

대용량 통신처리시스템에서 사용자 이용성향과 ISDN를 고려한 망정합장치의 회선용량 분배에 관한 연구

정회원 김 영 일*, 김 찬 규**, 이 영 호**, 김 영 휘**, 류 근 호***

An Optimal Capacity Allocation Problem in Designing Advanced Information Communication Processing System

Youngil Kim*, Changyu Kim**, Youngho Lee**, Younghui Kim**, Keunho Ryu***

Regular Members

요 약

이 연구는 온라인 서비스를 제공하는 AICPS의 정합장치 용량 분배 및 성능을 분석하고자 한다. AICPS은 전화망, 패킷망, ISDN, 인터넷 및 프레임 릴레이망을 연동하는 게이트웨이 시스템이다. 기존의 PC통신망에 관한 연구는 전화망과 데이터망간 연동에 한정되어 있었고 사용자 이용성향도 고려하지 못했다. 따라서 이 연구에서는 앞으로 급격히 증가할 ISDN서비스를 반영하고 한번 호접속으로 PC통신, 인터넷을 동시에 이용할 수 있는 통신환경을 반영한 모형을 제시하였다. 이 모형에서는 사용자 이용성향은 마코프 과정을 이용해서 분석하였고 PC통신과 인터넷을 동시에 이용하는 경우에 호손실을 산출하기 위해 확률 배낭(Stochastic Knapsack) 방법을 이용하였다. 그리고 시뮬레이션을 통해 분석적 방법에 의한 분석과 비교하였다. 제안된 모형을 통해 전체의 호손실을 최소로 하는 AICPS의 망정합장치 용량을 배분할 수 있다.

ABSTRACT

This paper deals with an optimal capacity allocation problem and performance analysis in Advanced Information Communication Processing System(AICPS). AICPS is a gateway system interconnecting PSTN(Public Switched Telephone Network), ISDN(Integrated Services Digital Network), PSDN(Packet Switched Data Network), Internet, Frame Relay and ATM together. This study considers not only ISDN and internet but also user behavior of On-line service which is analyzed by Markov process. A call blocking probability of TNAS and INAS is computed by Erlang's formula. Then, PNAS and WNAS's call blocking probability are computed by Stochastic knapsack modeling. The result is compared with result of simulation. Finally, we allocate an optimal capacity minimizing total call blocking probability.

I. 서 론

이 연구는 온라인 서비스를 제공하는 AICPS (AICPS : Advanced Information Communication Processing System)의 성능분석과 정합장치(NAS:

Network Access Subsystem) 용량분배에 관한 연구이다. AICPS는 전화망과 ISDN망을 통해 접속되는 호를 인터넷과 패킷망으로 연결시켜 주는 연동 장치이다¹⁾. 그림 1을 살펴보면 전화망을 이용하는 다이얼 가입자는 전화망정합장치(TNAS : Telephone Network Access Subsystem)를 통해, ISDN 사용자

* 한국통신 통신망연구소(yikim@kt.co.kr), ** 고려대 산업공학과,

*** 충북대 컴퓨터학과

논문번호 : 99392-0928, 접수일자 : 1999년 9월 28일

는 ISDN정합장치(INAS : ISDN Network Access Subsystem)를 통해 AICPS에 접속한다. 접속에 성공한 호는 AICPS에서 제공하는 초기화면의 선택에 의해 사용자가 원하는 서비스를 이용할 수 있다. 서비스에 따라 고속 스위칭 장치를 통해 패킷망 정합장치(PNAS : Packet Network Access Subsystem)와 프레임 릴레이 정합장치(FNAS : Frame relay Network Access Subsystem) 그리고 인터넷 정합장치(WNAS : Web Network Access Subsystem)에 각각 접속한다. 그 이후, 사용자는 각 서비스에 따라 패킷망과 인터넷망을 통해 정보물 이용할 수 있다. 서비스를 종료하게 되면 AICPS의 초기화면으로 다시 돌아온다. 초기화면에서 사용자는 다른 서비스를 선택할 수 있다. AICPS는 사용자가 전화망 또는 ISDN망을 한번 접속된 이후 PC통신과 인터넷을 여러 번 사용할 수 있는 환경을 제공한다. 이러한 환경 변화에서 PC통신망의 성능을 결정하는 중요한 요소는 사용자의 서비스 이용성향이다. PC통신과 인터넷을 동시에 사용할 수 있는 서비스 이용성향은 전화망을 통해 PC통신만 접속할 때와 비교해 보면 접속 회수와 이용 시간에서 큰 변화를 가져온다. 또한 전화망과 ISDN망을 통해 들어온 호가 사용자 성향에 의해 PC통신이나 인터넷 쪽으로 호가 집중하는 경향을 보일 수도 있다. 이런 호 집중 현상은 접속 호손율 증가로 사용자의 불만이 된다. 또한 사용자 성향은 AICPS 구축할 때 투자비에도 많은 영향을 준다. 따라서 사용자 이용 성향을 미리 분석하고 PC 통신과 인터넷으로 나가는 PNAS와 WNAS 회선 용량을 최적으로 결정하는 것은 매우

중요한 문제이다.

AICPS는 전화망 통한 접속은 56Kbps 속도까지, ISDN 통한 접속은 64Kbps와 128Kbps의 속도를 제공한다. 따라서 AICPS 내부에는 다양한 속도를 가진 호들이 함께 공존한다. 속도가 다른 호들은 사용자 이용성향 역시 다르게 나타난다. 사용자의 이용 속도는 한 번 접속해서 사용하는 평균사용시간과 접속회수에 영향을 준다. 사용자 이용성향에 영향을 받는 평균사용시간과 접속 후 PC통신과 인터넷에 접속하는 회수는 AICPS 성능분석을 위한 변수들이다. 따라서 이 논문은 사용자 이용성향을 반영한 AICPS 성능분석 모형을 제시하고 망정합장치의 호손율을 최소로 하는 PNAS와 WNAS의 용량 분배 모형을 다룬다.

