

# 가중빈도 폴링방식 중재교환 제어기의 성능평가

정회원 김 동 원\*

## Performance Evaluation of a Switching Arbiter using a Priority Polling Scheme

Dong Won Kim\* *Regular Member*

### 요 약

본 논문은 대용량통신처리시스템의 내부 고속연동망으로 활용되는 가중빈도 폴링방식 중재교환제어기에 대하여 입력 트래픽 특성 변화에 따른 성능평가를 수행하였다.

성능 분석 시 입력트래픽을 포아송 또는 MMPP로 가정은 하고, 각 가입자 노드들의 트래픽 부하에 따라 폴링 빈도를 달리해주는 가중빈도 폴링방식을 적용하였으며, 서비스 원칙을 완전원칙(exhaustive) 또는 대역제한(limited-k) 경우에 대하여 해석적 방법 및 시뮬레이션을 사용하였다.

가중빈도 폴링시스템 모델을 적용하여 분석결과 각 노드의 트래픽 부하 조건에 따라 폴링 빈도를 어떻게 조절함이 가장 시스템 성능을 높일 수 있는지 확인하였다. 부하가 많이 걸리는 ATM 정합 노드들과 상대적으로 부하가 적게 걸리는 가입자 노드들의 총 입력트래픽의 부하 비가 50:50 으로 가정했을 경우 ATM 정합 노드의 폴링 빈도를 3배로 해줌으로써 전체적으로 성능을 향상시켰다. 그리고 일반 순차 순환 폴링시스템에 비해 버퍼 크기가 50% 정도로 감소하는 효과를 얻었다. 서비스원칙 측면에서는 ATM 정합노드와 같이 시스템 전체 부하의 1/2 정도를 담당하는 노드가 존재하는 비 대칭 부하 분포 상황에서의 폴링방식으로는 완전원칙 서비스 모드가 효율적임을 알 수 있었다.

### ABSTRACT

This paper evaluates the performance of the switching arbiter based on priority polling concept, which is the core part of the internal high-speed switching fabric of open-architecture AICPS(Advanced Information Communication Processing System). The priority polling scheme enables versatile switching capabilities for the multimedia applications and flexibility for the characteristics of the network interface. In evaluating the performance, we used the method of analysis and simulation. We assumed the input traffic as either Poisson or MMPP, and the service discipline as either exhaustive or limited-k. And the optimal system performance condition is investigated by adjusting the polling frequency in accordance with each node's traffic load condition. When the 50:50 total traffic load ratio of the high-load ATM interface nodes to the relatively low-load line-interface ones is assumed, three times high ATM interface node polling frequency produces the optimal overall system performance while reducing the needed buffer size to 50% of the other general circular polling systems.

### 1. 서 론

고도정보화 사회의 도래로 정보 유통서비스에 대한 수요가 급증하고 있으며, 이에 따라 다양한 액세

스망을 통하여 다양한 미디어의 정보를 사고 또한 파는 정보유통을 하고자 하는 이들을 상호 접속하여 원활한 정보유통의 기반을 제공하는 개방형 서비스 기반 구조 구축의 필요성에 따라 이에 필요한

\* 육천진분대 정보통신과  
논문번호: 99238-0614

접수일자: 1999년 6월 14일

대용량 통신처리시스템의 연구개발이 수행되고 있다<sup>[1]</sup>.

대용량 통신처리시스템(AICPS:Advanced Information Communication Processing System)은 기존의 01410 하이텔 서비스에 사용중인 통신처리시스템을 고속으로 대용량화 하여 복수의 VAN 사업자들을 동등 접속시키고, 향후 널리 사용될 ISDN과 프레임레이팅, B-ISDN 등을 용이하게 수용하여 인터넷 서비스까지 확장할 수 있도록 내부 고속연동망(HSSF: High Speed Switching Fabric)을 중심으로 다양한 망집합 모듈과 프로토콜 처리모듈들이 연동되는 개방형 구조로 설계되어 있다<sup>[2,4]</sup>.

초기의 HSSF는 공유버스를 기반으로 가입자 입출력부 노드가 접속되어 있으며, 고속의 중재교환제어를 통해 각 노드로 부터 순차적으로 패킷을 전송하는 풀링방식으로 설계되었다<sup>[3]</sup>. 다양한 형태의 모든 연동 트래픽들이 HSSF를 통하여 수송처리되어야 함으로 인해 대용량통신처리시스템의 성능은 HSSF내의 중재교환제어의 성능에 따라 영향을 받을 것이므로 보다 효율적인 중재교환 방식으로 우선 순위 풀링방식을 채택하고 고속의 ASIC으로 구현하여 성능 개선을 도모하였다<sup>[5]</sup>.

