

論文2002-39CI-1-2

분산처리시스템의 성능평가를 위한 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델 (Fuzzy BCMP Queueing Network Model for Performance Evaluation of Distributed Processing System)

秋奉助*, 曹廷輻**, 禹鍾鎬***

(Bong Jo Choo, Jung Bok Jo, and Chong Ho Woo)

요 약

분산처리시스템에서 작업의 도착률과 서비스요구, 그리고 서버의 서비스를 등이 네트워크환경에 따라 모호성을 갖는 경우, 시스템의 성능을 평가할 수 있는 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델을 제안하였다. 이 모델은 시스템외부로부터 작업의 진입여부에 따라 개방형 및 폐쇄형으로 분류하고, 퍼지요소들을 처리할 수 있는 퍼지평균값분석방법을 사용하여 작업평균소요시간, 시스템내 작업수 및 서버활용률 등의 시스템성능을 평가할 수 있는 측도를 각각 유도하였다. 이들의 유효함을 검증하기 위하여 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델에 작업의 퍼지도착률, 클라이언트 수 및 퍼지서비스요구에 따른 시스템의 성능분석을 개방형과 폐쇄형으로 각각 시뮬레이션하였다. 그 결과 예측된 시스템의 성능평가와 일치함을 보였다.

Abstract

We propose the fuzzy BCMP queueing network model for the performance evaluation of distributed processing system with the ambiguous arrival rates of job, service requirements, and service rates of server by the network environments. This model is classified as the open and closed type whether or not the network accepts jobs from the system outside. We derived the measures for system performances such as the job average spending time, average job number in the system and server utilizations using fuzzy mean value analysis which can process the fuzzy factors for both types. Computer simulation was performed for verifying the effectiveness of derived equations of performance evaluation. The fuzzy BCMP queueing network model was evaluated according to the fuzzy arrival rates of job, the number of clients, and the fuzzy service requirements of job for each the open and closed type. The results were agreed with the predicted performance evaluations of the system.

* 正會員, 金泉大學 컴퓨터情報處理系列
(Division of Computer Information Processing,
Kimcheon College)

** 正會員, 東西大學校 인터넷工學部
(Dept. of Internet & Computer Engineering., School
of System Engineering, Dongseo Univ.)

*** 正會員, 釜慶大學校 電子컴퓨터情報通信工學部
(School of Electrical and Computer Engineering,
Pukyong National Univ.)

接受日字:2001年9月5日, 수정완료일:2001年11月8日

I. 서 론

큐잉네트워크모델은 분산처리 및 네트워크시스템의 성능을 분석하기 위해 작업의 평균소요시간, 평균작업수, 서버활용률 등 각종 성능평가측도를 구할 수 있다. 이것은 작업이 시스템 외부로부터 시스템 내부로 진입 여부에 따라 개방형, 폐쇄형 그리고 혼합형으로 분류한다¹⁻³. 또한 작업들이 서로 다른 서비스요구와 서로 다른 서비스시간분포를 갖는 경우에는 BCMP(Baskett, Chandy, Muntz and Palacios) 큐잉네트워크모델⁴을

이용하여 시스템의 성능을 평가할 수 있다. 따라서 분산처리 및 네트워크시스템에서 작업이 시스템외로부터 서로 다른 서비스요구와 시간분포로 진입하는 경우, 시스템의 성능분석은 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델을 적용하며, 시스템 외부로부터 작업의 진입이 없고 제한된 자원을 갖는 시스템의 성능분석에는 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델을 적용한다.

한편 큐잉네트워크모델에서 작업의 평균도착률, 서비스요구 및 서버의 평균서비스률은 통신라인의 상태, 네트워크 트래픽, 서버의 상태, 요구한 작업형태 등에 따라 모호성을 보이기도 한다. 또한 새로운 시스템을 설계하거나 기존의 시스템에서 수집된 정보가 유용하지 못한 경우에는 시스템의 성능평가를 위해 각 요소에 확률분포를 적용하는 것보다는 가능성이론의 퍼지집합을 사용하여 성능분석을 하는 것이 보다 적합할 경우가 있다. 또한 기존의 분산처리시스템에 대한 성능평가 방법으로 사용한 큐잉네트워크모델^[1~3]은 작업이 동일한 서비스요구와 시간분포를 갖고, 작업의 도착률과 서버의 서비스률은 어떤 임의의 확률적 분포를 가진 것으로 가정하였다. 따라서 이러한 경우에는 퍼지집합이론을 적용한 다양한 퍼지큐잉네트워크모델로 성능을 평가하는 것이 적합하다.^[4~7]

본 논문에서는 작업이 서로 다른 서비스요구와 시간분포를 갖는 분산처리시스템의 성능분석을 위해 시스템 외부로부터 작업의 진입여부에 따라 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델로 분류하고, 이들 모델에 퍼지집합이론을 적용하여 네트워크환경에 따라 모호성을 갖는 시스템의 성능을 평가할 수 있는 퍼지큐잉네트워크모델로 확장하였다. 이 모델의 성능평가는 기존의 평균값분석방법에 퍼지요소들을 처리할 수 있는 퍼지평균값분석방법을 적용하여 작업의 평균소요시간, 시스템내에 존재하는 작업수 및 서버활용률 등을 구하였다. 유도된 성능평가측도의 유효함을 검증하기 위해서 퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 작업의 퍼지서비스요구에 대한 작업의 퍼지도착률, 클라이언트의 수에 따른 수치적인 실제 값을 각각 적용하여 시스템의 성능을 시뮬레이션하고, 그 결과를 고찰하였다.