PC통신망에 대한 기존 연구는 단일망인 전화망과 데이터망을 서로 연동하는 구조로 모형화 하였다. 이러한 연동시스템에서 회선할당 연구는 호손율과 전송지연을 기준에 만족시키면서 전화망과 패킷망의 회선할당비용을 최소화하는 비선형 최적 모형을 제시했다⁶⁾. 그리고 타부서치와 시뮬레이티드 어닐링으로 비선형 최적 모형에 최적해를 구했다. 또 다른 연구는 PC통신망을 전화망과 데이터망에 대한 이중 접속으로 보고 성능분석을 수행했다¹⁰⁾. 이 연구에서는 통신처리장치(ICSP : Information Communication Processing System) 성능분석 모형을 제시했다. 전화망을 거친 호가 통신처리장치에 접속할 때 호손율과 데이터베이스의 패킷 호 접속 호손율을 다루었다. 그리고 호의 재시도 모델을 제시했다. 전화망의 호손율은 열람손실 공식을 이용해서 산출하고,

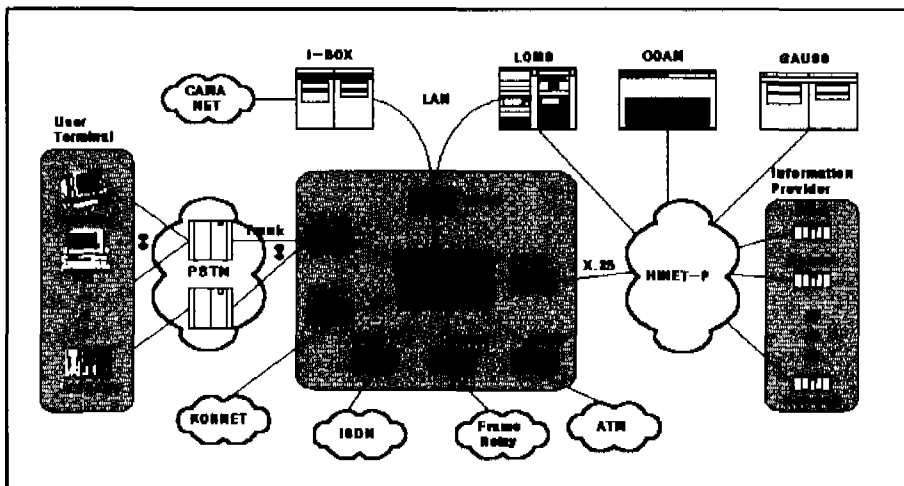


그림 1. AICPS 구조도

패킷망 호손율은 자원 공유(Resource Sharing) 방법을 이용해 호손율을 산출했다. 그러나 이 두 모형은 사용자 이용 성향을 전혀 반영하지 못했고 호가 서비스 접속을 한 번 시도한 후 종료하는 모형이다. 한편, AICPS의 성능분석과 NAS 용량 분배 모형에 관한 연구도 수행되었다¹⁷⁾. 이 연구에서는 사용자 이용성향을 첫 단계 분석법으로 분석했다. 또한 AICPS 성능분석 모형은 평형상태방정식으로 모델링하고 수치적 해결 방법인 과다 조건완화 방법(Over-relaxation Method)에 의해 호손율을 산출했다. 하지만 이 모형에서는 수요가 급격히 증가할 ISDN망을 통해 접속되는 호를 고려하지 못했고 사용자 이용 속도에 따라 사용 성향이 서로 다른 점을 반영하지 못했다.

따라서 이 연구에서는 기존 연구와는 달리 모뎀 속도에 따른 사용자 이용성향이 서로 다르다는 것을 반영하고 전화망이나 ISDN망을 통해 접속에 성공한 호가 PC통신과 인터넷을 번갈아 가면서 서비스 받을 수 있는 환경을 고려하였다. 그리고 입력부분은 전화망 호 뿐만 아니라 ISDN 호를 반영하고 접속되는 데이터망은 패킷망과 인터넷망을 통해 각각 PC통신과 인터넷서비스를 이용할 수 있는 환경을 고려한 모형을 제시한다.

이 연구의 구성은 II장에서는 TNAS와 INAS 호손율 산출하는 방법과 사용자 이용성향을 마코프 체인을 통해 분석한다. III장에서는 PNAS와 WNAS 호손율 산출하는 방법은 확률 배낭 문제(Stochastic Knapsack)에 의해 분석하고 PNAS와 WNAS의 회선 용량 분배 모형을 설명한다. IV장에서는 모형의 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하고 평가한다. 그리고 V장에서는 결론과 추후 연구과제를 제시한다.

II. TNAS와 INAS 호접속 모형

이 논문의 연구범위는 그림 2와 같다. 그림 2에서 호는 전화망과 ISDN을 통해 접속한다. 접속한 호는 사용자 이용성향에 따라 PC통신과 인터넷서비스를 접속하기 위하여 패킷망과 인터넷망에 접속한다. 호의 특성은 접속망에 따라 전화망호와 ISDN호로 구분되며 접속서비스에 따라 PC통신과 인터넷서비스의 특성을 갖는다. 접속속도별로 다른 이용성향을 보이는 특성을 반영할 수 있도록 호를 접속 속도에 따라 m 개의 유형으로 나눈다. AICPS에서 전화망은 2.4Kbps에서 56Kbps속도를 반영하고 ISDN은 64Kbps와 128Kbps를 반영한다. m 개 유형 중

전화망의 접속 속도 유형은 k 개라 하면 ISDN 접속 속도 유형은 $m-k$ 개가 된다. 이것을 그림으로 표현하면 그림 3과 같다. 이 경우에 TNAS와 INAS 호손율을 산출하는 방법을 살펴보자. 두 NAS는 서로 독립이므로 열람 공식을 이용하여 개별적으로 호손율을 산출한다. 유형별 도착률을 $\lambda_i, i=1, \dots, k, k+1, \dots, m$ 이라 하자.

이 때 TNAS에 도착률 λ_T 는 $\lambda_T = \sum_{i=1}^k \lambda_i$ 와 같다.

또한 INAS 도착률 λ_I 는 $\lambda_I = \sum_{i=k+1}^m \lambda_i$ 와 같다.

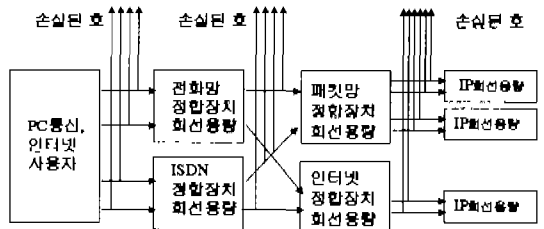


그림 2. 연구범위

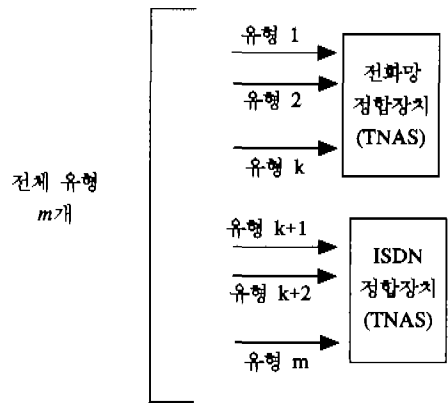


그림 3. 정합장치 입력 유형

그리고 TNAS를 통해 들어온 호가 사용자 이용성향에 따라 PC통신과 인터넷을 사용한 평균 사용시간 $1/\mu_T$ 이라 하고, INAS를 통해 들어온 호의 평균 사용시간 $1/\mu_I$ 라 하자. 이 때 전화망에서 호손율 b_T 와 ISDN망에서 호손율 b_I 는 열람 공식을 이용해서 산출한다.