본 논문에서는 기존의 중재교환제어기가 모든 노드들이 동등한 트래픽이 부가 될 때 각 노드별로 약 20Mbps 정도의 대역폭을 할당할 수 있는 순환 풀링 중재교환 방식을 사용하면 것을 실제로 트래픽 부하가 큰 노드(예를 들어 OAM과 연결되는 노드 및 ATM 정합부 노드 등)에게는 보다 더 많은 대역폭을 할당하고 상대적으로 트래픽 부하가 적은 노드들에게는 대역폭이 덜 할당되도록 하는 가중빈도 풀링 중재교환방식으로 개선한 중재교환제어기를 입력 트래픽의 부하 특성에 따른 성능을 분석하여 서비스 품질을 예측하고 검증하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 성능분석 대상인 중재교환제어기의 구조와 동작을 간단히 살펴보고, 3장에서는 입력 트래픽 특성과 서비스 원칙에 따른 중재교환제어기의 성능 모델링과 해석적 방법과 시뮬레이션을 통한 분석과 평가를 수행하였고, 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 중재교환제어기 구조

가중빈도 풀링방식을 적용하고 단일소자로 구현한 중재교환제어기의 설계는 [3]의 논문을 참고 할 수 있으며, 여기서는 성능 분석 모델 도출을 위한

관점에서 간략히 살펴보고자 한다.

그림 1에서는 공유버스를 기반으로 한 고속 패킷 교환방식을 채택하고 있는 HSSF의 전체 구성도를 나타낸다. HSSF는 각 가입자 노드들과 직렬접속되어 패킷교환의 입출력을 담당하는 가입자 입출력부(HSCA:High Speed Channel Adaptor)와 입출력가입자부들간에 공통매체인 공유버스 사용권을 중재하고 패킷데이터들의 전달을 담당하는 중재교환부(HSSA:High Speed Switching Assembly)와 패킷데이터들의 실제 수송로 역할의 데이터버스 및 입출력 가입자부와 중재교환부사이의 제어신호버스 및 주소신호버스로 구성된 H-bus와 채널의 상태 및 장애관리를 위한 M-bus로 구성되는 병렬공용버스부의 3개 기능부로 구성된다.

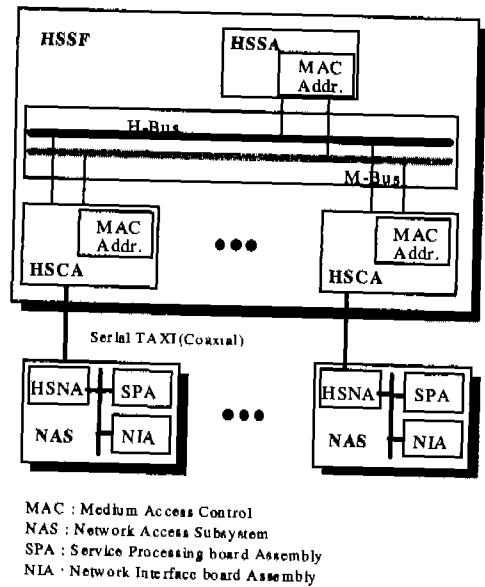


그림 1. HSSF의 전체 구성도

### • 중재교환 및 관리부(HSSA)

중재교환부는 H-bus를 통해 각 가입자 입출력부의 서비스 요구상태 파악 및 버스사용권 중재를 위한 풀링중재동작기능과 패킷헤더분석 및 데이터 교환전달의 기능을 담당하며 본 논문에서 소개하고자 하는 중재교환제어기가 위치하는 부분이다. 관리부는 M-bus를 통해 각 HSCA의 채널 상태를 감시하는 기능을 수행한다.

### • 가입자 입출력부(HSCA)

가입자 입출력부는 가입자 노드와는 TAXI로 연결되어 직렬 통신을 하고, H-bus를 통해 패킷 교환

이 될 때까지 패킷을 저장하는 버퍼 역할을 한다.

