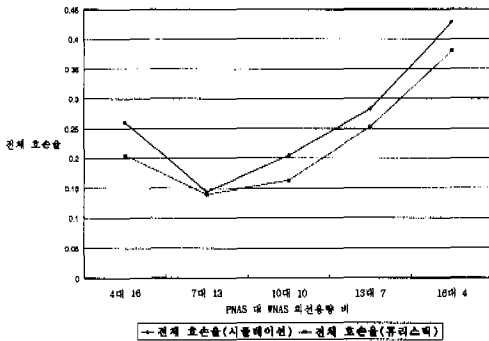


그림 8. 전체 호손율을 최소로 하는 PNAS와 WNAS의 용량 배분 결과

다음으로 사용자와 인터넷 사용시간 증가에 따른 최적 용량 분배에 대해 분석한다. 매년 50%씩 인터넷 사용자 증가하고 있으므로 이에 대한 분석은 중요하다. 그림 9는 TNAS 발생호가 증가할 경우 PNAS 호손율의 변화를 보여준다. 이는 PNAS 접속 회수 0.806번, WNAS 접속 회수 1.129, TNAS 회선수가 10회선, PNAS 사용시간 10초, WNAS 사용시간 15초, p 와 q 가 0.5일 때를 나타낸다.

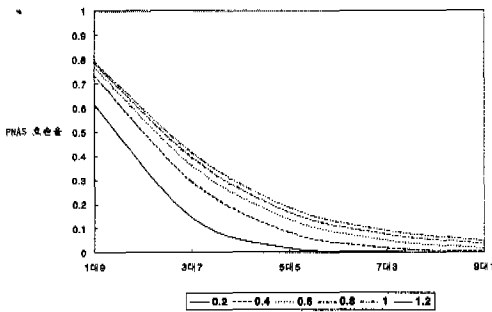


그림 9. PNAS 호손율의 변화 (TNAS 접속 호가 증가)

그림 9에서 보면 TNAS 도착율이 높아질수록 PNAS 호손율이 작은 쪽으로 감소한다. 또한 그림 10은 WNAS 호손율 증가를 보여준다. 이 때도 TNAS 도착율이 높아지면 호손율 변화폭이 작아진다.

그 이유는 TNAS 도착율이 커지면 PNAS와 WNAS에 접속하는 호 수의 변화가 적기 때문이다. 따라서 사용시간 변화가 줄어들므로 PNAS와

WNAS 호손율은 작은 쪽으로 증가한다. 이는 TNAS 호손율 변화 그림 11를 보면 알 수 있다. 식 (17)를 이용하여 전체 호손율을 구하면 그림 12와 같다. 이 때 10회선을 PNAS와 WNAS에 각각 4와 6회선을 할당할 때 호손율이 최소이다.

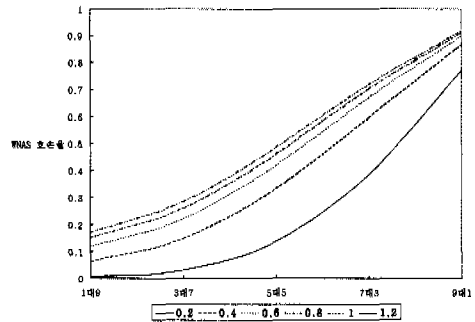


그림 10. WNAS 호손율의 변화 (TNAS 접속 호가 증가)

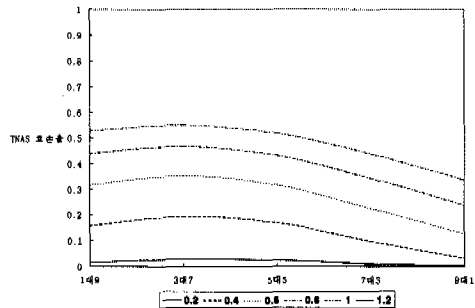


그림 11. TNAS 호손율의 변화 (TNAS 접속 호가 증가)

Fig. 11. TNAS call blocking probability(as TNAS call is increase)

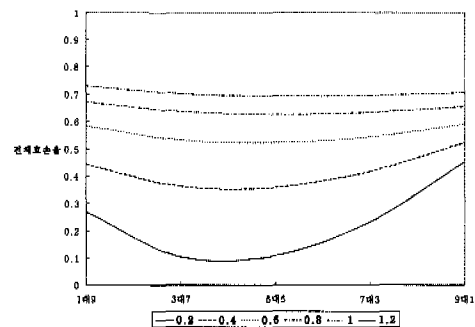


그림 12. 전체 호손율의 변화 (TNAS 접속 호가 증가)