$$b_T = \frac{\rho(T)^{\frac{c_T}{\mu_T}}}{\sum_{i=1}^k \rho(T)^{\frac{c_i}{\mu_T}}}, \quad b_I = \frac{\rho(I)^{\frac{c_I}{\mu_I}}}{\sum_{i=k+1}^m \rho(I)^{\frac{c_i}{\mu_I}}} \quad (1)$$

식 (1)에서 $\rho(T) = \frac{\lambda_T}{\mu_T}$ 와 $\rho(I) = \frac{\lambda_I}{\mu_I}$ 이며, c_T 와 c_I

는 각각 TNAS와 INAS 회선용량을 나타낸다. 이 열람 공시의 도착은 포아송이고 평균 사용시간은 지수분포이거나 다른 일반 분포를 따를 때 모두 성립한다. 따라서 도착률은 포아송으로 가정한다. 도착한 호는 사용자 이용성향에 따라 PC통신과 인터넷을 사용한다. 따라서 접속에 성공한 호에 대한 실제 사용시간을 구해야 한다. 사용자 이용성향을 반영한 평균 사용시간 $1/\mu_r$ 과 $1/\mu_i$ 을 산출하는 방법을 살펴보자. 사용자 이용성향은 사용자가 전화망이나 ISDN을 통해 접속한 후 PC통신과 인터넷의 사용 행태를 나타낸다. 사용자 이용성향은 전이행렬을 통해 표현한다. 사용자 이용성향은 접속 속도에 따른 유형별로 차이가 난다. 이러한 성향을 마코프 체인으로 분석할 수 있고, 이를 위해서 표본공간을 다음과 같이 설정한다.

표본공간(Ω)

- (PC통신을 사용하는 경우, 인터넷을 사용하는 경우, 통신을 종료하는 경우)
- $\{S_1, S_2, S_3\} = \{0, 1, 2\}$

이를 전이행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$P_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{PC통신} & \text{인터넷} & \text{종료} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{PC통신} \\ \text{인터넷} \\ \text{종료} \end{matrix} & \begin{bmatrix} \alpha_i & \beta_i & 1-\alpha_i-\beta_i \\ \gamma_i & \delta_i & 1-\gamma_i-\delta_i \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$i=1, \dots, m.$

각 전이확률은 p_{ijk} 로 나타낸다. i 는 유형을 나타내고, j 와 k 는 표본공간에 있는 상태를 나타낸다. 이 전이 행렬을 통해 유형별 PNAS와 WNAS 접속회수를 구한다. 유형 i 가 서비스 j 에서 시작해서 흡수상태 $k(-2)$ 를 방문하는 회수 n_{ijk} 를 첫 단계 분석법으로 산출한다^[3]. 그 식을 살펴보면 다음과 같다.

$$n_{ijk} = \delta_{jk} + \sum_{l=0}^2 p_{ijl} n_{ilk}, \quad j=0, 1, 2.$$

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1, & j=k, \\ 0, & j \neq k. \end{cases} \quad (2)$$

식 (2)를 통해 유형 i 가 PNAS와 WNAS에 접속하는 회수를 각각 산출할 수 있다. PNAS 접속회수는 PC통신 접속회수와 동일하다. 유형별 PNAS 접속회수 np_i 와 WNAS 접속회수 nw_i 산출 식을 보면 다음과 같다.

$$np_i = pn_{i00} + (1-p)n_{i10}$$

$$nw_i = pn_{i01} + (1-p)n_{i11}, \quad i=1, \dots, m. \quad (3)$$

식 (3)에서 p 는 전화망이나 ISDN으로 접속한 호가 처음 PC통신을 선택할 확률이다. 유형별 접속회수를 이용해 유형별로 PNAS와 WNAS에서 사용하는 평균 사용시간을 산출할 수 있다.

식 (1)을 평균 사용시간 산출 식을 알아본다. 사용자는 전화망이나 ISDN망을 통해 PC통신이나 인터넷에 접속한다. 접속하면 PC통신이나 인터넷 또는 여러 정보제공자를 선택할 수 있는 초기화면이 나타난다. 이 초기화면에서 사용하고자 하는 서비스를 선택한다. PC통신이나 인터넷 접속 종료 후에는 다시 초기화면으로 돌아간다. 초기화면에서 전이확률에 따라 같은 서비스를 선택할 수 있고 다른 서비스를 선택할 수도 있다. 따라서 사용자가 한 번 접속 후 PC통신이나 인터넷을 몇 번 접속하고 종료하는 지는 알 수 없다. 따라서 평균 사용시간을 산출하기 위해서는 PC통신이나 인터넷 평균 접속회수를 이용해 산출한다. 산출하는 유형 i 별 PC통신 평균 사용시간을 $1/\mu_{pi}$, $i=1, \dots, m$ 라 하고, 인터넷 평균 사용시간을 $1/\mu_{wi}$, $i=1, \dots, m$ 이라 하자. 평균 사용시간을 산출하기 위해서는 한 번 접속할 때 사용하는 시간을 알아야 한다. 다시 말해서 유형 i 가 j 번째 PC통신 접속에 성공한 후 사용 시간 $1/\mu_{pi}$ 와 인터넷 j 번째 접속 후 사용 시간 $1/\mu_{wi}$ 를 반영해야 한다. 또 유형 i 가 PC통신이나 인터넷 서비스를 시도하는데 걸리는 시간을 반영해야 한다. 유형별 PC통신과 인터넷 평균 사용시간은 평균접속회수에 한 번 접속할 때 사용하는 평균시간을 곱함으로써 산출한다. 이것을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{\mu_{pi}} = np_i \cdot E \left[(1-bp_i) \left(\frac{1}{\mu_{pj}} + \frac{1}{\mu_{ri}} \right) + bp_i \frac{1}{\mu_{ri}} \right],$$

$$= (1-bp_i) np_i \cdot E \left[\frac{1}{\mu_{pj}} \right] + \frac{1}{\mu_{ri}} np_i$$

$$\frac{1}{\mu_{wi}} = nw_i \cdot E \left[(1-bw_i) \left(\frac{1}{\mu_{wj}} + \frac{1}{\mu_{ri}} \right) + bw_i \frac{1}{\mu_{ri}} \right]$$

$$= (1-bw_i) nw_i \cdot E \left[\frac{1}{\mu_{wj}} \right] + \frac{1}{\mu_{ri}} nw_i$$

$i=1, \dots, m. \quad (4)$

식 (4)에서 bp_i 와 bw_i 는 유형별로 각각 PNAS와

WNAS의 호손율을 의미한다.