#### ● 가입자노드 어댑터(HSNA)

가입자노드 어댑터는 HSSF를 통하여 통신을 원하는 각각의 망정합모듈을 구성할 때 사용되는 네트워크 카드로서 망정합모듈에서 처리된 프로토콜 데이터 유닛(PDU:Protocol Data Unit)을 라우팅 테이블정보에 따라 패킷 헤더를 HSSF 패킷 포맷으로 변환하고 CRC생성/검사를 수행하여 HSSF 내부 프로토콜에 따라 PDU를 송수신하는 역할을 한다. 따라서 실제적으로 HSNA에서는 HSSF 내부고속 연동방에서 규정한 계층 3네트워크계층 기능과 계층 2 링크계층 기능 및 물리계층 기능을 진담한다.

#### ● 가중빈도 풀링방식 중재교환제어기의 동작 개요

패킷의 생성, 소멸이 이루어 지는 곳은 HSNA를 갖고 있는 망정합모듈(노드) 이다. 이곳에서 생성된 패킷은 1:1로 대응되는 HSCA로 보내어 지며, 원하는 노드로 전달되기 위해서는 중재교환부의 서비스(H-bus의 사용권 허가) 차례가 될 때까지 HSCA내의 FIFO 버퍼에 대기한다. 중재교환부의 풀링 때 대기된 패킷들을 갖고 있는 HSCA는 서비스 요청을 하며 이때 중재교환부에서 패킷헤더의 분석을 통해 소스(source) HSCA와 목적지(destination) HSCA 간의 메모리 읽기와 쓰기 동작에 의한 데이터 교환 전달이 되도록 적절한 제어 신호들을 발생시킨다.

개선된 가중빈도 풀링방식 중재교환제어기는 기존의 중재교환제어기가 가입자 입출력부의 서비스 요구에 해당하는 FIFO 버퍼의 상태(전송요구신호)를 풀링할 때 모든 가입자 노드를 동등한 등급으로 순환식(circular or round robin)으로 서비스를 제공하는데 비해, 각 포트에 따라 우선 순위를 부여하고 부여된 우선 순위와 함께 해당 포트의 서비스 원칙(policy)도 함께 설정할 수 있도록 하여 다양한 미디어나 망정합 장치의 특성에 따른 중재교환 서비스가 가능하도록 하였다. 가중빈도 풀링 방식으로는 별도 풀링할 순서와 횟수를 운용자 임의로 제어 가능한 풀링테이블을 참조하는 구조를 적용하였고 각 포트에 대한 풀링 서비스 모드도 전송할 데이터가 없을 때 까지 서비스를 해주는 완전서비스(exhaustive service) 원칙 혹은 한번 풀링에 단 한 개의 데이터만 서비스하는 제한서비스(limited-1 service) 원칙 등의 등급을 구분할 수 있도록 하였다.

### III. 가중빈도 풀링방식 중재교환제어기의 성능분석

#### 3.1. 성능 분석 모델

풀링시스템 개념은 처음으로 시분할(time sharing) 컴퓨터 시스템을 해석하기 위하여 도입된 이후 토론링, 토큰 버스, FDDI 등과 같은 LAN시스템이나 메일 분배(mail distribution) 등의 해석에 널리 활용되고 있다.

풀링시스템이란 하나의 서버가 여러 노드들 순회하면서 서비스 처리하는 방법을 말한다. 서버가 각 노드를 방문할 때 메시지를 처리하는 서비스 원칙으로는 완전(exhaustive), 게이트(gated), 대역제한(limited-k) 서비스 원칙으로 구분되는데, 완전 및 게이트 원칙을 갖는 풀링시스템에 대해서 평균 대기 지연시간의 해석적 연구가 [6-12]에서 수행되었다. 대역제한원칙의 풀링시스템인 경우에 있어서 모든 노드의 성능변수가 동일한 모델의 해석적 연구<sup>[13][14]</sup>가 되었으나 그렇지 못한 경우는 근사화나 시뮬레이션 방법을 사용한다<sup>[17][12]</sup>.

이외에 풀링시스템의 여러가지 변형들에 대한 해석 연구가 이루어졌으며 한 예로 풀링 순서를 차례대로 순환하는 것이 아니고 서비스 순서를 변화시킬 때와 특정 노드의 풀링빈도를 더 빈번히 해주는 가중빈도 풀링시스템의 해석에 대한 연구가 수행되었다<sup>[15][16]</sup>.