사용자 시간 증가에 따라 호손율 변화를 살펴보

면 다음과 같다. PNAS 도착율을 초당 0.6에 고정시키고, WNAS 사용시간을 10에서 25까지 변화 시켜가며 결과를 얻었다. 이 때 PNAS 사용시간은 10으로 고정시켰다. 그림 13에서 PNAS 호손율을 변화 폭은 작다. 하지만 PNAS 사용시간을 고정시켰는데 증가하는 이유는 WNAS 사용시간 증가로 WNAS 손실호들이 다시 PNAS에 접속하기 때문이다. 그림 14는 같은 경우에 WNAS 호손율 변화를 보여준다. 할당비율이 1대9일 때 WNAS 사용시간 증가에 따라 호손율이 큰 폭으로 증가한다. 마지막으로 그림 15는 사용시간 증가에 따른 호손율 변화를 나타낸다. 결국 PNAS와 WNAS의 회선수는 5대 5가 최적이다.

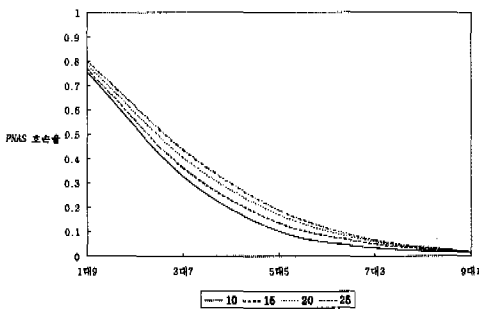


그림 13. PNAS 호손율의 변화 (WNAS 사용시간이 증가)

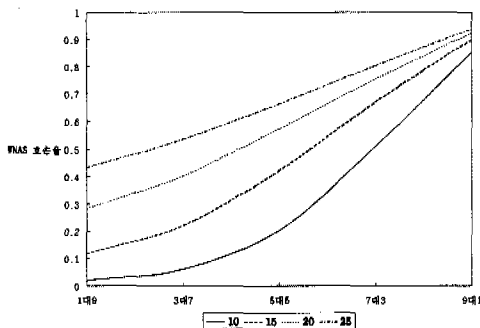


그림 14. WNAS 호손율의 변화 (WNAS 사용시간이 증가)

VI. 결론

전화망을 통해 접속하는 호가 패킷망과 인터넷망으로 접속을 시도할 때 그 호는 TNAS를 끊지 않고 패킷망과 인터넷망을 옮겨 다니며 접속한다.

이러한 모형은 망에 한 번 접속하고 망을 떠나는 모델보다 TNAS호손율이 더 크다. 따라서 이 연구는 PC통신 트래픽 성능분석을 위한 모형을 제시했고, 시뮬레이션이 아닌 수리적 방법으로 접근했다. 또한 사용자 서비스 특성(도착율, 서비스 시간)을 반영하여 정합장치 호손율을 구했다.

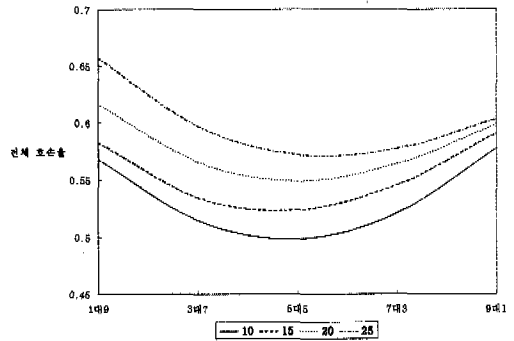


그림 15. 전체 호손율의 변화 (WNAS 사용시간이 증가)

V장에서 보듯 TNAS와 PNAS, WNAS는 트레이드 오프 관계에 있어 한쪽 부분에 치우친 자원 할당은 전체 호손율을 높인다. 다시 말해 서비스 도착율이 급증할 경우, 단지 TNAS 회선 용량을 늘리면 TNAS 호손율은 감소하는 반면 PNAS와 WNAS 호손율이 높아진다. 결국 전체 호손율은 낮아지지 않는다. 따라서 이 연구의 정합장치 접속모델은 제한된 회선 용량의 할당뿐만 아니라, 새로운 트래픽 양상을 반영하는데 유용하다.