지금까지 유형별로 전화망이나 ISDN망을 통해 접속한 후 PC통신과 인터넷을 사용하는 평균 사용시간을 구하는 식을 살펴보았다. 이제 유형에 관계없이 TNAS와 INAS에 접속한 후 평균 사용시간을 산출한다. 앞에서 말한 것처럼 TNAS와 INAS의 평균 사용시간은 $1/\mu_T$, $1/\mu_I$ 로 표현한다. TNAS와 INAS 평균 서비스 사용시간을 산출하기 전에 유형별 평균 사용 시간을 산출할 필요가 있다. 유형별 평균 서비스 사용시간은 유형별 PC통신 평균 사용시간에 인터넷 평균 사용시간을 더함으로써 산출한다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{\mu_i} = \frac{1}{\mu p_i} + \frac{1}{\mu w_i}, \quad i = 1, \dots, m. \quad (5)$$

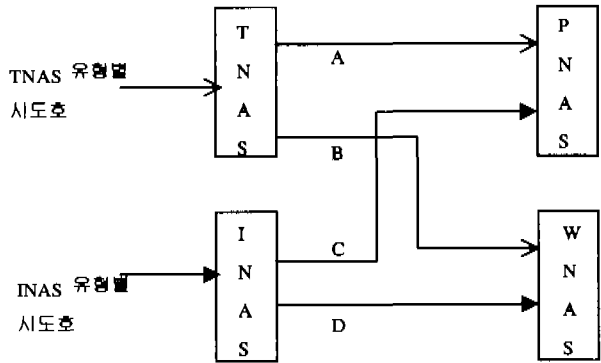
결국 $1/\mu_T$, $1/\mu_I$ 는 TNAS와 INAS에 해당하는 유형의 평균으로 산출할 수 있다. $1/\mu_T$, $1/\mu_I$ 를 산출하는 식을 보면 다음과 같다.

$$\frac{1}{\mu_T} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{1}{\mu_i}, \quad \frac{1}{\mu_I} = \frac{1}{m-k} \sum_{i=k+1}^m \frac{1}{\mu_i}. \quad (6)$$

식 (6)과 앞에서 말한 TNAS와 INAS도착률 λ_T, λ_I 를 일량 공식 식 (1)에 대입함으로써 전화망과 ISDN망의 호손율을 산출한다. 이제까지 결국 TNAS와 INAS 호손율을 산출하기 위해 도착률과 서비스 시간을 산출하였다. 이 과정에서 식 (4)에 있는 PNAS와 WNAS 호손율은 다음 절에서 살펴보도록 한다.

III. PNAS와 WNAS의 서비스 모델

TNAS와 INAS에서 접속에 성공한 호는 전이행렬에 따라 PNAS와 WNAS접속을 시도한다. PNAS와 WNAS에 접속을 시도했다가 실패했을 경우는 다시 접속 시도를 한다. PNAS와 WNAS에 대한 접속 시도 모형을 그림으로 표현하면 그림 4와 같다. 그림 4를 보면 TNAS를 통해 들어온 호나 INAS를 통해 들어온 호 모두 PNAS와 WNAS에 접속을 시도한다. 접속에 실패한 호 또는 성공한 호가 서비스를 끝마친 후에는 다시 TNAS와 INAS 초기화면으로 가서 서비스를 선택한다. 이러한 과정에 있어서 유형별로 전이행렬에 차이가 나고 도착률과 사용시간이 다르기 때문에 접속시도는 유형별



- A - TNAS 접속 성공한 호 중 PNAS 시도호
- B - TNAS 접속 성공한 호 중 WNAS 시도호
- C - INAS 접속 성공한 호 중 PNAS 시도호
- D - INAS 접속 성공한 호 중 WNAS 시도호

그림 4. PNAS와 WNAS 도착 유형

로 차이가 난다. 따라서 PNAS와 WNAS 성능 분석을 위한 호손율은 유형별로 산출해야 한다. 유형별로 산출한 호손율은 식 (4)에 b_{pi} 와 b_{wi} 값으로 입력한다.

PNAS와 WNAS의 호손율을 산출하기 위해 두 가지런 가정한다. 첫째는 PNAS와 WNAS에 도착하는 호는 포아송 가정을 따른다. 둘째는 유형별 평균 사용시간은 지수 분포를 따른다. TNAS와 INAS에서 호손실이 발생하기 때문에 실제 PNAS와 WNAS에서의 호 도착은 포아송 분포를 따르지 않는다. 하지만 호손실이 발생하여 포아송 분포를 따르지 않는 것을 Pseudo-Arrival Rate 개념을 사용하여 해결한다⁵⁾. Pseudo-Arrival Rate은 호손실 때문에 포아송 가정을 계속 유지할 수 없는 경우에 전체 도착률에서 호손실만큼 제외한다. 그리고 난후 그 값을 다시 포아송 분포로 가정해 줌으로써 근사 방법으로 호손율을 산출한다. 이 방법에 의한 호손율 산출 결과는 큰 규모의 망일수록 정확한 근사해 될 보여준다. 따라서 PNAS와 WNAS의 유형별 시도 호 산출에 이 개념을 사용한다. 유형별로 PNAS와 WNAS의 시도 호 λ_{pi} 와 λ_{wi} 는 TNAS와 INAS에서 접속에 성공한 호에 유형별 평균접속회수를 곱함으로써 산출할 수 있다. 산출 식을 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \lambda_{pi} &= np_i \cdot (1 - I_i b_T - (1 - I_i) b_I) \lambda_i \\ \lambda_{wi} &= nw_i \cdot (1 - I_i b_T - (1 - I_i) b_I) \lambda_i, \\ \bar{I}_i &= \begin{cases} 1, & i = 1, \dots, k \\ 0, & i = k+1, \dots, m \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)에서 I 변수는 유형이 전화망에 해당할 때는 b_T 를 사용하고 ISDN일 때는 b_I 를 사용하는 것을 표시해 주는 변수이다. 그리고 유형별 PNAS와 WNAS 평균 사용시간은 유형별 PC통신 사용시간과 인터넷 평균 사용시간 $1/\mu w_i$ 와 동일하다.

이제 유형별 호손율을 산출하는 식을 살펴본다. PNAS와 WNAS는 서로 독립적으로 존재하기 때문에 호손율 산출하는 방법은 서로 동일하다. 따라서 호손율 산출 방식을 PNAS위주로 설명한다. PNAS 호손율이 발생하는 경우를 예를 들어 살펴보자. 현재 PNAS회선 수가 10회선이라 하자. 유형은 14.4 Kbps, 28.8Kbps, 64Kbps 세 가지로 할 때 14.4Kbps와 28.8Kbps는 TNAS를 통해 접속을 시도하고 64Kbps는 INAS를 통해 접속을 시도한다. 하지만 호가 TNAS를 통해 들어오든 INAS를 통해 들어오든 PNAS입장에서 볼 때 유형 외에는 아무런 상관이 없다. 따라서 유형별로 PNAS를 사용하고 있는 회선 수를 각각 3회선, 4회선, 2회선이라고 하자. 다음에 도착한 호는 유형에 관계없이 PNAS 접속에 성공한다. 도착한 호가 64Kbps라고 하면 유형별 회선 수는 3회선, 4회선, 3회선으로 바뀐다. PNAS회선 수가 모두 10회선이기 때문에 PNAS의 모든 회선을 사용하고 있다. 여기에서 다음 도착이 일어났을 때 여전히 10회선 모두를 사용하고 있으면 도착한 호는 손실이 일어난다. 따라서 호손율은 유형별로 사용하고 있는 회선의 합이 PNAS 회선 수와 동일할 때 발생한다.