HSSF의 동작<sup>[3]</sup>을 살펴보면, 중재교환부의 풀링 프로세서에서 각 가입자 입출력부의 전송 대기 패킷의 존재 유무를 풀링방식으로 검사한 후 무빙 프로세서에서 소스 가입자 입출력부와 목적지 가입자 입출력부 간에 H-버스를 통해 패킷 전달 처리 과정을 통해 다중화 및 교환이 이루어 진다. 그러므로 H-버스 사용권을 할당하기 위하여 풀링 프로세서에서는 각 가입자 입출력부를 풀링테이블에 등재된 순서대로 순차적으로 풀링을 하므로 보다 자주 풀링을 해주어야 하는 가입자 입출력부는 풀링테이블에 여러번 등재를 하여 가중빈도 풀링 서비스를 받을 수 있다. 이러한 HSSF의 동작 모델은 가중빈도 풀링시스템 모델<sup>[16]</sup>을 적용할 수 있다.

풀링시스템의 성능 분석 방법에서, 입력 트래픽이 포아송(Poisson) 분포이고 시스템 파라미터(parameter)들이 대칭인 구조에서는 해석적 분석이 가능하지만, MMPP(Markov Modulated Poisson Process)<sup>[20-22]</sup> 입력 트래픽을 가지는 풀링시스템에 대해서는 각 스테이션에 입력되는 트래픽의 상호

연관(correlated) 특성으로 인해 해석적 분석이 매우 어려우므로 시뮬레이션을 이용한 성능 분석 방법이 많이 이용되고 있다.

따라서 본 논문에서 가중빈도 풀링방식의 중재교 환제어기의 성능분석을 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다.

모든 노드들로 부터 발생되는 트래픽을 포아송으로 가정하여 완전원칙 서비스모드를 고려한 경우 해석적 기법을 이용 가중빈도 풀링시스템의 성능을 분석하였으며, 입력 트래픽의 도착과정을 MMPP로 가정했을 경우는 시뮬레이션을 이용하여 성능분석을 수행하였다. 또한 대역제한(k=1)원칙 서비스모드에서 포아송 및 MMPP 도착과정으로 가정하여 시뮬레이션을 수행하였으며 완전원칙 서비스모드와 성능을 비교하였다.

### 3.2. 포아송 도착과정의 완전원칙 가중빈도풀링 다중화 모델 성능 분석

해석적 성능 분석을 사용하기 위해 먼저 몇가지 기호와 의미를 정의하면 다음과 같다.

서비스원칙: 완전원칙

N : 실제 노드의 갯수

M : 가상노드(pseudo-node)의 갯수를 나타내며, 가중빈도풀링을 제공하기 위하여 풀링테이블에 풀링빈도를 높여 주코자 하는 실제 노드를 여러번 등록할 때 풀링테이블에 등록된 노드를 가상노드라 부른다.

$\lambda_i$  : i번째 노드의 평균 메시지 도착률

$s_i$  : i번째 노드에서 메시지 서비스 시간의 평균 값

$s_i^2$  : i번째 노드에서 메시지 서비스 시간의 2차 모멘트(moment)

$\rho_i$  : i번째 노드의 부하강도(traffic intensity)로서

$$\rho_i = \lambda_i s_i \text{이다.}$$

$\rho$  : 시스템 전체의 부하강도로서  $\rho = \sum_{i=1}^N \rho_i$ 이다.

$T(i)$  : 풀링테이블의 한 주기에서 i 번째로 풀링하는 노드를 나타내며 i 번째 가상노드에 해당하는 실제노드를 의미한다.

$d_i$  : (i-1)번째 노드에서 서버가 이동(또는 토큰을 넘겨 받는데 걸리는 시간이라고도 함)하여 i 번째 노드에 도달하는데 소요되는 이동시간(walk time)

$\theta_i$  : i번째 풀링하는 가상노드의 스테이션시간

(station time)으로 이동시간과 메시지를 서비스 하는데 걸리는 시간을 합한 시간을 나타낸다.

$H$ :  $M \times M$  행렬이며 각 요소  $h_{ij}$ 의 값은 0 또는 1로서, 가상노드 j의 스테이션시간 동안 가상노드 i에 도착하는 메시지들이 다음번 가상노드 i에 서버가 방문할 때 까지 서비스 되지 않고 남아 있을 경우에는 1이고 그렇지 않으면 0이다. 예를 들어 풀링테이블에서 풀링순서가  $T=[1,2,1,3]$ 일 때  $H$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$V_i$  : 순환풀링시스템에서의 인터비지트시간(inter-visit time)을 의미하며 i 번째 가상노드를 떠난 서버가 다시 i 번째 가상노드를 풀링하기 직전 까지 걸리는 시간을 뜻한다.

$c_i$  : i 번째 가상노드에 풀링한 후 다시 풀링이 돌아오는데 까지 걸리는 시간으로 사이클시간(cycle time)이라 한다.

