

서비스제어시스템의 성능분석에 관한 연구 A Study on the Performance Analysis of Service Control Point

조 한 벽*
권 순 준**
임 덕 빈***
김 재 련****

ABSTRACT

The performance analysis and capacity planning of Service Control Point which is real time response system is studied. The system is modeled by multiclass open queueing network. The analytical method is used to solve the queueing network.

The solution of the model has product form solution. The focus of this paper is to investigate the capacity of system under the restriction of response time. To get the reasonable capacities, nonlinear programming problem is formulated and is solved by GINO. And the simulation model using SLAM II is formulated.

1. 서 론

현재 통신의 발전을 촉진하는 두가지 큰 원동력은 정보서비스를 요구하는 집적적 수요증가와 이를 뒷받침할 수 있는 놀라운 기술발전추세이다. 이러한 힘이 통신과 컴퓨터를 통합(C & C)시켜 정보화사회의 도래를 촉진하고 있다. 이러한 통합은 새로운 망기능을 지닌 망요소들을 도입함으로써 가능해지고 있으며, 이로 인해 보다 강력한 정보처리기능과 기능성 및 유연성을 지닌 망으로 발전되고 있다. 또한 최근 컴퓨터 시스템이 발달함에 따라 시스템의 특성을 연구하기 위하여 대기이론을 이용한 분석이 확대되고 있으며, 대기망은 멀티프로그래밍, 시분할컴퓨터시스템을 분석하는 중요한 모델이다. 지난 몇년간 이 적용분야에 대한 연구에서 컴퓨터 시스템의 중요한 양상을 포함하는 다양한 모델이 개발되었다. [6] 일반적으로 대기시스템을 묘사하는데 필요한 특성으로 고객의 도착형태, 서버의 서비스 형태, 대기 정책, 시스템 용량 등을 들 수 있다. [5]

Jackson은 일반망의 단일 등급(class)에 대한 평형상태 분포를 개발하였다. [7] 이 모델에서 서비스센터는 임의형태로 연결될 수 있다. 고객은 서비스센터를 떠날 때에 그 센터에서의 전이확률에 따라 다음 서비스 센터를 선택한다. Jackson 모델은 시스템 외부로부터의 도착과 이탈을 허용한다. 이 모델은 컴퓨터시스템 모델로서 2가지 기본적 제한이 있다. 하나는 모든 고객이 동일한 규칙을 따르는 것이고 또 하나는 모든 서비스 시간분포가 지수분포라는 것이다. Gordon과 Newell은 일반망의 단일 등급(class)에 대한 평형상태분포를 개발하였는데 특히 폐쇄망 모델의 안정상태를 설명하는 균형방정식의 해를 곱형태(product form)로 명확하게 만들었다. [4] Jackson 망에서 고려될 수 있는 하나의 방향은 망 노드 사이에 전송(travel) 시간을 포함하는 것이다. 물론 이것은 다른 노드로 항상 모형화될 수 있다. 그러나 대부분 이것은 충분한 서버를 보유한 노드이다. Jackson망의 중요한 확장분야는 여러 등급의 고객을 허용하는 망을 다루는 것이다. 다등급 Jackson 망은 여러 등급의 고객이 있는 Jackson 망으로서 각 등급별로 고객은 자체적 평균도착률과 전이구조를 가진다. 또한 그 노드에서 평

*한국전자통신연구소 기획관리부 연구원

**한국전자통신연구소 지능망시스템연구실 연구원

***한국전자통신연구소 지능망시스템연구실 실장

****한양대학교 산업공학과 교수

접수일 : 1990. 11. 8.

균서비스 시간은 고객이 속한 노드의 특정한 고객 형태에 따를 것이다. Baskett 등은 다등급 Jackson 망을 확장하여 프로세스분할(process sharing), 다수(ample) 서비스 및 LCFSPR 서비스정책에 대하여 곱형태 해를 얻는 BCMP 모형을 개발하였다. [1] 그들은 일부 고객에게는 개방이고 일부는 폐쇄인 망을 허용하였다. 또한 고객은 확률분포에 따라 해당노드에서 서비스종료후 등급을 바꿀 수 있다. 즉 어떤 노드에 있는 등급 A의 고객은 서비스 종료후 등급 B의 고객으로 다른 노드에 갈 수 있다는 것이다. 외부의 포아송 입력은 시스템의 상태에 따라 바뀔 수 있고 서비스 분포는 단계-형태(phase-type)일 수 있다. 그들은 또한 다수 서버가 있는 FCFS 노드를 고려하였다. 그러나 여기서 모든 고객의 서비스 시간은 동일한 지수분포이어야 한다. 즉 이 노드에서 모든 고객의 형태는 같고 서비스 시간은 지수분포이다.

본 논문에서는 공통선 신호망에서 중요한 요소중의 하나인 서비스제어 시스템을 BCMP 모형중의 다등급 개방 대기망(Multiclass Open Queueing Network)으로 모델링하였다. 노드사이의 전송시간을 하나의 노드로 모형화하여 시스템의 안정상태 확률을 구하였고, 통화 처리시간을 일정시간이내로 만족시키면서 서비스를 제공하는 시스템의 용량을 결정하는 문제를 다루었다. 본 시스템에 대하여 분석적 방법을 이용하여, 각 서브시스템의 반응시간을 합산하여 시스템의 반응시간을 구하였고 용량을 산출할 수 있도록 속도와 이용률과 용량과의 관계를 비선형계획 문제로 만들었으며 이 결과를 분석하여 적정 용량을 제시하였다.