II. 분산처리시스템과 큐잉네트워크모델

1. 집중형 분산처리시스템

분산처리시스템은 작업처리관점에 따라 호스트기반

처리, 주중속처리, 클라이언트/서버처리, 그리고 동배간 처리 등으로 나눌 수 있으며, 노드의 부하를 균등하게 재분산시키는 부하균등방법에 따라 집중형과 분산형으로 나눌 수 있다.^[8~10] 집중형 분산처리시스템은 시스템 내에 임의의 관리서버로 부하테이블을 유지하여 요구된 작업을 서버에게 적절히 재분배하기 때문에 구현이 용이하고 중요한 데이터의 이중화를 통해 신뢰성과 이용률을 높일 수 있다. 클라이언트/서버모델의 집중형 분산처리시스템의 구성은 그림 1과 같다. 여기서 집중형 분산처리시스템은 네트워크를 통해 서버의 부하를 균등하게 분배하기 위해 관리서버 S_0 를 두었으며, 각종 응용처리서버, 파일서버, 데이터베이스서버, 프린터 서버 등이 될 수 있는 S_1, \dots, S_K 의 서버들, 그리고 작업의 서비스요구와 서비스시간분포가 다른 클라이언트로 구성이 된다.^[9,10]

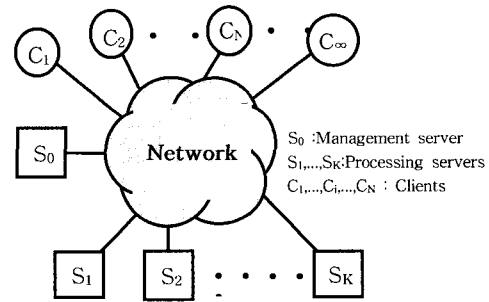


그림 1. 클라이언트/서버 집중형 분산처리시스템의 구성
Fig. 1. The structure of client/server centralized distributed processing system.

2. BCMP 큐잉네트워크모델

큐잉네트워크모델은 LAN을 비롯한 각종 네트워크와 멀티컴퓨팅 등 여러 종류의 네트워크 및 분산처리시스템의 성능을 평가하는 해석모델로 사용된다.^[1~7] 이것은 시스템 외부로부터 작업의 진입여부에 따라 개방형, 폐쇄형 및 혼합형으로 분류를 한다. BCMP 큐잉네트워크모델은 잭슨(Jackson) 큐잉네트워크^[11]를 일반화한 것으로 작업이 서로 다른 서비스요구와 서비스시간분포를 갖는 시스템의 성능평가에 사용된다. 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델은 작업이 시스템 외부로부터 서로 다른 서비스요구를 가지고 시스템에 진입하여 서버의 서비스를 받고 시스템을 떠나는 모델로 작업의 도착률과 서비스요구에 따른 시스템의 성능분석을 분석할 수 있다. 또한 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델은 외부로부터 진입하는 작업이 없기 때문에 작업이 서비스를 받

고 출력되어 다시 관리서버로 입력되는 것을 도착률로 해석하여 제한된 자원을 갖는 시스템의 성능분석에 사용한다. 또한 혼합형의 경우에는 개방형을 이용하여 시스템 성능을 평가할 수 있다.^[1~4]

BCMP 큐잉네트워크모델의 성능평가측도를 구하는 방법은 계산의 효율성과 편이성을 갖는 평균값분석방법을 사용한다. 이것은 리틀의 법칙(Little's law)과 도착정리(arrival theorem)를 근거로 작업의 평균소요시간, 시스템내에 존재하는 작업수, 서버의 활용률 등에 대한 평균값을 구하여 시스템의 성능을 평가할 수 있다.^[12~14]

3. 퍼지집합이론 및 퍼지리틀의 법칙

큐잉네트워크모델에서 네트워크 환경에 따라 모호성을 갖는 작업의 도착률, 서비스요구 및 서버의 서비스를 등에 퍼지집합이론을 적용하기 위해 계산의 편의성을 갖는 삼각형퍼지수(Triangular Fuzzy Number:TFN)를 사용한다.^[7,15,16] 임의의 퍼지집합 \tilde{A} 의 TFN은 3개의 값 $\langle a_l, a_m, a_r \rangle$ 표현되며 이들의 소속함수는 식 (1)과 같다.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < a_l \\ \frac{x-a_l}{a_m-a_l} & \text{for } a_l \leq x \leq a_m \\ \frac{a_r-x}{a_r-a_m} & \text{for } a_m \leq x \leq a_r \\ 0 & \text{for } x > a_r \end{cases} \quad (1)$$

또한 TFN $\tilde{A} = \langle a_l, a_m, a_r \rangle$ 와 TFN $\tilde{B} = \langle b_l, b_m, b_r \rangle$ 에 대한 산술연산과 퍼지방정식 $\tilde{X} \div \tilde{A} = \tilde{B}$ 의 해 \tilde{X} 는 식 (2), 식(3) 및 식(4)와 같다.