완전원칙의 풀링시스템에 있어서 j 노드의 평균 인터비지트시간, 평균 사이클시간과 평균스테이션시간은 다음과 같이 주어진다<sup>[16]</sup>.

$$\bar{v}_j = \sum_{i \neq j}^M \bar{\theta}_i h_{ji} + \bar{d}_{j-1}, \quad 1 \leq j \leq M \quad (1)$$

$$\bar{c}_j = \sum_{i \neq j}^M \bar{\theta}_i h_{ji} + \bar{\theta}_j, \quad 1 \leq j \leq M \quad (2)$$

$$\bar{\theta}_i = \bar{d}_{i-1} + \rho_{T(i)} \bar{c}_i, \quad 1 \leq i \leq M \quad (3)$$

$$\bar{c}_i = \frac{\bar{v}_i}{1 - \rho_{T(i)}}, \quad 1 \leq i \leq M \quad (4)$$

이상의 관계식으로 부터 다음과 같은 M개의 동시 다항식을 통해 평균 인터비지트시간  $\bar{v}_j$ 의 해를 구할 수 있다<sup>[16]</sup>.

$$\bar{v}_j = \sum_{i=1, i \neq j}^M \left( \bar{d}_{i-1} + \frac{\rho_{T(i)}}{1 - \rho_{T(i)}} \bar{v}_i \right) h_{ji} + \bar{d}_{j-1}, \quad j=1, \dots, M \quad (5)$$

j 노드의 인터비지트시간의 분산(variance)는 다음

과 같이 주어진다.

$$\sigma_{v_i}^2 = \sigma_{d_i}^2 + \frac{1 - \rho_{T(k)}}{\rho_{T(k)}} \left( \sum_{i \neq k}^M \gamma_{ik} h_{ik} \right) \quad (6)$$

여기서,  $\gamma_{ij}$ 는 가상노드 j를 먼저 폴링하고 나서 가상노드 i를 폴링할 때 두 노드의 스테이션시간 사이의 공분산(covariance)을 나타내며 다음과 같이 정의 된다.

$$\gamma_{ij} = \frac{\rho_{T(i)}}{1 - \rho_{T(i)}} \left( \sum_{n=i+1}^M \gamma_{jn} h_{in} + \sum_{n=1}^{i-1} \gamma_{jn} h_{in} + \sum_{n=j}^{i-1} \gamma_{nj} h_{in} \right) \quad j < i \quad (7-a)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{\sigma_{d_{i-1}}^2}{(1 - \rho_{T(i)})^2} + \frac{\lambda_{T(i)} s_{T(i)}^2}{(1 - \rho_{T(i)})^3} \bar{v}_i + \frac{\rho_{T(i)}}{1 - \rho_{T(i)}} \sum_{k=i}^M \gamma_{ik} h_{ik} \quad j = i \quad (7-b)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{\rho_{T(i)}}{1 - \rho_{T(i)}} \left( \sum_{n=j}^M \gamma_{nj} h_{in} + \sum_{n=1}^{i-1} \gamma_{nj} h_{in} + \sum_{n=i+1}^j \gamma_{jn} h_{in} \right) \quad j > i \quad (7-c)$$

이상의 수식을 이용하여 가상노드에서 평균 대기 지연시간  $\bar{w}_j^{PS}$ 를 다음과 같이 구할 수 있다<sup>8)</sup>.

$$\bar{w}_j^{PS} = \frac{\sigma_{v_j}^2}{2v_j} + \frac{\bar{v}_j}{2} + \frac{\rho_{T(j)}}{2(1 - \rho_{T(j)})} \cdot \frac{s_{T(j)}^2}{s_{T(j)}}, \quad j = 1, \dots, M \quad (8)$$

가상노드 간의 이동시간의 합을  $\bar{d} = \sum_{j=1}^M \bar{d}_j$ 라 할 때 순차 순환폴링시스템의 평균 사이클 시간은 다음과 같이 표현된다<sup>18)</sup>.

$$\bar{c} = \frac{\bar{d}}{1 - \rho} \quad (9)$$

가상노드에서의 평균대기시간을 구하고 나면 실제노드에서의 평균대기지연시간  $\bar{w}_i$ 는 다음과 같이 가상노드들의 평균 대기지연시간에 사이클시간 요소를 곱한후 실제 동일한 노드를 가르키는 모든 항들을 합 함으로써 구할 수 있다<sup>10)</sup>.