구성 내용을 살펴보면, 다음 절에서는 시스템 개요를 설명하였고, 제3절에서 시스템을 대기모형으로 설정하여 이에 대한 적정 용량을 산출하는 해법을 살펴보았다. 제4절에서 수치 예제 및 시뮬레이션 결과를 보인 다음, 제5절에서 결론을 기술하였다.

2. 시스템 개요

본 논문에서 대상으로 하고 있는 서비스제어시스템의 구조에 대하여 간략히 기술하면 다음과 같다. 최근 공통선신호망은 종합정보통신망(ISDN)을 수행하기 위하여 광범위하게 연구되고 있다. [2] 고도화된 망은 교환기

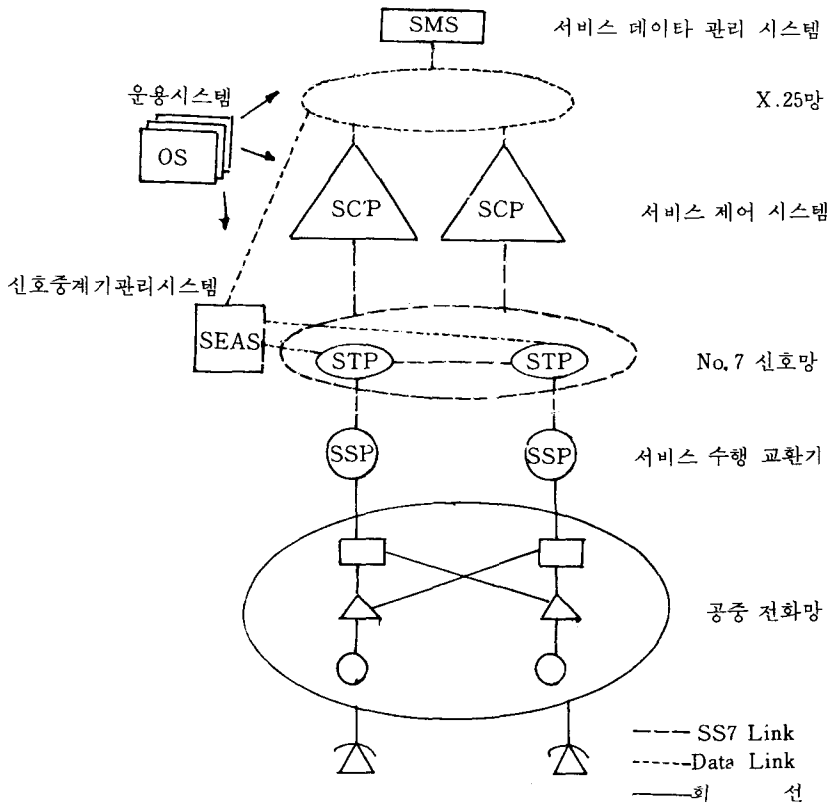


그림 1. 지능망의 구조

혹은 망내 특수센터들 상호간에 트랜잭션제어 및 보조 서비스들을 제공하기 위해 공통선 신호방식이라는 별도의 분리된 신호채널을 이용하고 있으며, 관련정보를 제공하는 통신기능과 집중화된 데이터베이스를 사용한 고급 망제어기능 등이 기반을 이루고 있다. 공통선 신호방식과 망제어 기능은 다양한 신규 망서비스들을 용이하고 신속하게 도입하고 가입자의 특정 요구조건을 신속하게 만족시켜주는 망을 구성하며 서비스 도입에 모듈성(modularity)을 제공한다. 모듈성이란 서비스 제공자 및 사용자가 망서비스를 선별적으로 조합 또는 선정하여 원하는 서비스를 제공 또는 이용할 수 있도록 망서비스의 기본 요소를 세분화하는 것을 말한다. 이러한 망을 지능망이라고 하는데 지능망에서는 새로운 서비스들이 망에 자연스럽게 접합될 수 있도록 서비스를 기능적으로 구성한다.

지능망의 기본적인 구성요소로는 서비스수행 교환기(Service Switching Point), 신호중계기(Signal Transfer Point), 서비스제어 시스템(Service Control Point), 신호망(Common Channel Signaling Network) 그리고 서비스관리 시스템(Service Management System) 등이 있으며 그림 1과 같다. [15]

2.1 서비스제어 시스템의 특성

서비스제어시스템은 공통선 신호망을 이용한 망 서비스중에서 부가서비스 제공을 위한 지능망의 구성 요소로서 서비스 가입자의 제어정보를 이용하여 서비스를 제어하는 시스템이다. 서비스제어시스템은 적절한 전화처리 정보를 결정한 다음 이 전화를 발송한 원래 신호중계기로 공통선신호망을 통해 반응을 돌려보내는 기능을 수행한다. 다이얼된 서비스 번호는 실제 트랜잭션 루팅을 위한 번호가 아니므로, 트랜잭션 번역 기능에 의해서 서비스 가입자의 여러 정보를 저장한 집중화된 데이터베이스로 다이얼된 서비스 번호가 전달되어 접속 가능한 착신측 전화번호로 변환된다. 이때 서비스제어 시스템으로 연결되는 전화망의 서비스수행 교환기는 서비스제어시스템에 이 서비스 번호에 대한 문의를 하고 서비스제어시스템으로부터 트랜잭션 접속 가능한 착신측 전화번호를 받아 최종적으로 트랜잭션의 루팅이 이루어진다.