이러한 문제는 확률 배낭문제로 모형화한다. 확률 배낭문제는 손실 시스템을 표현하는 것인데 도착하는 호는 손실 또는 성공 두 가지 사건만을 가진다. 성공한 호는 평균 서비스 사용시간만큼 배낭에 머무른다. 따라서 배낭은 PNAS 시스템을 의미한다. 이 확률 배낭문제는 호가 도착할 때 유형별로 할당하는 회선이 다쁠 때 많이 적용한다⁴⁾. 하지만 현재 PNAS와 WNAS는 유형별로 1회선을 할당한다. 따라서 PNAS에 1회선이 남아 있다고 할 때 도착하는 유형에 상관없이 유형별 호손율은 모두 동일하다. 마찬가지로 WNAS에 해당하는 유형들도 유형별 호손율이 동일하다.

각 유형 i 는 λp_i 도착률로 도착하고 $1/\mu p_i$ 평균 사용시간을 갖는다. 그리고 PNAS는 c_P 만큼의 회선을 갖는다. 유형별로 시스템 안에서 사용중인 회선 수 $n = (n_1, n_2, \dots, n_m)$ 이라 할 때 PNAS를 사용중인 회선은 $\sum_{i=1}^m n_i$ 이다. 호손율을 산출하는 식을 유

도하기 위해 다음과 같은 상태 공간을 정의한다.

$$S = \{n \in I : \sum_{i=1}^m n_i \leq c_P\}, I: \text{비음 정수 집합},$$

$$S_i = \{n \in S : \sum_{i=1}^m n_i \leq c_P - 1\}$$

상태 공간 S 는 사용중인 회선 상태 n 에 대한 모든 경우를 표현하고, S_i 는 호손실이 발생하는 경우를 제외한 상태 공간을 의미한다. 시스템이 평형 상태에서 상태 n 에 있을 확률을 $\pi(n)$ 이라 하자. 이 $\pi(n)$ 을 산출하는 식은 다음 식과 같다.

$$\pi(n) = \frac{1}{G} \prod_{i=1}^m \frac{\rho_i^{n_i}}{n_i!}, n \in S, G = \sum_{n \in S} \prod_{i=1}^m \frac{\rho_i^{n_i}}{n_i!} \quad (8)$$

식 (8)에서 ρ_i 는 유형 i 의 제공로드(Offered Load)로써 $\rho_i = \frac{\lambda p_i}{\mu p_i}$ 와 같다. 호손율은 상태 공간 S_i 가 일어날 확률만을 제외하면 된다. 따라서 호손율 산출하는 식은 식 (9)와 같다.

$$bp_i = 1 - \sum_{n \in S_i} \pi(n) \quad (9)$$

식 (9)에 $\pi(n)$ 대신에 식 (8)를 대입하면 다음 식 (10)과 같다.

$$bp_i = 1 - \frac{\sum_{n \in S_i} \prod_{j=1}^m \rho_j^{n_j} / n_j!}{\sum_{n \in S} \prod_{j=1}^m \rho_j^{n_j} / n_j!} \quad (10)$$

식 (10)은 유형별로 PNAS에 대한 호손율을 산출하는 식이다. 하지만 식 (10)은 PNAS 용량 c_P 와 유형 m 이 뿔수록 계산이 어렵고 복잡하다. 따라서 이 식을 쉽게 계산할 수 있는 알고리즘을 사용해야 한다. 알고리즘은 확률 배낭 문제를 해결하기 위해 제공하는 순환 알고리즘(Recursive Algorithm)을 이용한다^{1, 2)}. WNAS 유형별 호손율 산출은 PNAS 호손율 산출과 동일하다. WNAS 경우 PNAS일 때와 다른 것은 전체 용량이 c_W 가 되고, 제공 로드는

$$\rho_i = \frac{\lambda w_i}{\mu w_i} \text{와 같다.}$$

이제까지 TNAS, INAS, PNAS, WNAS 호손율 산출하는 식을 살펴보았다. 마지막으로 NAS 용

량 배분을 위해 전체 평균 호손율을 산출하는 식을 살펴보자. 전체 평균 호손율은 도착한 호가 TNAS 또는 INAS에서 손실될 확률에 WNAS와 PNAS를 거치면서 손실될 확률을 함께 고려한 호손율을 의미한다. 평균 호손율은 TNAS와 INAS로 들어오는 호를 구분하여 산출한다. 그렇게 하기 위해서는 유형별 평균 호손율을 먼저 산출해야 한다. 유형별 평균 호손율은 TNAS 또는 INAS 호손율에 성공한 호들 중 PNAS와 WNAS 총 시도 수 중에서 실패한 호의 비율 더함으로써 산출한다. 유형별 평균 호손율을 tb_i 라 할 때 식은 다음과 같다.

$$tb_i = \frac{\lambda_i[I_i b_T + (1-I_i)b_I]}{\lambda_i} + \frac{\lambda p_i \cdot b p_i + \lambda w_i \cdot b w_i}{\lambda p_i + \lambda w_i}$$

$$= [I_i b_T + (1-I_i)b_I] + [1-I_i b_T - (1-I_i)b_I] \frac{(n p_i \cdot b p_i + n w_i \cdot b w_i)}{(n p_i + n w_i)}$$

$$\bar{t}_i = \begin{pmatrix} 1, & i=1, \dots, k, \\ 0, & i=k+1, \dots, m. \end{pmatrix} \quad (11)$$

식 (11)을 이용해 유형별 평균 호손율을 산출한다. 식 (11)에서 I_i 는 TNAS 유형인지 INAS 유형인지를 표현해 준다. 다시 말해서, 유형 k 까지는 TNAS 호손율에 PNAS와 WNAS를 반영한 평균 호손율을 산출하고, 그 외 유형은 INAS호손율을 반영하도록 해 주는 변수이다. 유형별 평균 호손율 산출 후 TNAS와 INAS에 대한 전체 평균 호손율을 산출한다. TNAS와 INAS에 대한 전체 평균 호손율을 tb_T , tb_I 라 할 때 이 값은 해당하는 유형별 평균 호손율을 평균함으로써 산출한다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$tb_T = b_T + \frac{\sum_{i=1}^k (\lambda p_i \cdot b p_i + \lambda w_i \cdot b w_i)}{\sum_{i=1}^k (\lambda p_i + \lambda w_i)}$$

$$= b_T + (1-b_T) \frac{\sum_{i=1}^k (n p_i \cdot b p_i + n w_i \cdot b w_i)}{\sum_{i=1}^k (n p_i + n w_i)} \quad (12)$$