$$\bar{w}_i = \sum_{j^{(j) \neq i}} \frac{c_j}{c} \bar{w}_j^{PS}, \quad 1 \leq i \leq N \quad (10)$$

실제 노드에서 대기하고 있는 평균 메시지 갯수, 즉 평균 버퍼의 길이  $L_i$ 는 리플의 법칙<sup>19)</sup>에 의해 다음과 같다.

$$L_i = \lambda_i \bar{w}_i, \quad 1 \leq i \leq N \quad (11)$$

상기에서 정의된 수식을 이용하여 HSSF의 가중 빈도폴링 방식의 중재교환제어기의 성능분석을 수행 하기 위하여 다음과 같은 모델변수를 가정하였다.

- H-머신인 서버의 속도는 640Mbps이다.
- 전체 노드의 개수는 26 개이고 그중 ATM 적합노드와 같이 부하가 많이 걸리는 노드 개수는 2 개로 놓고 각각 전체 트래픽의 25% 씩을 부가하고, 가입자점합 노드와 같이 부하가 적게 걸리는 노드는 24개로써 나머지 50% 트래픽을 균등히 배분하여 부가한다.
- 입력 트래픽은 포아송 분포를 가지고 평균 도착률은  $\lambda_i$  이다.
- 모든 노드에서 메시지 서비스 시간은 64바이트의 고정길이 메시지물 가정할 경우 1차 모멘트  $\bar{S}_i$ 는  $0.8\mu s$  이고 2차 모멘트  $\bar{S}_i^2$ 는  $(\bar{S}_i)^2$ 이다. 평균 64바이트 지수함수 분포를 갖는 가변길이 메시지물 가정할 경우 1차 모멘트  $\bar{S}_i$ 는  $0.8\mu s$  이고 2차 모멘트  $\bar{S}_i^2$ 는  $2(\bar{S}_i)^2$ 이다.

- 노드간 서버의 이동시간  $d_i$ 는 모든 스테이션 간에서 동일하고 고정값  $0.1\mu s$ 라고 가정한다.
- 부하가 많이 걸리는 노드의 폴링 빈도를 부하가 적게 걸리는 노드의 폴링빈도 비율에 따라 폴링 순서를 정하기 위해 폴링테이블에 다음 표 1과 같이 노드를 등록하였다.

표1에서 폴링빈도를 1:1로 한 경우는 일반적인 순차 순환 폴링시스템과 동일하며 가상노드 번호와 실제노드 번호가 동일한 순서로 배열되며 갯수도 동일하다. 폴링빈도가 2:1, 3:1, 4:1 그리고 6:1인 경우 노드배열은 부하가 적게 걸리는 노드(03-26)는 한 폴링주기에 한번 서비스 받도록 되어 있으며 부하가 많이 걸리는 노드(01, 02)는 한 폴링주기에 그 빈도 횟수만큼 서비스를 받게 되어 있어 가상노드의 갯수가 그만큼 늘어 나게 된다.

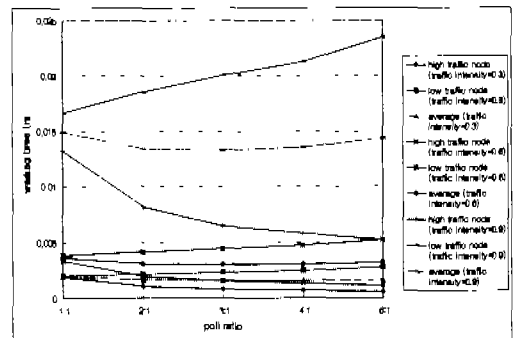
이때 시스템 전체에 부가되는 부하강도( $\rho$ )가 0.3에서 0.9사이로 변화될 때, 각각 폴링빈도를 달리하면서 각 노드의 트래픽 평균 지연시간과 전체 트래픽의 평균 지연시간의 변화를 알아보면 그림 2와 같다.