서비스호 연결 순서는 그림 2와 같다. [13]

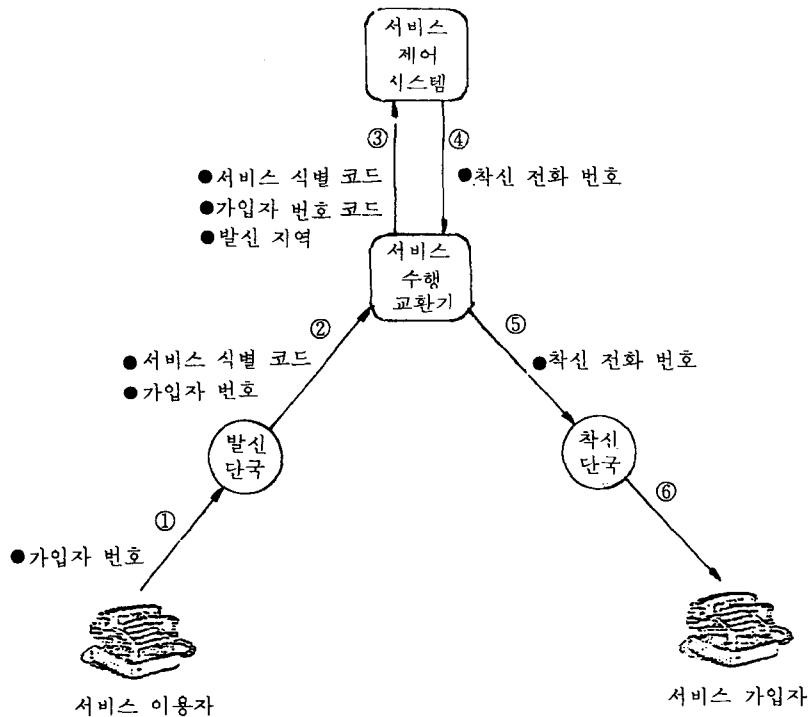


그림 2. 서비스 호의 연결 순서

본 논문에서는, 일반 통화에서 서비스수행교환기만을 거쳐 통화가 이루어지는 것과는 달리, 특수서비스제공을 위한 서비스수행교환기 사이 즉 ③과 ④의 반응시간에 관심을 두었으며, 서비스제어시스템 각 부분의 H/W 요구사항을 정의하여 적절한 용량을 결정하고자 하였다.

2.2 서비스제어시스템의 기본요구사항

서비스제어시스템의 대부분 요구사항은 공통선 신호망을 이용하는 지능망의 다른 시스템의 요구사항과 유사하다. 서비스제어시스템도 신뢰도, 정확도, 사용자에 의해 결정된 처리율(throughput)에 대한 엄격한 요구사항을 충족시켜야 한다. 현재 미국에서 제공되고 있는 수취인 요금부담 서비스인 800서비스에 대하여 Bellcore는 사용자를 위하여 다음 특성을 추천하고 있다. [14]

- (1) 고장시간은 1년에 총 3분을 넘지 않을 것
- (2) 1초당 200 질문이상을 처리할 것
- (3) 평균 반응시간 0.5초 이하이고 사용자 요구에 대한 반응시간은 1초 이하에 99%를 처리할 것

본 논문에서는 초당 200질문을 처리하는 것과 반응시간을 0.5초 이내로 하는 것을 고려하였다. 서비스제어시스템에서 처리해야할 입력 메시지는 질의(query)이며, 이 트랜잭션(transaction)의 특징은 판독 트랜잭션이 대부분으로 본 논문에서는 판독 트랜잭션만이 존재하는 것으로 고려하였다. 트랜잭션의 실행순서는 선입선출 방식과 프로세스 분할정책의 혼합형이며 트랜잭션의 우선권은 없다.

서비스제어시스템은 성능, 운용 및 상호연결관리의 요구사항을 만족시키기 위한 노드 소프트웨어와 각 서비스에 대한 응용 소프트웨어를 포함한다. 높은 가용성과 결점방지는 주 서비스제어시스템과 부 서비스제어 시스템을 동시에 사용하므로써 달성된다. 따라서 신호망은 시스템에 고장이 발생하는 경우 부 서비스제어시스템에 전송토록하여 신뢰도를 높이는 구조로 설계되어야 할 것이다.

3. 모델설정

3.1 기호 정의

본 논문에서 사용되는 기호는 다음과 같다.