식 (12)를 이용해 TNAS를 포함한 전체 평균 호손율을 산출한다. 현재 PNAS와 WNAS는 유형별로 도착하는 회선에 논리적 채널(Logical Channel Number, LCN) 한 회선을 할당한다. 따라서 PNAS나 WNAS 각각에 해당하는 유형들의 호손율을 동일하다고 했다. 그러므로 PNAS에 속하는 식 (11)

의 유형별 평균 호손율과 식 (12)의 전체 평균 호손율은 동일하다. INAS 전체 호손율 tb_I 는 식 (12)에서 b_T 를 b_I 로 바꾸고 합의 범위를 $k+1$ 에서 m 으로 바꾸어 주면 된다. 결국 TNAS를 통해 들어온 호의 호손율과 INAS를 통해 들어온 호에 대한 호손율을 더함으로써 최종 호손율 tb 를 산출한다.

$$tb = tb_T + tb_I \quad (13)$$

전달망의 정합노드의 회선분배 문제는 PNAS와 WNAS 용량인 c_p , c_w 가 변화할 때 식 (13)의 tb 값을 최소로 해 주는 용량을 찾는 것이다.

IV. 성능평가

앞 절에서 유도한 식으로부터 최종 호손율을 최소로 하는 전달망 정합노드의 용량을 분배하는 과정을 살펴보자. 먼저 초기화 단계로 사용자 이용성향과 트래픽 분석에 의한 유형별 도착률과 한 번 접속했을 때 평균 사용 시간 그리고 유형별 전이 행렬은 주어져야 한다. 또한 TNAS와 INAS 회선 수를 알아야 한다. 그러나 TNAS와 INAS 회선수는 전화망과 ISDN망으로부터 들어오면 트래픽량과 서비스 수준(GoS : Grade of Service)만 알면 구할 수 있다.

이 절에서는 수학적 모형을 분석하고자 한다. 먼저 최종 호손율을 최소로 하는 용량 배분을 하기 위한 계산절차는 다음과 같다.

초기화단계: 유형별 도착률과 전이확률, 1회 접속 시 평균사용시간 및 임의의 b_T , b_I 값을 설정하고 TNAS, INAS들어오는 트래픽량 또는 회선수를 초기화 한다.

- 단계 1: C_p , C_w 에 대한 회선 수 설정
- 단계 2: 전이확률과 식 (2)를 이용해 유형별 평균 접속회수 산출
- 단계 3: 식 (7)을 이용해 유형별 PNAS와 WNAS 시도 수 산출
- 단계 4: 식 (8), (9), (10)을 이용해 유형별 호손율 산출
- 단계 5: 식 (4)를 이용해 유형별 평균 서비스 시간 산출
- 단계 6: 식 (5), (6)을 통해 TNAS와 INAS 평균 서비스 시간 산출
- 단계 7: 열량 B 공식을 이용해 TNAS와 INAS 호

손을 산출

단계 8: 식 (11), (12), (13)을 이용해 전체 호손을 산출

단계 9: 전체 호손율이 최소가 되면 계산을 중단하고, 그렇지 않으면 단계 1로 가서 새로운 회선 비율 설정하고 계속 수행

모형의 성능평가는 INAS가 없는 경우와 있는 경우로 나누어 분석을 한다. 첫째는 INAS가 없을 때 전체 평균 호손율을 산출하여 시뮬레이션 및 [8]의 결과와 비교한다. 이 비교는 이 모델이 정확한 지를 설명해 준다. 이 결과는 [8]의 수행 조건과 동일 조건일 때 산출한다. 둘째는 INAS를 포함하는 경우에 대해 분석한다. 결과는 시뮬레이션과 비교하여 분석한다.

먼저 ISDN으로 도착하는 호가 없을 때 호손율을 산출한다. 수행 조건은 유형을 3가지로 분리한다. 그리고 각 유형은 동일한 도착률과 전이행렬을 갖는다고 가정한다. 따라서 도착률은 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0.2$ 이고, 전이행렬은 $\alpha_i = 0.1, \beta_i = 0.5, \gamma_i = 0.2, \delta_i = 0.2, i = 1, 2, 3$ 라 하자. 다른 조건은 $c_T = 20$, 한 번 접속할 때 PC통신 평균 서비스 사용시간은 10초, 인터넷 평균 사용시간은 15초, 한 번 접속할 때 걸리는 시간은 2초라 하자. 접속에 성공한 호가 처음 PC통신을 선택할 확률 p 는 0.5이다. PNAS와 WNAS 전체 회선 수가 20일 때 전체 평균 호손율을 최소로 하는 PNAS와 WNAS 회선 비율 산출하자. IV절에 있는 계산 절차에 따라 전체 평균 호손율을 산출한다. 식 (2)와 식 (3)으로 산출한 평균 접속회수는 $np_1 = np_2 = np_3 = 0.805, nw_1 = nw_2 = nw_3 = 1.125$ 회이다. 유형별로 도착률과 평균 사용시간 그리고 전이행렬이 모두 같기 때문에 유형별 호손율은 동일하다. 수행 결과와 시뮬레이션, 그리고 [8]의 전체 평균 호손율을 비교한 그림은 그림 5와 같다. 이 그림을 보면 PNAS와 WNAS 회선 비율 7대13으로 하는 것이 호손율을 최소로 한다. 수행 결과를 통해 알 수 있는 사실은 PNAS 회선이 증가할수록 또는 WNAS 회선이 감소할수록 전체 평균 호손율은 급격히 증가한다. 이유는 인터넷으로 들어가는 전이확률이 높아 WNAS 도착률이 PNAS 도착률보다 커져서 WNAS 호손율이 급격히 증가하기 때문이다. 또한 평균사용시간 역시 접속회수에 영향을 받기 때문에 WNAS회선 수가 감소하면서 줄어든다. 평균사용시간이 감소하는 것은 TNAS 호손율이 감소하는 결과

를 가져온다. 그리고 TNAS 호손율이 감소할수록 PNAS와 WNAS 호손율은 증가한다. 이유는 TNAS 호손율이 감소함에 따라 PNAS와 WNAS에 대한 시도 호가 커지기 때문에 호손율은 증가한다.