표 1. 폴링레이블 구성

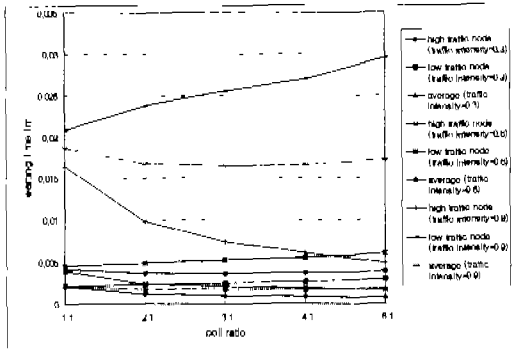
폴링순서	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
1:1 경우 가상노드 실제노드	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10
2:1 경우 가상노드 실제노드	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 01 02 03 04 05 06 07 08 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 01 02 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 01 02 03 04 05 06 07 08
3:1 경우 가상노드 실제노드	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 01 02 03 04 05 06 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 01 02 11 12 13 14 15 16 17 18 01 02 19 20 21 22 23 24 25 26 01 02 03 04 05 06
4:1 경우 가상노드 실제노드	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 01 02 03 04 01 02 03 04 05 06 07 08 01 02 09 10 11 12 13 14 01 02 15 16 17 18 19 20 01 02 21 22 23 24 25 26 01 02 03 04
6:1 경우 가상노드 실제노드	01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 01 02 03 04 05 06 01 02 07 08 09 10 01 02 11 12 13 14 01 02 15 16 17 18 01 02 19 20 21 22 01 02 23 24 25 26

그림2-(a)는 입력트래픽의 도착과정을 고정 패킷 길이를 갖는 포이송 과정으로 가정한 경우이다. 그림에서 X-축은 부하가 많이 걸리는 노드와 부하가 적게 걸리는 노드 간의 폴링빈도의 비율 나타내며 Y-축은 지연시간을 나타낸다. 부하가 많이 걸리는 노드의 트래픽의 평균 지연 시간은 폴링빈도를 높 이면서 현저히 감소하는 반면 부하가 적게 걸리는 노드의 트래픽의 평균 지연 시간은 약간 증가 하는 현상을 보이면서 전체 트래픽의 평균 지연시간은 감소할 하였다. 그림2-(b)는 입력트래픽의 도착과정을 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 포이송 과정으로 가정한 경우의 트래픽 전송 지연시간을 관찰한 것으로서 패킷길이의 변화가 성능에 미치는 영향을 알아볼 수 있다. 고정 패킷길이를 가정했을 때와 비교하면 동일한 부하강도와 폴링빈도인 경우 고정 패킷길이를 가정했을 때 전송지연시간이 지수 함수 분포의 패킷길이를 가정했을 때 보다 더 적게 걸리는 것을 알 수 있으며 이는 패킷길이의 평균은 동일하지만 패킷길이의 변화에 따른 서비스시간의 분산(variance)에 의한 영향이 전송대기 지연시간에 미치기 때문이다. 전체 트래픽의 평균 전송지연시간은 부가되는 부하강도의 전 영역에서 폴링빈도가 3:1일 때 가장 최소를 나타내며 폴링빈도를 더 높 이면 부하가 많이 걸리는 노드의 지연시간은 더 감소하지만 부하가 적게 걸리는 노드의 지연시간이 보다 증가하여 전체 평균 지연시간은 다시 증가하는 경향을 나타낸다.

그림3-(a)는 고정 패킷길이를 갖는 포이송 도착과정을 가정한 경우의 평균 버퍼 길이의 변화율 폴링 빈도에 달리했을 때 변화를 나타낸 것으로서 각 노드에서 대기하는 평균 패킷의 개수로써 도시하였다. 그림에서 폴링빈도를 높이면서 평균 지연시간의 감소와 더불어 부하가 많이 걸리는 노드에서 트래픽의 평균 대기 패킷 갯수가 현저히 감소하여 폴링빈도가 3:1이 될 때 부하가 많이 걸리는 노드의 버퍼 길이가 반으로 줄어드는 현상을 보인다. 따라서 폴링빈도를 적절히 조절하면 대기 패킷 저장용 버퍼의 크기를 상대적으로 작게 준비하여도 패킷 손실을 막을 수 있으므로 시스템 비용을 줄일 수 있는 효과를 가짐을 알 수 있다. 그림 3-(b)는 지수함수 분포의 패킷길이를 가정했을 때 평균 패킷길이의 변화를 관찰한 것으로 폴링빈도를 높여 줌으로서 부하가 많이 걸리는 노드의 버퍼길이를 감소시킬