- λ : 시스템 도착률
- μ_{11} : DB로 향한 작업의 FEP 서비스율
- μ_{21} : FEP에서 BEP로 가는 LINK의 서비스율
- μ_{31} : DB로 향한 작업의 BEP 서비스율
- μ_{41} : DB의 서비스율
- μ_{32} : 시스템 밖으로 향한 작업의 BEP 서비스율
- μ_{22} : BEP에서 FEP로 가는 LINK의 서비스율
- μ_{12} : 시스템 밖으로 향한 작업의 FEP 서비스율
- $P_i(n_i)$: i 노드에 n_i 작업이 있을 확률
- C : 표준화 상수
- $d(S)$: 시스템 상태에 따른 함수
- $g_1(n_1)$: 노드 1의 작업 형상에 따른 함수
- $g_2(n_2)$: 노드 2의 작업 형상에 따른 함수
- $g_3(n_3)$: 노드 3의 작업 형상에 따른 함수
- $g_4(n_4)$: 노드 4의 작업 형상에 따른 함수
- ρ : 이용률(traffic intensity)
- r : λ / μ
- K_i : i 노드에 서비스 용량 또는 서버 수
- P_{0i} : i 노드에 작업이 하나도 없을 확률
- $IDLE_j$: j 노드에서 하나 이상의 서버가 서비스를 하지 않고 있을 확률
- W_j : j 노드에서의 반응시간

3.2 대상모형

본 모형을 묘사하는데 필요한 사항을 대기시스템의 특성별로 살펴보면 다음과 같다.

- 고객의 도착형태는 지수분포이다.
- 서버의 서비스 형태는 지수분포이나 등급에 따라 서비스율이 다를 수 있다.
- 대기 정책은 프로세스 분할정책과 FCFS이다.

이 절의 주요목적은 특정 모델에서 처리가 요구되는 질의들이 추천된 반응시간을 만족시키면서 수행될 수 있는지를 보이는 것이며, 서비스제어시스템의 여러가지 처리 용량을 검토하여 최적의 서비스제어시스템 용량을 찾고자 하는 것이다.

본 논문에서 분석하고자 하는 시스템은 실시간처리 시스템으로 그림 3과 같이 모형화될 수 있다.

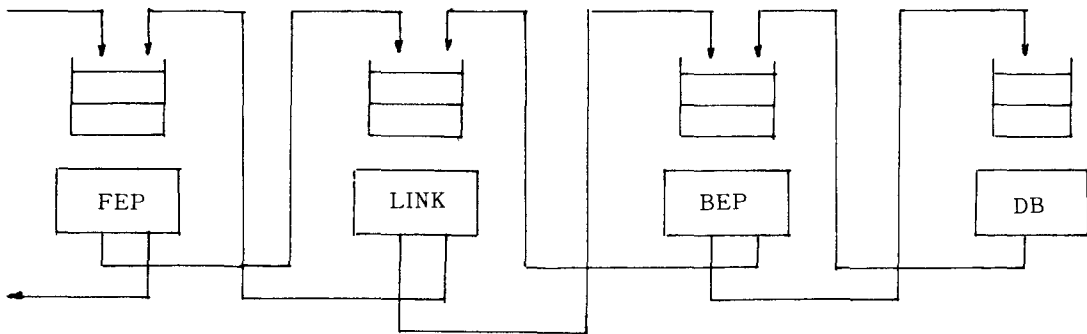


그림 3. 실시간처리 시스템의 구조

도착한 트랜잭션에 대한 경로를 따라가 보면 도착한 트랜잭션은 4노드 중의 한곳에 있을 것이고, 시스템상태는 이산모수의 마코프체인으로 모형화할 수 있다. 서비스정책에 있어 FEP(노드 1)와 BEP(노드 3)는 프로세스분할정책이 사용되고 Link(노드 2)와 DB(노드 4)는 선입선출(First Come First Service) 정책이 사용된다. 이 모형은 다등급 개방 큐잉망으로서 외부도착률과 서비스창구에서 서비스율은 모두 지수분포를 따르는 것으로 가정하였다.

다등급 개방망에 대한 곱형태 해를 얻기 위한 방정식을 표시하면 식 (1)과 같다.

$$\sum_{(i,r) \in E_k} e_{ir} P_{ir,js} + q_{js} = e_{js} \quad (j, s) \in E_k \quad (1)$$

$P_{ir,js}$: 작업이 i 노드 r 등급에서 j 노드 s 등급으로 갈 확률

q_{js} : 외부입력확률

e_{ir} : i 노드 r 등급에 대한 변수 $i=1, 2, 3, 4, r=1, 2$

e_{js} : j 노드 s 등급에 대한 변수 $j=1, 2, 3, 4, s=1, 2$

이다.