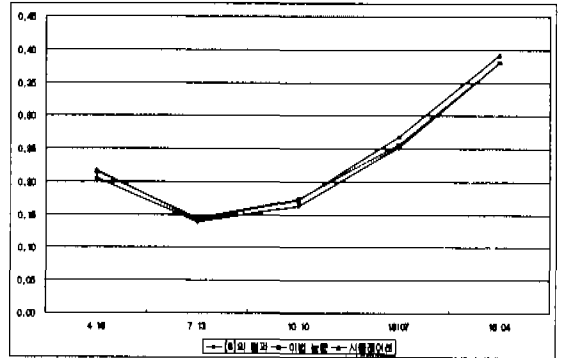


그림 5. 시뮬레이션과 결과 비교 검증

다음은 INAS를 포함한 결과를 산출한다. TNAS, PNAS, WNAS 조건은 동일하다. 그리고 INAS는 64Kbps와 128Kbps 두 유형으로 나눈다. 두 유형에 대한 도착률과 전이행렬은 동일하다. 도착률은 $\lambda_4 = \lambda_5 = 0.075$ 라 하고, 전이행렬은 $\alpha_i = 0.3, \beta_i = 0.3, \gamma_i = 0.4, \delta_i = 0.4, i = 4, 5$ 라 하자. INAS 회선 수 c_T 는 5회선이라 하자. 식 (2)를 이용해 평균 접속회수를 구하면 $np_4 = np_5 = 1.677, nw_4 = nw_5 = 1.677$ 과 같다. 평균 사용시간은 TNAS를 통해 도착한 호와 동일한 시간을 사용한다고 가정한다. 계산 절차에 따라 초기 b_T 와 b_I 를 0으로 설정한다. PNAS와 WNAS 평균 시도 수는 0.125이다. 유형별 평균 시도 수와 평균 사용시간으로 유형별 호손율을 산출한다. 이 절차에 따라 PNAS와 WNAS 회선 비에 대한 tb_T, tb_I 를 산출하면 그림 6과 같다. 그림 6을 보면 tb_I 가 tb_T 에 비해 결과값이 크다. 그 이유는 PNAS와 WNAS 평균 접속회수가 TNAS 유형들에 비해 INAS 유형들이 더 크다. 따라서 접속회수와 관계있는 PNAS와 WNAS 시도 수, 평균 사용시간이 커진다. 이것은 결국 tb_I 가 tb_T 에 비해 커지는 결과를 가져온다. 그러나 유형별 평균 호손율을 보면 유형별 전이행렬과 도착률 그리고 사용시간을 동일하게 주었기 때문에 결과는 동일하다. 그림 6의 또 특징은 INAS 전체 평균 호손율은 시뮬레이션과 거의 일치하는데, TNAS 전체 평균 호손율은 약간 차이가 난다. 이유는 시뮬레이션을 수행한 접속회수 결과와 식 (3)으로 산출한 접속회수 결과에 차이가 발생하기 때문이다.

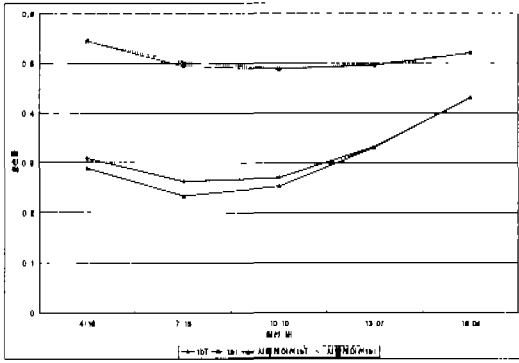


그림 6. TNAS회선 비에 따른 호손율 산출 결과

다음은 도착률과 회선 수 그리고 사용시간이 변화할 때 호손율 변화를 살펴본다. 변수가 변화할 때 TNAS와 INAS 전체 평균 호손율에 주는 영향을 파악하는 것이다. TNAS에 유형은 3개, INAS에 유형은 2개로 한다. 모든 유형의 전이행렬은 $\alpha_1 = 0.1$, $\beta_1 = 0.5$, $\gamma_1 = 0.2$, $\delta_1 = 0.2$, $i = 1, 2, 3, 4, 5$ 와 같이 동일하다. 그리고 도착률은 TNAS 경우 $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0.2$ 이며, INAS의 경우는 $\lambda_4 = \lambda_5 = 0.075$ 와 같다. 그리고 한 번 접속할 때 사용하는 유형별 평균 서비스 시간은 PNAS가 10초, WNAS가 15초라고 하자. 이 때 각 유형별 접속회수는 $np_1 = np_2 = np_3 = np_4 = np_5 = 0.805$ 회이며, $nw_1 = nw_2 = nw_3 = nw_4 = nw_5 = 1.125$ 회이다. 이 때 PNAS와 WNAS 회선 비가 서로 다를 때 INAS도착률과 사용시간을 바꿔가면서 tb_T 와 tb_I 를 산출한다. 먼저 INAS도착률이 변할 때 tb_T 와 tb_I 를 산출한 결과는 그림 7과 같다. 그림 7에서 INAS에 해당하는 유형별 도착률은 INAS 도착률을 유형 수로 나눈 것과 같다고 가정한다. 이 때 결과들을 보면 INAS도착률이 커지면서 tb_T 와 tb_I 역시 점점 커진다. 특히 도착률이 커져가면서 tb_I 는 급격히 증가하는 반면 tb_T 는 서서히 증가한다. 이것은 INAS 도착률이 TNAS 전체 평균 호손율에 영향을 줌을 의미한다. 도착률이 증가해 가면서 호손율을 최소로 하는 회선 비는 7대13에서 10대10으로 가까워진다. 또 다른 특징은 도착률이 커지면서 전체 평균 호손율이 회선 비에 관계없이 일정해진다. 이것은 도착률이 높으면 접속한 호가 손실될 확률이 평균적으로 높아짐을 의미한다.

다음은 평균 서비스 시간이 변해갈 때 tb_T 와 tb_I 값을 살펴본다. 수행 조건은 동일하고 WNAS평균 사용시간만 10초, 15초, 20초로 변해간다. 호손율에 대한 결과는 그림 8과 같다. 이 결과들을 보면 NAS

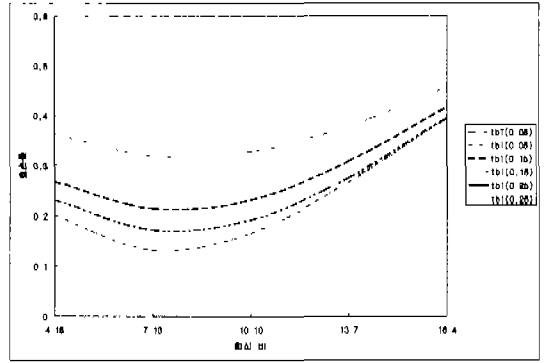


그림 7. INAS 도착률에 따른 호손율

용량 분배는 WNAS 평균 사용시간이 증가할수록 10대10에서 7대13으로 변해가고 있다. 또한 tb_T 와 tb_I 는 WNAS 평균 사용시간이 증가함에 따라 TNAS와 INAS 전체 평균 호손율 모두 증가하고 증가하는 간격도 일정하다. 도착률 증가와 마찬가지로 WNAS 평균 사용시간에 의해 TNAS 전체 평균 호손율 역시 많은 영향을 받는다. 그림 7과 비교해 보면 TNAS 전체 평균 호손율은 도착률보다는 평균 사용시간에 더 많은 영향을 받는다.