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = \langle a_l, a_m, a_r \rangle \cdot \langle b_l, b_m, b_r \rangle = \langle a_l b_l, a_m b_m, a_r b_r \rangle \quad (2)$$

$$\tilde{A} \div \tilde{B} = \langle a_l, a_m, a_r \rangle \div \langle b_l, b_m, b_r \rangle = \langle a_l / b_r, a_m / b_m, a_r / b_l \rangle \quad (3)$$

$$\tilde{X} = \tilde{B} \odot \tilde{A} = \langle b_r a_l, b_m a_m, b_l a_r \rangle \quad (4)$$

iff $b_l a_r < b_m a_m < b_r a_l$ when $\tilde{A} > 0, \tilde{B} \geq 0$

또한 퍼지리틀의 법칙은 비결정적이고 모호한 작업의 도착률과 장치의 서비스에 퍼지집합이론을 적용하여 시스템내에 있는 평균작업수와 작업의 평균소요시간을 계산할 수 있는 방법을 제공한다.^[5,7] 퍼지 리틀의 법칙에 따라 시스템내에서 작업이 소비하는 평균소요시간, \tilde{W} 는 식(5)와 같다.

$$\tilde{W} = \frac{\tilde{L}}{\lambda} \quad (5)$$

여기서 λ 는 작업의 퍼지도착률이며, \tilde{L} 은 시스템내에 존재하는 평균작업수이다.

III. 분산처리시스템의 성능평가를 위한 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델

분산처리시스템에서 작업의 도착률, 서버의 서비스를, 작업의 서비스요구 등은 어떤 임의의 확률분포로 표현될 수도 있으나, 통신라인의 상태, 서버의 상태, 서버에 요구한 작업형태, 네트워크에 연결된 장치간의 부하 등에 따라 비결정적이고 다양한 언어적인 형태로 표현될 수도 있다. 따라서 네트워크 및 시스템환경에 따라 모호성을 갖는 집중형 분산처리시스템에 퍼지평균값분석 방법을 통하여 작업의 평균소요시간, 시스템 내 작업수, 서버활용률 등의 성능평가측도를 구할 수 있는 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델을 유도한다.

1. 퍼지 BCMP 큐잉네트워크 모델의 구조

퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델은 시스템 외부로부터 작업의 진입여부에 따라 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델과 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델로 분류할 수 있다.

집중형 분산처리시스템을 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크로 모델링하면 그림 2와 같다. 여기서 작업은 모호성을 갖는 퍼지도착률과 퍼지서비스요구를 가지고 시스템 외부로부터 진입하여 서버의 서비스를 받고 시스템을 떠난다. 즉, 작업들은 네트워크를 통해 시스템의 부로부터 연결된 임의의 클라이언트나 서버에서 퍼지 도착률 λ 로 도착하여, 퍼지서비스를 $\tilde{\mu}_0$ 를 갖는 관리서버 S_0 에 진입된다. 관리서버에 도착한 작업들은 적절한 네트워크경로를 따라 퍼지서비스를 $\tilde{\mu}_k$ 와 퍼지분기확률 \tilde{p}_k 를 갖는 K개의 서버에 할당된다. K개의 서버에 할당된 작업들은 서버의 서비스를 받고, 그 결과는 관리서버나 다른 네트워크를 통해 전송된다.

퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델은 그림 3과 같이 작업이 시스템 외부로부터 진입하는 것이 없으며 서로 다른 퍼지서비스요구를 가지고 제한된 서버를 사용하기 위해 시스템을 순회하는 모델이다. 이것은 시스템외부로부터 작업의 진입을 허용하지 않아 작업의 서

비스를 받기 위해 경쟁하는 N 개의 클라이언트와 $K+1$ 개 서버로 구성된다. 작업들은 네트워크를 통해 N 개의 클라이언트에서 각 서버로 다른 서비스요구로 요청되어 하나의 관리서버 S_0 에 도착하여 K 개의 서버에 할당되어 처리된다. 처리된 결과는 관리서버나 네트워크를 통해 클라이언트로 출력된다.

그림 2와 그림 3에서 표시된 패스들은 고정된 경로를 갖는 것이 아니라 네트워크의 상황에 따라 통신시스템에 의해서 설정된다. 또한 퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에 사용되는 각 퍼지파라미터는 네트워크 및 시스템 환경에 따라 '높다', '보통이다', '낮다' 등의 모호한 언어적 표현을 갖는 TFN이다.

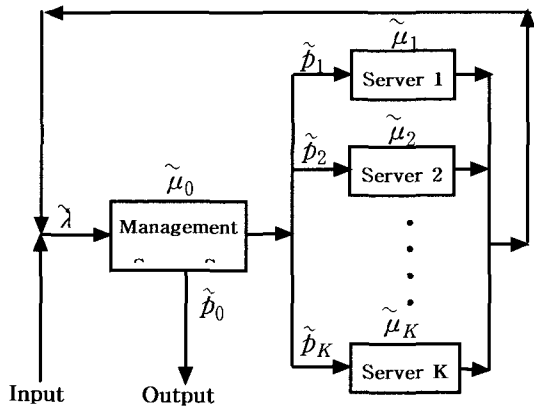


그림 2. 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델
Fig. 2. Fuzzy open BCMP queueing network model.