결국 이 연구는 변화하는 트래픽 특성을 갖는 망을 연동할 때 망 용량 결정에 사용할 수 있다. 따라서 앞으로 ISDN과 FR, ATM을 함께 연동할 때, 호손율을 최소로 하는 최적의 정합장치 용량 분배를 할 수 있다. 이에 더해 앞으로 IP 회선용량 할당 모형의 수리적 모형을 제시해야 할 것이다. 또한 트래픽 특성치 (지연, 전송량, 대기 길이 등)를 고려한 PC통신망 성능분석으로 확장해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Aein, J. M., A multi-user-class, blocked-calls-cleared, demand access model, *IEEE Transactions on Communication*, Vol. COM-26, pp. 378-385, Mar. 1978.
- [2] Gersht, A. and Shulman, A., Optimal routing

in circuit switched communication networks, *IEEE Transactions on Communication*, Vol. 37, pp. 1203-1211, Nov. 1989.

[3] Kaufman, J. S., Blocking in a shared resource environment, *IEEE Transactions on communications*, Vol. COM-29, No.10, pp.1474-1481, 1981.

[4] Karlin, S. And Taylor, H. M. A first course in stochastic processes. *New York, Academic Process*, 1975.

[5] 김병무, 이영호, 김영휘, 김유환, 박석지, 김주성, PSTN과 PSDN을 연결한 데이터 통신망의 회선할당에 관한 연구, *대한산업공학회지*, 제24권 2호, 1998년 6월.

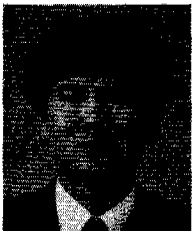
[6] 홍용표, 김영환, 이단 서비스 접속의 PC통신망의 성능분석, *한국통신학회 논문지*, 제21권 3호, 1996년 3월.

[7] 홍용표, 허재두, 이진, 통신처리시스템의 호처리 용량 모델링 및 분석, *한국통신학회 논문지*, 제22권 11호, 1997년 11월.

[8] 한국전자통신연구원, 개방형 대용량통신 처리 시스템 개발, *최종연구보고서*, 1997년.

김 영 일(Young-II Kim)

정회원



1984년 : 전남대학교 계산통계학과(학사)
 1986년 : 한국외국어대학교 전자계산학과(석사)
 1994년~현재 : 충북대학교 전자계산학과(박사과정)
 1986년~현재 : 한국통신 통신망연구소 PC통신망관리연구실장

<주관심 분야> 데이터통신망설계, 트래픽 이론, 데이터베이스

김 유 환(Yu-Hwan Kim)

1997년 : 고려대학교 산업공학과(학사)
 1999년 : 고려대학교 산업공학과(석사)
 <주관심 분야> 가입자망, 대기행렬이론, 통신망모델링

이 영 호(Young-Ho Lee)

1984년 : 서울대학교 산업공학과(학사)
 1986년 : 서울대학교 산업공학과(석사)
 1992년 : Virginia Tech. University 산업시스템공학과(박사)
 1992년~1997년 : US WEST Advanced Tech. Boulder, Colorado, USA 연구위원
 1997년~현재 : 고려대학교 산업공학과 조교수
 <주관심 분야> 통신망설계, 통신경영, O.R

김 영 휘(Young-Hui Kim)

1960년 : 서울대학교 전기공학과(학사)
 1967년 : Oklahoma State University, 산업공학(석사)
 1970년 : Virginia Polytechnic Institute and State University, 산업공학(박사)
 1970년~현재 : 고려대학교 산업공학과 교수
 1977년~1985년 : 고려대학교 전자계산소 소장
 1987년~1988년 : 대한산업공학회 회장
 1992년~1994년 : 고려대학교 공과대학 학장
 1992년~1994년 : 전국 공과대학 학장협의회 부회장
 1993년~현재 : 한국공학기술학회 감사
 <주관심 분야> O.R., 통신 시스템 분석, 통신망 모델링

류 근 호(Keun-Ho Ryu)

1976년 : 숭실대학교 전산학과(학사)
 1980년 : 연세대 산업대학원 전산전공(석사)
 1988년 : 연세대 대학원 전산전공(박사)
 1976년~1986년 : 육군군수 지원사 전산실(ROTC장교), ETRI(연구원), 한국방송통신대 전산학과(조교수) 근무
 1989년~1991년 : Univ. of Arizona. Research Staff (TempIS 연구원, Temporal DB)
 1986년~현재 : 충북대학교 컴퓨터과학과 교수
 <주관심 분야> 시간지연데이터베이스, 시공간데이터베이스, 지식기반 정보검색, 객체 및 지식베이스 시스템