본 모형의 트랜잭션에 대한 전이확률은 다음과 같다.

$$P_{ir,js} = \begin{bmatrix} 0 & 11 & 21 & 31 & 41 & 32 & 22 & 12 \\ 0 & 1 & & & & & & \\ 11 & & 1 & & & & & \\ 21 & & & 1 & & & & \\ 31 & & & & 1 & & & \\ 41 & & & & & 1 & & \\ 32 & & & & & & 1 & \\ 22 & & & & & & & 1 \\ 12 & 1 & & & & & & \end{bmatrix}$$

따라서 본 시스템의 곱 형태 해를 얻기 위한 방정식을 표시하면 다음과 같다.

$$[e_0, e_{11}, e_{21}, e_{31}, e_{41}, e_{32}, e_{22}, e_{12}] \begin{matrix} 0 & 11 & 21 & 31 & 41 & 32 & 22 & 12 & T \\ 0 & & & & & & & & \\ 11 & & & & & & & & \\ 21 & & & & & & & & \\ 31 & & & & & & & & \\ 41 & & & & & & & & \\ 32 & & & & & & & & \\ 22 & & & & & & & & \\ 12 & & & & & & & & \end{matrix} = e_{js}$$

이에 대한 수식을 풀면 $e_{11}=e_{21}=e_{31}=e_{41}=e_{32}=e_{22}=e_{12}=1$ 이 된다.

실질적으로 식 (1)에서 e_{ir} 은 시스템에서 작업이 등급 r 로 서비스센터 i 를 방문하는 평균회수를 나타낸다. 식 (1)의 해는 시스템이 개방인 경우 유일하게 주어진다. [12] BCMP 모형의 결과를 적용하는 모든 경우에 독립 균형방정식은 $|e_{ir}|$ 에 대한 방정식을 정의하는 것으로 단순화된다.

시스템상태를 각 창구의 총작업수로 단순화하면, 즉 $S=(n_1, n_2, n_3, n_4)$ 라 하면

$$P(S)=C d(S) g_1(n_1) g_2(n_2) g_3(n_3) g_4(n_4) \tag{2}$$

가 된다.

식 (2)에서 표준화상수 C 를 구하면 다음과 같다.

$$C^{-1} = \sum_{n_1=0}^{\infty} \sum_{n_2=0}^{\infty} \sum_{n_3=0}^{\infty} \sum_{n_4=0}^{\infty} \left(\prod_{i=1}^4 \lambda^{n_i} g_i(n_i) \right) \\ = \left(\sum_{n_1=0}^{\infty} \lambda^{n_1} * h_1(n_1) \right) \left(\sum_{n_2=0}^{c-1} \frac{\lambda^{n_2}}{n_2!} * h_2(n_2) + \sum_{n_2=c}^{\infty} \frac{\lambda^{n_2}}{c^{n_2-c} * c!} * h_2(n_2) \right) \\ * \left(\sum_{n_3=0}^{\infty} \lambda^{n_3} * h_3(n_3) \right) \left(\sum_{n_4=0}^{\infty} \lambda^{n_4} * h_4(n_4) \right)$$

여기서

$$h_1(n_1) = (e_{11}/\mu_{11} + e_{12}/\mu_{12})^{n_1} = g_1(n_1) \\ h_2(n_2) = (e_{21} + e_{22})^{n_2} * (1/(2 * \mu_2))^{n_2} \\ h_3(n_3) = (e_{31}/\mu_{31} + e_{32}/\mu_{32})^{n_3} = g_3(n_3) \\ h_4(n_4) = (e_{41}/\mu_4)^{n_4} = g_4(n_4) \\ d(S) = \lambda^S = \lambda^{n_1} * \lambda^{n_2} * \lambda^{n_3} * \lambda^{n_4}$$

이다. 따라서

$$P_i(n_i) = \frac{\lambda^{n_i} h_i(n_i)}{\sum_{n_j=0}^{\infty} \lambda^{n_j} h_j(n_j)} = (1 - \rho_i) * \rho_i^{n_i} \quad i=1, 3, 4 \\ P_j(n_j) = \frac{\left(\frac{U(n_j) * \lambda^{n_j}}{n_j! * h_j(n_j)} + \frac{S(n_j) * \lambda^{n_j}}{c^{n_j-c} * c! * h_j(n_j)} \right)}{\left(\sum_{n_j=0}^{c-1} \frac{\lambda^{n_j}}{n_j! * h_j(n_j)} + \sum_{n_j=c}^{\infty} \frac{\lambda^{n_j}}{c^{n_j-c} * c! * h_j(n_j)} \right)} \quad j=2$$

여기서

$$U(n_j) = \begin{cases} 0 & n_j \geq c \\ 1 & n_j < c \end{cases} \\ S(n_j) = \begin{cases} 0 & n_j < c \\ 1 & n_j \geq c \end{cases}$$

가 된다.

3.3 반응시간과 용량을 포함한 비선형계획모형 설정

시스템내 각 부분의 평균 반응시간은 Little의 식을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다. [11]

$$E[R_j] = \frac{1}{\lambda} \frac{\rho_j}{1 - \rho_j}, \quad \rho_j = 1, 3, 4$$

여기서

$$\rho_j = \frac{\lambda}{K_j * (1/\mu_{j1} + 1/\mu_{j2})}, \quad j=1, 3$$

$$\rho_4 = \frac{\lambda}{K_4 * (1/\mu_{41})} \text{이다.}$$

$$E[R_2] = \frac{2}{\mu_2} + P_{02} * \frac{r_2^{K_2} * \mu_2}{(K_2 - 1)! * (K_2 * \mu_2 - \lambda)^2} * 2$$

여기서 $r_2 = \lambda / \mu_2$ 이다.