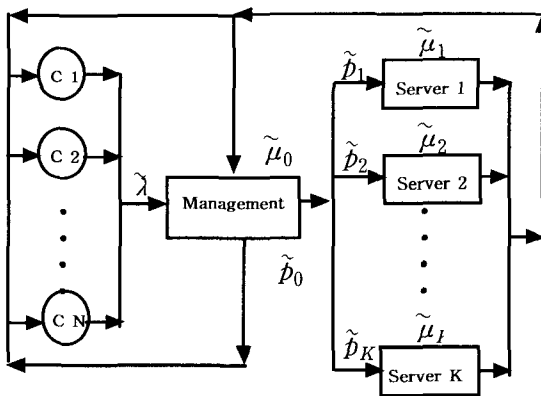


그림 3. 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델
Fig. 3. Fuzzy closed BCMP queueing network model.

2. 퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크 모델의 성능평가

집중형 분산처리시스템의 성능평가를 위해 모델링한 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크 모델에서 시스템의 성능평가는 퍼지도착률과 퍼지서비스요구를 갖는 작업에 퍼지리틀의 법칙과 도착정리에 근거한 퍼지평균값분석방법을 적용하여 작업의 평균소요시간, 시스템 내 작업수 및 서버활용률 등을 구한다.

퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델은 그림 2와 같이 $K+1$ 개의 서버로 구성되며, 작업은 시스템외로부터 퍼지도착률 λ 와 퍼지서비스요구 \tilde{D}_k 를 가지고 시스템내부로 진입한다. 또한 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델을 그림 3과 같이 서버와 클라이언트가 각각 $K+1$ 개와 N 개로 구성되며, 작업은 시스템 내부에 있는 N 개의 클라이언트에서 발생한다.

(1) 서버활용률 $\tilde{\rho}_k$

퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 도착한 작업을 처리하는 서버 k 의 활용률을 평가하는 측도이다. 이는 작업의 퍼지도착률 λ 와 해당서버에 요구한 작업의 퍼지서비스요구 \tilde{D}_k 를 이용하여 두 모델 모두 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$\tilde{\rho}_k = \lambda \cdot \tilde{D}_k \text{ for } k=0,1,\dots,K \quad (6)$$

여기서 작업의 퍼지도착률 λ 는 개방형의 경우에는 작업이 시스템 외부로부터 들어오기 때문에 알 수 있으나, 폐쇄형의 경우에는 외부로부터 도착하는 작업이 없기 때문에 작업의 도착률을 서버에 도착한 작업이 서비스를 받고 출력되어 다시 관리서버에 입력되는 것으로 해석한다.

따라서 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델의 작업의 퍼지도착률은 n 개의 각 클라이언트에서 발생한 작업이 서버에서 처리되기 위해 기다리는 작업의 평균소요시간과 사용자가 작업을 입력하기 위해 클라이언트를 동작하는 퍼지작업동작시간 Z 을 이용하여 식 (7)과 같다.

$$\lambda[n] = \frac{n}{\tilde{W}[n] + Z} \text{ for } n=1,2,\dots,N \quad (7)$$

여기서 $\lambda[n]$ 은 n 개의 각 클라이언트에 대한 작업의 퍼지도착률이고, $\tilde{W}[n]$ 은 n 개의 클라이언트를 갖는 시스템에서 작업의 평균소요시간이다. 또한 퍼지작업동작시간 Z 는 기존의 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서는 사용자의 작업동작시간을 평균값으로 가정을 하

였지만, 이는 사용자의 동작 특성상 ‘빠르다’, ‘보통이다’, ‘느리다’ 등의 퍼지값으로 표현하는 것이 적합하다. 따라서 최종적으로 N 개의 클라이언트와 $K+1$ 개의 서버를 갖는 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델의 퍼지도착률은 식(8)과 같다.

$$\lambda = \lambda[M] \quad (8)$$

(2) 작업의 평균소요시간 \bar{W}

작업의 평균소요시간은 시스템에 도착한 작업이 서버에 할당되어 작업의 처리를 완료하기 까지 소비하는 시간을 평가하는 측도이다.

퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 도착한 작업이 서버 k 의 서비스를 받기 위해 소비하는 작업의 평균소요시간, \bar{W}_k 는 서버 k 의 퍼지활용률 $\tilde{\rho}_k$ 과 퍼지 서비스요구 \tilde{D}_k 를 이용하여 식(9)와 같이 구할 수 있다.

$$\bar{W}_k = \frac{\tilde{D}_k}{(1 - \tilde{\rho}_k)} \text{ for } k=0, 1, \dots, K \quad (9)$$

이는 해당 서버의 활용률이 높을수록 서버의 작업부하가 증가되어 도착한 작업은 더 많은 시간을 시스템에서 소요하게 된다. 따라서 최종적으로 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 작업의 평균소요시간은 식 (9)에서 구한 각 서버들의 작업평균소요시간의 합으로, 이는 식 (10)과 같다.

$$\bar{W} = \sum_{k=0}^K \bar{W}_k \quad (10)$$

한편, 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델의 경우에는 n 개의 클라이언트를 갖는 시스템에서 작업이 서버 k 에서 소비하는 평균소요시간, $\bar{W}_k[n]$ 은 식 (11)과 같다.

$$\bar{W}_k[n] = \tilde{D}_k(1 + \tilde{L}_k[n-1]) \quad (11)$$

for $k=0, 1, \dots, K$, for $n=1, 2, \dots, N$

여기서 $\tilde{L}_k[n-1]$ 는 지금 도착한 작업 이전에 이미 서버 k 에 있는 작업수를 나타내며, 이것은 도착정리에 의해 지금 서버에 도착한 작업의 평균소요시간은 이전에 서버 내에 존재한 작업들이 모두 서비스를 받는 시간과 자신이 서비스를 받는 시간의 합이다. 따라서 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 작업의 평균소