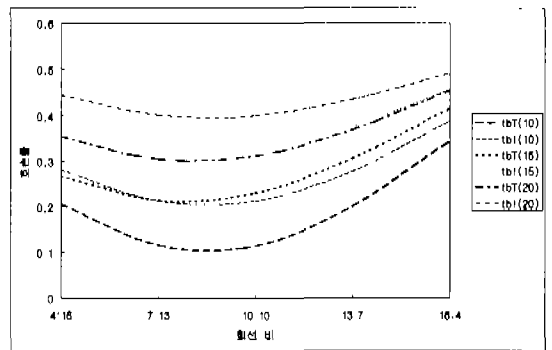


그림 8. WNAS 서비스 시간에 따른 호손율

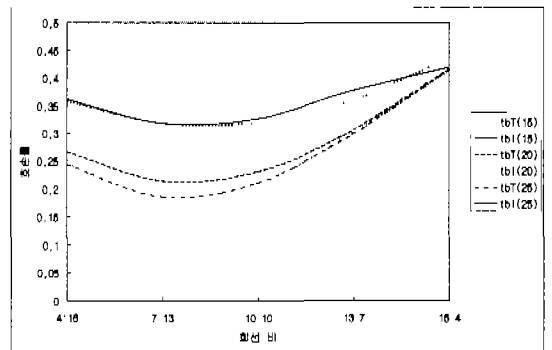


그림 9. TNAS 회선 변화에 따른 호손율

다음은 회선 수 변화에 따른 호손율을 살펴보자. 회선 수는 TNAS 회선이 15회선, 20회선, 25회선으로 변화할 때 전체 평균 호손율에 미치는 영향을 살펴본다. 그 결과는 그림 9와 같다. 이 그림을 보면 TNAS 회선이 증가할수록 h_T 는 증가하나 증가하는 폭은 점점 감소한다. 그리고 TNAS 회선 수는 INAS의 호손율에는 전혀 영향을 주지 않는다. 그리고 회선이 증가할수록 PANS와 WNAS 회선 용량 분배는 10대10에서 7대13으로 옮겨간다.

V. 결론

전화망과 ISDN망을 통해 발생된 PC통신과 인터넷의 사용자 호는 AICPS에 호 접속을 요구한다. 이 때 AICPS은 사용자가 요구한 호를 적절히 배분하여 패킷망과 인터넷망을 통해 사용자가 선택한 정보제공자나 CP(Content Provider)에게 호 접속을 요구한다. 호의 접속이 완료되면 PC통신과 인터넷 사용자는 AICPS의 호 증계를 통해 온라인 통신서비스를 이용할 수 있게 된다. 현재 서비스가 급격히 증가되고 있는 ISDN 서비스와 사용자의 성향에 접속 속도를 고려한 유형별 이용성향을 고려하여 PC통신과 인터넷을 동시에 사용하는 모형을 제안하였다. 사용자의 이용성향은 마코프 과정을 통해 분석하였으며 PC통신과 인터넷을 동시에 사용하는 경우를 고려하여 확률배낭(Stochastic Knapsack)방법과 순환 알고리즘을 이용하여 전체 호손율을 최소화하는 수리적 형을 제안하였다. 이 논문은 이중망 통신환경에서 호 제어와 증계기능을 수행하는 AICPS의 호 접속을 위한 모형을 모델링하였으며, 이에 대한 성능분석을 분석적 방법과 시뮬레이션 방법으로 전체 호손율을 최소화 하는 통신망 정합노드의 최적용량 배분방식을 제시하였다.

향후에는 실제 사용자의 브래퍼 특성을 분석하여 이를 유형별 전이확률에 반영해서 각 전달망 정합노드의 용량분배 모형에 미치는 영향과 각 정합노드는 서로 밀접한 영향을 주기 때문에 단일 모형으로 모델링하는 방법도 연구해야 할 것이다. 또한 전달망인 패킷망과 인터넷망이 서로 다른 특성을 갖고 있기 때문에 이를 반영한 모델링도 함께 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Kaufman, J. S., "Blocking in a shared resource environment," IEEE Transactions on communications, Vol. COM-29, No.10, pp.1474-1481, 1981.
- [2] Keith W. Ross, Multiservice Loss Models for Broadband Telecommunication Networks, Springer-Verlag London Ltd, 1995.
- [3] Ronald W. Wolff, Stochastic Modeling and The Theory of Queues, Prentice Hall, 1988.
- [4] Ross, K. W. And Tsang, D. H. K., "The stochastic knapsack problem," IEEE Transaction on Communications, Vol.37, No.7, pp.740-747, 1989.
- [5] Yutaka Takahashi, Hideo Miyahara and Toshiharu Hasegawa, "An Approximation Method for Open Restricted Queuing Network," Operations Research, pp. 594-602, 1979.
- [6] 김병무, 이영호, 김영휘, 김유환, 박석지, 김주성, "PSTN과 PSDN을 연결한 데이터 통신망의 회선할당에 관한 연구," 대한산업공학회지, 제24권 2호, 1998년 6월.
- [7] 김영입, 김유환, 이영호, 김영휘, 류근호 "복합 이중망 연동시스템에서 망정합장치의 회선 용량 분배에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, 제24권 4호, 1999년 4월.
- [8] 한국전자통신연구원, "개방형 대용량통신 처리 시스템 개발," 최종연구보고서, 1997년.
- [9] 한국통신, "PC통신망 모델링 및 성능분석 연구," 최종연구보고서, 1998년.
- [10] 홍용표, 김영한, "이단 서비스 접속의 PC통신망의 성능분석," 한국통신학회 논문지, 제21권 3호, 1996년 3월.

김 영 일(Youngil Kim) 정회원

1984년: 전남대학교 계산통계학과 (학사)

1986년: 한국의국어대학교 경영정보대학원 (석사)

1999년: 충북대학교 전자계산학과 (박사)

1986년~현재: 한국통신 통신망연구소 PC통신망관리
연구실장

<주관심 분야> 데이터통신망 설계, 트래픽 이론, 데이
터베이스,네트워크 관리

김 찬 규(Changyu Kim)

1994년: 홍익대학교 산업공학과(학사)

1996년: 고려대학교 산업공학과(석사)

1996년~1997년 8월: 기아자동차, 근무

1998년~현재: 고려대학교 산업공학과 박사과정 재학
중

<주관심 분야> 통신망 모델링 및 성능분석, 트래픽 엔
지니어링, 통신경영

이 영 호(Youngho Lee)

1984년: 서울대학교 산업공학과 (학사)

1986년: 서울대학교 산업공학과(석사)

1992년: Virginia Tech. University 산업시스템공학
(박사)

1992년~1997년: US WEST Advanced Tech. Boulder,
Colorado, USA 연구위원

1997년~현재: 고려대학교 산업공학과 부교수

<주관심 분야> 통신망설계, 통신경영, O.R

김 영 휘(Younghui Kim)

한국통신학회논문지 제 24권 제 4B 호 참조

류 근 호(Keunho Ryu)

한국통신학회논문지 제 24권 제 6B 호 참조