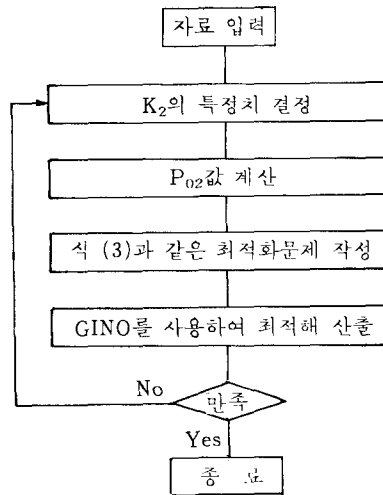
따라서 시스템의 총반응시간은 각 서브시스템의 반응시간을 합한 값이므로 다음과 같다.

$$E[R] = \sum_{j=1}^4 E[R_j]$$

본 논문에서는 시스템의 용량을 결정하는 것이 목적이므로 반응시간과 이용률 및 서버의 idle 비율을 제약식으로 하고, 용량 K_1, K_2, K_3, K_4 를 변수로 하여 해를 구하는 문제 (3) 같은 비선형계획모형이 형성될 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{Min } A * K_1 + B * K_2 + C * K_3 + D * K_4 \\ & E[R] \leq \text{요구반응시간} \\ & \rho_j \leq \text{이용률 한도}, \quad j=1, 2, 3, 4 \\ & \sum_{n_j=0}^{c-1} \frac{\lambda^{n_j}}{n_j! * h_j(n_j)} * P_{0j} \geq \text{idle 비율한도}, \quad j=2 \end{aligned} \tag{3}$$

위의 비선형계획문제 (3)을 만족시키는 해가 그림 3에 표시된 FEP, LINK, BEP, DB의 용량이 될 것이다. 이 문제를 해결하는 방법은 다음과 같다.



이상으로 주어진 반응시간을 충족시키면서 트랜잭션을 처리할 수 있는 용량 결정에 관한 해법을 살펴보았다.

4. 수치 예제

서비스제어시스템의 성능 특성에 대한 수치예제의 해를 구하기 위하여 다음과 같은 입력자료를 사용하였다.

$$\lambda = 200 \text{질의/초}$$

$$\frac{1}{\mu_{11}} = \frac{8000}{1000000} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{21}} = \frac{1}{6} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{31}} = \frac{15000}{1000000} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{41}} = \frac{25000}{1000000} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{32}} = \frac{12000}{1000000} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{22}} = \frac{1}{6} \text{초}$$

$$\frac{1}{\mu_{12}} = \frac{6000}{1000000} \text{초}$$

대기이론의 시스템 안정 조건 : $\rho < 1$
 FEP와 BEP의 이용률 상한 : 70%
 LINK의 유휴(idle) 서버의 비율 : 30%

A : FEP의 MIPS당 단위비용 30
 B : LINK의 Socket당 단위비용 1
 C : BEP의 MIPS당 단위비용 50
 D : DB의 단위비용 50

입력자료를 바탕으로 각 부분의 이용률을 구하면 다음과 같다.

$$\rho_1 = 200 * \frac{14000}{(K_1 * 1000000)} = \frac{14}{5 * K_1}$$

$$\rho_2 = 200 * \frac{1}{(K_2 * 6)} = \frac{200}{6 * K_2}$$

$$\rho_3 = 200 * \frac{27000}{(K_3 * 1000000)} = \frac{27}{5 * K_3}$$

$$\rho_4 = 200 * \frac{25000}{(K_4 * 1000000)} = \frac{5}{K_4}$$

$$E[R_j] = \frac{1}{\lambda} \frac{\rho_j}{1 - \rho_j}, \quad j=1, 3, 4$$

$$E[R_2] = \frac{2}{\mu_2} + P_{02} * \left[\frac{\Gamma_2^{K_2} * \mu_2}{(K_2 - 1)! * (K_2 * \mu_2 - \lambda)^2} \right] * 2$$

각 경우에 대하여 총소요시간과 한 서버가 유휴상태일 확률 즉 도착하는 작업이 대기없이 서비스를 받을 수 있는 확률이 다음과 같이 계산되었다.

| 서버수 | 도착률 | 서비스율 | 소요시간 | 유희확률 |
|-----|---------|-------|------|--------------|
| 34 | 200.000 | 6.000 | .768 | .1313896E+00 |
| 35 | 200.000 | 6.000 | .473 | .3034871E+00 |
| 36 | 200.000 | 6.000 | .402 | .4481283E+00 |
| 37 | 200.000 | 6.000 | .373 | .5681918E+00 |
| 38 | 200.000 | 6.000 | .357 | .6665474E+00 |
| 39 | 200.000 | 6.000 | .348 | .7460051E+00 |
| 40 | 200.000 | 6.000 | .343 | .8092627E+00 |
| 44 | 200.000 | 6.000 | .335 | .9478594E+00 |
| 45 | 200.000 | 6.000 | .334 | .9637626E+00 |
| 49 | 200.000 | 6.000 | .333 | .9928322E+00 |

앞의 수치들을 대입하여 다음과 같은 비선형계획모형이 만들어진다.