요시간은 n 개의 클라이언트에 대한 각 서버에서의 작업평균소요시간의 합으로, 이는 식 (12)와 같다.

$$\bar{W}[n] = \sum_{k=0}^K \bar{W}_k[n] \quad (12)$$

그러므로 최종적으로 N 개의 클라이언트와 $K+1$ 개의 서버를 갖는 시스템 전체의 작업평균소요시간은 식 (13)과 같다.

$$\bar{W} = \bar{W}[N] \quad (13)$$

(3) 시스템내에 존재하는 작업수 \tilde{L}

시스템내에 존재하는 작업수는 퍼지리틀의 법칙에 의해 작업의 퍼지도착률과 평균소요시간을 알면 시스템내에 존재하는 작업수를 구할 수 있다.

퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 시스템내 존재하는 작업수는 시스템 외부로부터 도착한 작업의 퍼지도착률 λ 와 식(10)에서 구한 작업의 평균소요시간을 이용하여 퍼지리틀의 법칙 $\bar{W} = \frac{N}{\lambda}$ 의 퍼지방정식의 해를 구하는 방법에 따라 식 (14)와 같다.

$$\tilde{L} = \lambda \odot \bar{W} \quad (14)$$

이는 개방형의 경우에는 시스템내 작업수는 작업의 퍼지도착률을 직접 알 수 있기 때문에 퍼지작업의 평균소요시간만 구하면 쉽게 계산된다.

한편, 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델의 경우에는 클라이언트의 수와 도착정리에 따라 서버 내에 존재하는 작업수가 다르게 되기 때문에, n 개의 클라이언트에 대한 서버 k 내에 존재하는 작업수, $\tilde{L}_k[n]$ 은 식 (15)와 같고, 시스템내에 존재하는 작업수, $\tilde{L}[n]$ 은 이들의 합인 식 (16)과 같다,

$$\tilde{L}_k[n] = \lambda[n] \odot \bar{W}_k[n] \quad (15)$$

for $k=0, 1, \dots, K$, for $n=1, 2, \dots, N$

$$\tilde{L}[n] = \sum_{k=0}^K \tilde{L}_k[n] \quad (16)$$

따라서 최종적으로 N 개의 클라이언트와 $K+1$ 개의 서버를 갖는 시스템 전체에 존재하는 작업수는 식 (17)과 같다.

$$\tilde{L} = \tilde{L}[N] \quad (17)$$

IV. 수치 예 및 고찰

유도한 퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크 모델의 성능평가식들의 유효함을 확인하기 위하여 유닉스 환경에서 C 프로그램으로 수치적인 예를 적용하여 그 결과를 분석한다. 여기서 분산처리시스템은 4개의 서버로 구성이 되며, 도착한 작업이 서버 k 에 요구하는 퍼지서비스요구, \tilde{D}_k 는 표 1과 같이 '높다', '보통이다', '낮다' 등의 서비스요구시간에 대한 언어적인 표현에 대한 TFN값을 적용하였다.

표 1. 서버에 대한 작업의 퍼지서비스요구
Table 1. Fuzzy service requirements of job for servers.

| 서버 | 퍼지서비스요구 \tilde{D}_k |
|----|-----------------------|
| 0 | <0.012, 0.015, 0.017> |
| 1 | <0.010, 0.012, 0.014> |
| 2 | <0.004, 0.006, 0.009> |
| 3 | <0.003, 0.005, 0.006> |

1. 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크모델

분산처리시스템에서 서버의 수가 4개이고, 도착한 작업이 서버에게 요구하는 작업의 퍼지서비스요구 \tilde{D}_k 가 표 1과 같을 경우에 시스템외부로부터 도착하는 작업의 퍼지도착률 λ 의 변화에 따른 집중형 분산처리시스템의 퍼지작업의 평균소요시간, 시스템내 퍼지평균작업수 및 서버의 퍼지활용률에 대해 실제 값을 적용하여 계산하였다.

그림 4는 퍼지도착률 $\lambda = \langle 0.1, 0.3, 0.5 \rangle$ 에서 $\langle 119.6, 119.8, 120.0 \rangle$ 까지의 변화에 대한 작업의 평균소요시간에 대한 TFN 값의 범위를 구한 것이다. 이것은 식(9)에 의해 구해지며, 작업의 퍼지도착률이 증가할수록 작업평균소요시간도 서서히 증가하다가 어느 순간 이후부터는 급격히 증가하는 것을 보여준다. 이는 작업의 퍼지도착률이 높을수록 시스템으로 도착하는 작업수는 증가하고, 어느 순간이 되면 시스템처리률에 비해 도착하는 작업수가 너무 많아 시스템에서 대기하는 작업이 급격히 증가되어 작업평균소요시간도 급격히 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 5는 작업의 퍼지도착률에 따른 시스템내에 존

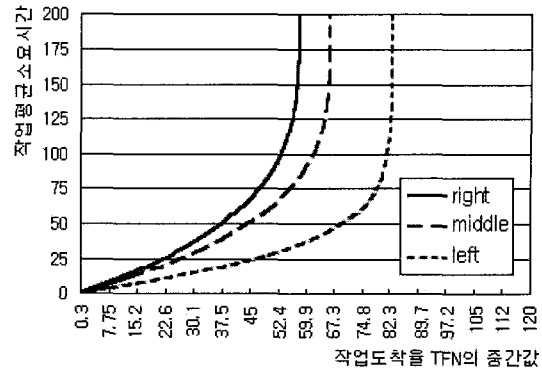


그림 4. 작업의 퍼지도착률의 변화에 따른 작업평균소요시간

Fig. 4. Job average spending time according to fuzzy job arrival rates.

재하는 작업수의 TFN 변화를 나타낸 것으로 퍼지도착률이 증가할수록 시스템내 작업수도 서서히 증가하다가 어느 순간 이후부터는 급격히 증가한다. 이는 작업의 도착률이 높을수록 시스템내에 더 많은 작업이 도착하게 되고, 어느 순간이 되면 시스템처리률에 비해 작업의 도착률이 높아 시스템내에 존재하는 작업수를 급격히 증가시킨다.

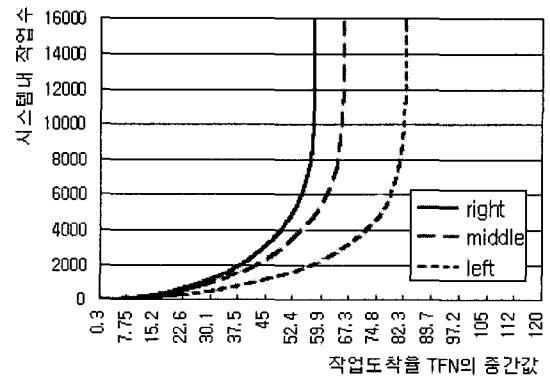


그림 5. 작업의 퍼지도착률의 변화에 따른 시스템내에 작업수

Fig. 5. Job numbers in system according to fuzzy job arrival rates.

그림 6과 그림 7은 각각 서버 0과 서버 1의 서버활용률을 나타낸 것으로 작업의 도착률이 증가할수록 서버들의 활용률도 일정하게 증가함을 보여준다. 이것은 각 서버들의 활용률은 작업의 퍼지도착률과 작업의 퍼지서비스요구의 곱으로 표현되기 때문에 퍼지도착률이 증가할수록 서버활용률도 증가한다. 또한 작업의 서비스요구가 클수록 작업의 퍼지도착률의 변화에 따라 서

버의 활용률도 빠르게 증가한다.

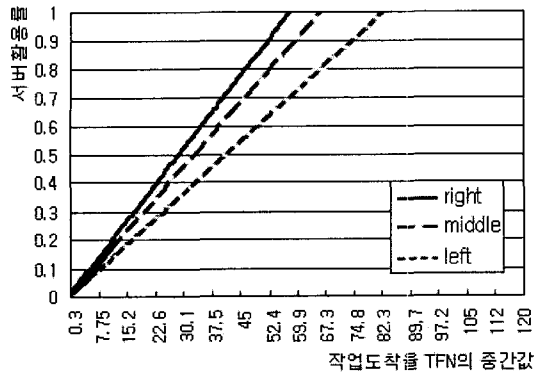


그림 6. 작업의 퍼지도착률의 변화에 따른 서버 0의 활용률
 Fig. 6. Server 0 utilization according to fuzzy job arrival rates.

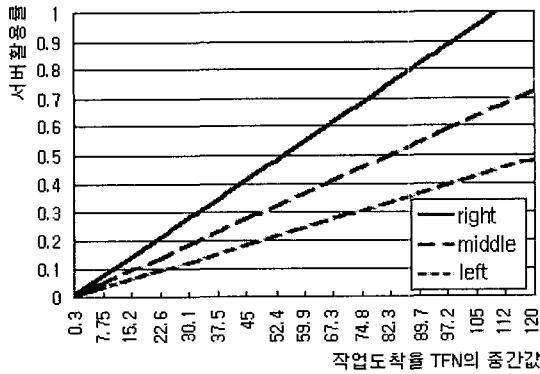


그림 7. 작업의 퍼지도착률의 변화에 따른 서버 1의 활용률
 Fig. 7. Server 1 utilization according to fuzzy job arrival rates.

2. 퍼지 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델

작업의 퍼지서비스요구 \tilde{D}_k 는 표 1과 같고, 사용자가 클라이언트를 통해 작업을 입력하고 동작시키는 퍼지 작업동작시간 $\tilde{z} = \langle 5.2, 6.5, 8.6 \rangle$ 으로 가정하여 클라이언트 수 N 가 1에서 1000까지 변화할 때에 실제적인 수치 값을 적용하여 성능평가측도를 계산하였다.

그림 8은 클라이언트 수가 1에서 1000까지 변화할 때, 작업의 평균소요시간을 TFN으로 표현한 것이다. 여기서 작업평균소요시간은 클라이언트 수가 증가할수록 서서히 증가하다가 어느 이후부터는 급격한 증가를 보였다. 이는 클라이언트의 수가 증가할수록 도착 정리에 의해 시스템 내에 존재하는 작업수가 점점 많아지게 되고, 어느 순간이 되면 시스템처리율에 비해

시스템내에 작업수가 너무 많아져 작업의 평균소요시간도 급격한 증가를 보인다.