$$\text{Min } 30 * K_1 + 1 * K_2 + 50 * K_3 + 50 * K_4$$

$$E[R] = \sum_{j=1}^4 E[R_j]$$

$$= \frac{1}{200} \left(\frac{14}{K_1 * 5} + \frac{27}{K_3 * 5} + \frac{5}{K_4} \right) + 2 * \left(\frac{1}{\mu_2} + P_{02} * \left[\frac{\Gamma_2^{K_2} * \mu_2}{(K_2 - 1)! * (K_2 * \mu_2 - \lambda)^2} \right] \right)$$

$$= \frac{1}{200} \left(\frac{14}{5 * K_1 - 14} + \frac{27}{5 * K_3 - 27} + \frac{5}{K_4 - 5} \right) + W_2$$

$$\rho_1 = 200 * \frac{14}{K_1 * 1000} \leq 0.7$$

$$\rho_2 = 200 * \frac{1}{K_2 * 6} < 1.0$$

$$\rho_3 = 200 * \frac{27}{K_3 * 1000} \leq 0.7$$

$$\rho_4 = 200 * \frac{250}{K_4 * 1000} \leq 0.7$$

$$\text{IDLE}_2 \geq 0.3$$

본 비선형계획문제를 GINO를 이용하여 해결하였다. GINO는 LINDO SYSTEMS INC.에서 제작한 비선형 최적화문제를 해결하는 소프트웨어 패키지이다. 본 논문에서는 실질적으로 모수에 대한 자료를 개별적으로 구하는 것이 현재까지 어렵기 때문에 근사한 데이터로 입력하여 해를 구하였는데, 그 결과를 간략히 살펴보면 다음과 같다.

| 서버수 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|-------|------|--------|--------|--------|--------|
| 총소요시간 | 2.43 | 0.4348 | 0.4051 | 0.3897 | 0.3907 |

이에 따라 비선형계획문제를 만족시키는 LINK의 숫자는 36부터임을 알 수 있었고, 이 문제의 최적값을 구해서 K_1 은 4.00, K_2 는 36, K_3 는 7.7, K_4 는 3을 얻었다. 목적함수식의 계수값은 시스템의 설치비용으로 해석될 수 있으며, 그 경우 목적함수식의 값은 본 시스템을 구축하는 최적의 비용이 될 것이다.

4.2 시뮬레이션 및 결과 비교

본 문제를 해결하고 보다 많은 정보를 얻기 위한 또하나의 방법으로 SLAM II를 이용한 시뮬레이션 모형을

설정하고 여러가지 경우에 대하여 반응시간과 성능의 통계치를 얻기 위해 시뮬레이션 실험을 시행하여 보았다. [10] 그 결과 프로세스 분할 형태의 큐면서 LINK에서 지수분포를 하는 경우는 분석적인 해보다 용량 및 서버 수에서 더 큰 값을 산출하고 있으며 실제적으로 FEP 및 BEP에서 FCFS 정책을 적용하고, 시스템의 운영과 유사한 LINK의 서비스 시간을 일정(Deterministic)한 것으로 시행하면 소요시간이 더 작아지는 결과를 보이고 있다. 따라서 지수분포의 경우가 일정시간에 대한 경우보다 더 큰 용량을 필요로함을 알 수 있다. 시뮬레이션을 통하여 얻은 결과를 정리하면 다음과 같다. 시뮬레이션의 수치결과는 0.5초 평균반응시간과 각 프로세서의 이용률을 70%이내의 요구사항을 충족시키는 용량이 분석적 해법의 결과보다 약간 큰 것으로 나타나고 있는데, FEP는 5 MIPS, LINK는 36개, BEP와 데이터베이스는 8 MIPS 프로세스를 사용하면 가능한 것으로 나타났다. 시뮬레이션 결과는 다음 표와 같으며, 참고적으로 부록에 시뮬레이션 프로그램을 수록해 놓았다.

| 구 분 (노드1, 2, 3, 4) | | 평 균 소요시간 | Q ₁ 이용률 | Q ₂ 이용률 | Q ₃ 이용률 | Q ₄ 이용률 |
|-----------------------|---------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 프로세스 분할 | 4, 36개(EXP), 8, 8 MIPS | 0.448 | .724 | 33.932 | .702 | .640 |
| | 5, 36개(EXP), 8, 8 MIPS | 0.448 | .642 | 34.492 | .700 | .639 |
| | 4, 36개(DET), 8, 8 MIPS | 0.388 | .725 | 34.024 | .710 | .640 |
| | 5, 36개(DET), 9, 9 MIPS | 0.377 | .641 | 34.025 | .633 | .569 |
| FCFS | 4, 36개(EXP), 8, 8 MIPS | 0.383 | .566 | 34.140 | .694 | .640 |
| | 4, 36개(DEP), 8, 8 MIPS | 0.369 | .566 | 34.037 | .692 | .640 |

*EXP : 지수분포, DET : 일정시간, MIPS : Million Instructions Per Sec

5. 결 론

본 논문에서는 종합정보통신망 구현을 위한 지능망의 한 부분인 서비스제어시스템에 있어 실시간 처리시스템의 용량 문제 및 반응시간을 연구하였는데 반응시간과 용량을 포함한 비선형계획모형 설정과 용량 계산 해법을 도출하였으며 용량결정까지의 과정을 수치 예로 보였다. 그 결과 FEP는 4 MIPS, LINK의 Socket은 36개, BEP와 데이터 베이스는 8 MIPS 컴퓨터로 구축하면 반응시간을 평균 0.5초 이내로 하고 서비스이용률을 70% 이내로 충족시킬 수 있을 것으로 예측된다. 또한 시뮬레이션을 통하여 얻은 특정한 수치를 분석적해와 비교해 보았는데 시뮬레이션 결과가 약간 높게 추정되는 것으로 나타났다.