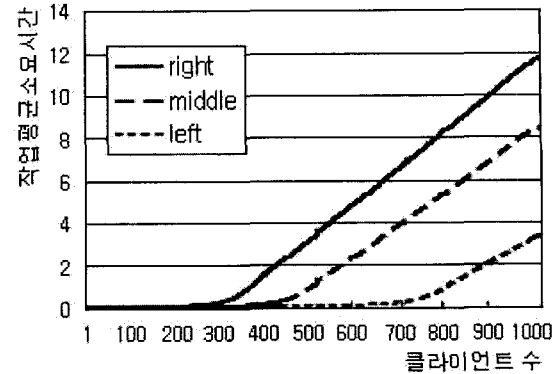


그림 8. 클라이언트 수의 변화에 따른 작업평균소요시간
 Fig. 8. Job average spending time according to client number.

그림 9는 시스템내에 존재하는 작업수의 TFN 변화를 나타낸 것으로 클라이언트의 수가 증가할수록 일정하게 증가하다가 갑자기 급격한 증가를 보였다. 이는 시스템 내에 작업수는 평균소요시간에 의존하기 때문에 평균소요시간이 급격히 증가할수록 시스템 내에 존재하는 작업수도 급격히 증가한다.

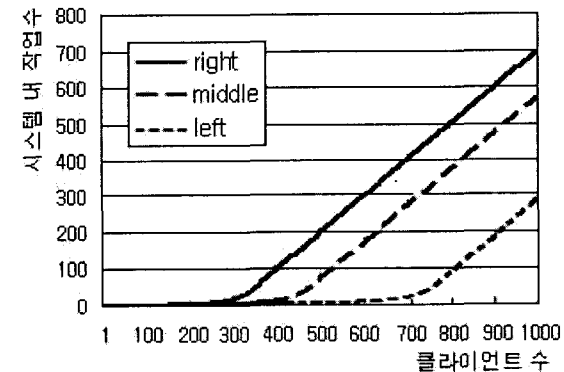


그림 9. 클라이언트 수의 변화에 따른 작업평균소요시간
 Fig. 9. Job numbers in system according to client number.

그림 10과 그림 11은 각각 서버 0과 서버 1의 활용률 변화를 TFN으로 나타낸 것으로, 이는 클라이언트의 수가 증가할수록 서버의 활용률도 증가하다가 어느 순간부터는 큰 변화가 없이 일정한 값에 수렴됨을 알 수 있다. 이는 클라이언트의 수가 증가할수록 서버에 도착하는 작업수는 증가하게되고, 어느 순간부터는 서버

처리율보다 더 많은 작업이 서버에 존재하여 서버가 과부하 상태임을 보인다.

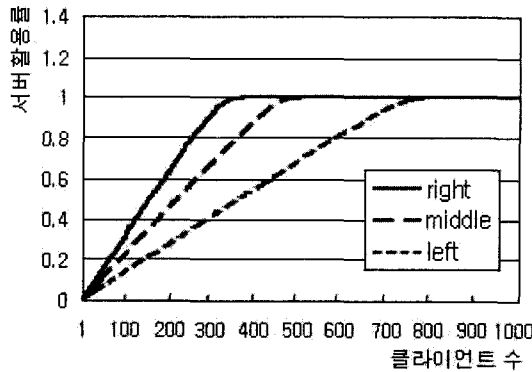


그림 10. 클라이언트 수의 변화에 따른 서버 0의 활용률
Fig. 10. Server 0 utilization according to client number.

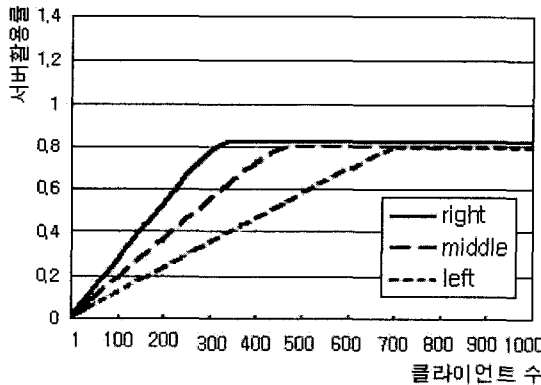


그림 11. 클라이언트 수의 변화에 따른 서버 1의 활용률
Fig. 11. Server 1 utilization according to client number.

시뮬레이션 결과, 퍼지 개방형 BCMP 큐잉네트워크 모델에서 작업의 평균소요시간과 시스템내 작업수는 작업의 퍼지도착률이 높을 수록 서서히 증가하다가 어느 순간부터 급격히 증가하였다. 또한 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서는 클라이언트의 수가 증가할 수록 작업의 평균소요시간과 시스템내에 존재하는 작업 수는 서서히 증가하다가 어느 순간부터 급격히 증가하였다. 또한 서버의 활용률은 두 모델 모두 작업의 퍼지 서비스요구가 클수록 빠르게 증가하였다.

V. 결 론

네트워크 및 시스템 환경에 따라 모호한 특성을 갖

는 분산처리시스템의 성능평가를 위한 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델을 제안하였다. 이 모델은 작업이 서로 다른 서비스요구와 서비스시간분포를 갖는 시스템에서 작업의 도착률, 작업의 서비스요구, 서버의 서비스를 등이 비결정적이고 모호한 특성을 갖는 경우에 퍼지이론을 적용하여 유연하고 실제적인 성능평가가 가능하다. 제안된 퍼지 BCMP 큐잉네트워크모델은 시스템 외부로부터 작업의 진입여부에 따라 개방형과 폐쇄형으로 나누고, 퍼지요소들은 계산이 용이한 TFN으로 표현하여 퍼지평균값분석방법을 적용하여 작업의 평균소요시간, 시스템내에 존재하는 작업수 및 서버활용률 등의 성능평가측도를 각각 구하였다.

이들 유도한 성능평가측도의 유효함을 검증하기 위하여 퍼지 개방형 및 폐쇄형 BCMP 큐잉네트워크모델에서 작업의 퍼지서비스요구에 대해 작업의 퍼지도착률, 클라이언트의 수에 따라 각각 수치적인 실제 값을 적용하여 시스템의 성능을 시뮬레이션하였다. 그 결과, 개방형의 경우에는 작업의 퍼지도착률이 높아짐에 따라 작업의 평균소요시간과 시스템내에 작업수는 서서히 증가하다가 어느 순간이후 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 폐쇄형의 경우에는 클라이언트 수가 증가할 수록 작업의 평균소요시간과 시스템내에 존재하는 작업수는 서서히 증가하다가 개방형과 마찬가지로 어느 순간이후 급격히 증가하였다. 그리고 서버들의 활용률은 개방형 및 폐쇄형 모두 작업의 퍼지도착률, 클라이언트 수 및 퍼지서비스요구가 클수록 빠르게 증가하였다.

본 연구결과를 이용하면 퍼지 작업환경에서 서로 다른 서비스요구와 시간분포를 갖는 분산처리시스템의 실제적이고 유연한 성능평가가 가능하다. 또한 시스템 설계자가 시스템의 규모와 업그레이드 시기를 결정할 때, 작업의 도착율에 따른 작업의 평균소요시간을 만족할 수 있는 적절한 서버의 서비스율과 클라이언트 수의 증가에 따른 적절한 서버의 수를 결정할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] A. O. Allen, Probability, Statistics, and Queueing Theory with Computer Science Applications, Academic Press, California, 1990.
- [2] B. Baynat and Y. Dallery, "Approximate

- techniques for general closed queueing networks with subnetworks having population constraints," European J. of Operational Research, Vol. 69, pp. 250-264, 1993.
- [3] T. Altiok, "Open networks of queues with blocking :split and merge configuration," IIE Trans., Vol. 7, pp. 251-261, 1986.
- [4] F. Baskett, K. M. Chandy, R. R. Muttz, and F. G. Palacios, "Open, closed, and mixed networks of queues with different classes of customers," J. ACM, Vol. 22, pp.248-260, 1975.
- [5] J. B. Jo, Y. Tsujimura, M. Gen, and G. Yamazaki, "Performance Evaluation of Network Models based on Fuzzy Queueing System," J. of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol. 8, No. 3, pp. 50-55, 1996.
- [6] Y. A. Philis and R. Zang, "Fuzzy Service Control of Queueing System," IEEE Tran. on Syst. Man Cyber, Vol. 29, No. 4, pp. 503-517, 1999.
- [7] 추봉조, 조정복, 우중호, "네트워크시스템의 성능 평가를 위한 퍼지 M/M/1/K 큐잉네트워크 모델," 대한전자공학회 논문지, 제 38권, CI편, 제4호, pp. 169-177, 2001
- [8] J. Davidson, "Parallel & Distributed Processing," SIGCSE Bulletin Computer Science Education, 1998.
- [9] J. B. Stefani, "Open distributed processing: an architectural basis for information networks," Computer communications, Vol. 18, No. 11, pp. 849-862, 1995.
- [10] W. L. Yang, "A distributed processing architecture for a remote simulation system in a multi-user environment," Computers in industry, Vol. 40, No. 1, pp. 99-106, 1999.
- [11] J. R. Jackson, "Networks of waiting lines," Operations Research, Vol. 5, No. 4, pp. 518-521, 1957.
- [12] I. F. Akyidiz, "Mean value analysis approximation for multiple server queueing network," Performance Evaluation, Vol. 9, No. 2, pp. 77-91, 1988.
- [13] M. Raiser, "Mean Value Analysis and convolution method for queueing dependent servers in closed queueing networks," Performance Evaluation, Vol. 1, No. 1 pp. 7-18, 1981.
- [14] P. J. Denning and J. P. Buzen, "The operational analysis of queueing network models," ACM Computing Surveys, Vol. 10, No. 3, pp. 225-261, 1978.
- [15] J. J. Buckley and Y. Qu, "Solving Systems of Fuzzy Equations: A New Solution Concept," Fuzzy Sets and Systems, Vol. 39, pp. 291-301, 1991.
- [16] A. Kaufmann and M. M. Gupta, Introduction to Fuzzy Arithmetic, Van Nostrand Reinhold, 1985.

저 자 소 개



秋奉助(正會員)

1990년 2월 경성대학교 전산통계학과 졸업(이학사). 1992년 2월 경성대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사). 1996년 부경대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료. 1996

년~현재 김천대학 컴퓨터정보처리

계열 조교수. 관심분야 : 병렬처리, 네트워크성능평가

曹廷輻(正會員) 第38卷 CI編 第4號 參照

禹鍾鎬(正會員) 第34卷 C(7) 參照