또한 본 해법을 통하여 서비스율이 다른 종류의 서비스를 제공하는 시스템으로 성능을 고려할 수 있게 되었다. 향후 연구과제는 시스템의 성능 및 반응 시간을 예측하는 데 있어 트랜잭션의 종류가 다수인 경우와 대기상태의 버퍼 용량이 유한인 경우에 대한 시스템을 모형화하고 이에 대한 해를 구하는 기법에 대한 연구 등으로 확장될 수 있을 것이다.

REFERENCE

1. Baskett, F., Chandy, K. M., Muntz, R. R., and F. G. Palacios, "Open, Closed and Mixed Network of Queues with Different Classes of Customers," *J. ACM*, 22(2), pp. 248~260, 1975.
2. Choi, J. K., Jang, Y. M., and Y. H. Lee, "Queuing Network Analysis of STP System," *JCCW'88*, pp. 267~276, 1988.
3. Denning, P. J., and T. P. Buzen, "The Operational Analysis of Queueing Network Models," *Computing Surveys*, 10(3), pp. 225~262, 1978.

4. Gordon, W. J., and G. F. Newell, "Closed Queuing Systems with Exponential Servers," *O. R.* 15(2), pp. 254~265, 1967.
5. Gross, D., and C. Harris, *Fundamentals of Queuing Theory*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1985.
6. Heidelberger, P., and S. S. Lavenberg, "Computer Performance Evaluation Methodology," *IEEE Tr. Computer*, C-33(13), pp. 1195~1220, 1984.
7. Jackson, J. R., "Networks of Waiting Lines," *O. R.* 5(4), pp. 518~521, 1957.
8. Kleinrock, L., *Queueing System, I, Theory*, John Wiley & Sons, 1975.
9. _____, *Queueing System, II, Computer Application*, John Wiley & Sons, 1976.
10. Pritsker, A. A., *Introduction to Simulation and SLAM II*, 3rd ed., John Wiley & Sons, 1986.
11. Trivedi, K. S., *Probability and Statistics with Reliability, Queueing, and Computer Science Application*, Prentice-Hall, 1982.
12. Reiser, M., and H. Kobayashi, "Queueing Networks with Multiple Closed Chains : Theory and Computational Algorithms," *IBM J. of R&D*, 19, pp. 283~294, 1975.
13. 김지선, "지능망 서비스제어 시스템 개념서", 한국전자통신연구소 지능망연구실, 1988.
14. 고병도, "SCP Overview", 한국전자통신연구소 지능망연구실, 1988.
15. 박치항, "지능망 구조", 1989년도 지능망 워크숍, 대한전자공학회, 1989.

부 록

SCP의 성능분석을 위한 시뮬레이션 모델(SLAM II)

```

GEN,GCC.,SCP,6/1/1990;
LIMIT,5,5,1000;
NETWORK;
    CREAT,EXPON(.005,1),,1;
    ASSIGN,XX(1)-XX(1)+1;
    ASSIGN,TRIB(2)-EXPON(.002);
    ASSIGN,TRIB(3)-EXPON(.001875);
    ACT,,,IQ1;
I12  ASSIGN,TRIB(2)-EXPON(.0015,2);
    ACT,,,IQ1;
END  COLCT,INT(1),TIME IN SYSTEM;
    TERM;
IQ1  QUE(1);
    ACT(1)/1,TRIB(2);
    GOON,1;
    ACT,,TRIB(4).EQ.2,END;
    ACT,,TRIB(4).EQ.0,IC;
IC   ASSIGN,TRIB(5)-TRIB(5)+1;
    ACT;
    GOON,1;
    ACT,0,TRIB(5).EQ.1,IQ2;
    ACT,0,TRIB(5).EQ.2,IB;
IQ5  QUE(5);
    ACT(38)/5,EXPON(.166667),,I12;
IQ2  QUE(2);
    ACT(38)/2,EXPON(.166667),,IC;
    
```

```
IB    ASSIGN, ATRIB(4)=ATTRIB(4)+1;
      ACT;
      GOON, 1;
      ACT, 0, ATRIB(4).EQ.1, IQ3;
      ACT, 0, ATRIB(4).EQ.2, I32;
I32   ASSIGN, ATRIB(3)=EXPON(.0015, 4);
      ACT, 0, , IQ5;
IQ3   QUE(3);
      ACT(1)/3, ATRIB(3)+EXPON(.003125, 5), , IB;
      ENDNET;
TIMST, XX(1), NUMBER IN SYSTEM;
INIT, 0, 30;
FIN;
```