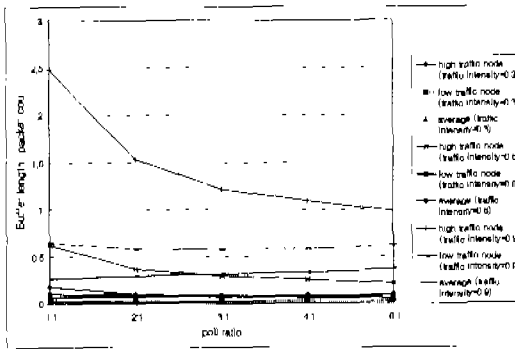


(a) Poisson and fixed packet size

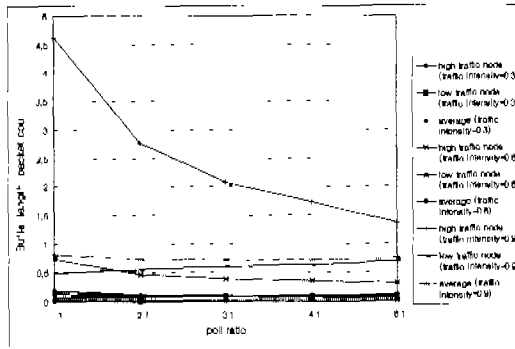


(b) Poisson and exponential packet size distribution

그림 2. 폴링빈도에 따른 평균대기시간



(a) Poisson and fixed packet size



(b) Poisson and exponential packet size distribution

그림 3. 폴링빈도에 따른 평균 버퍼 길이

수 있음을 알 수 있으며 고정패킷길이를 가정했을 때와 비교하여 전송지연시간의 비교에서 나타난 것처럼 버퍼길이의 변화에도 동일한 영향을 주고 있다.

### 3.3. MMPP도착과정 완전원칙 가중빈도폴링 다중화 모델의 성능분석

MMPP 입력을 가지는 폴링시스템의 수학적 해석은 매우 어려우므로 시뮬레이션을 이용하여 성능

분석을 수행하였다.

시뮬레이션에 사용된 성능 변수는 입력 트래픽의 도착과정을 2-상태MMPP로 가정한 것 외에는 앞절의 포아송 도착과정 완전원칙 가중빈도폴링시스템의 변수들과 동일하게 가정하였다.

사용된 MMPP 입력 파라미터는 증척 음성원으로 부터 도출한 4개의 파라미터( $\gamma_1, \gamma_2, \lambda_1, \lambda_2$ )를 사용하였다.

포아송 도착과정 가중빈도폴링시스템의 성능분석에서처럼 부하가 많이 걸리는 노드의 폴링 빈도를 부하가 적게 걸리는 노드에 비해 n배로 늘리면서 시스템 전체의 부하강도( $\rho$ )가 0.34에서0.84 사이로 변화될 때, 각 노드의 트래픽 평균 지연시간과 전체 트래픽의 평균 지연시간의 변화를 조사하였고 그 결과는 그림 4와 같다.

그림 4는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 MMPP 도착과정을 가정했을 경우의 평균 대기 지연시간의 변화를 도시한 것으로 부하가 많이 걸리는 노드의 트래픽의 평균 대기지연 시간은 폴링빈도를 높이면서 현저히 감소하는 반면 부하가 적게 걸리는 노드의 트래픽의 평균 지연 시간은 약간 증가 하는 현상을 보이는 것은 포아송 도착과정을 가정했을 때와 동일한 현상을 나타내었다. 이 결과로 보아서 입력 트래픽의 도착과정 특성에 관계 없이 가중빈도 폴링 시스템에서 부하가 많이 걸리는 노드의 폴링 빈도를 높여 줌으로써 전체 성능을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

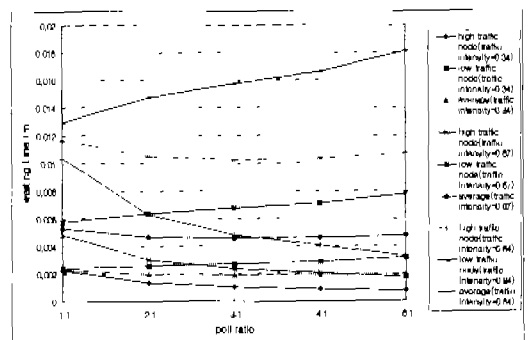


그림 4. 폴링빈도에 따른 평균대기시간: MMPP와 지수분포 패킷길이 경우

그림 5는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 MMPP 도착과정을 가정했을 경우의 각 노드에서 대기하는 평균 버퍼 길이를 나타내는 그림으로 포아송 도착과정을 가정했을 때와 역시 동일한 현상을 나타내어 버퍼의 크기를 줄일 수 있다.

그림 2 에서 5 까지를 종합하여 볼 때 입력 트래픽의 도착과정 모델에 크게 영향이 없이 가중빈도 풀링 다중화 모델을 적용할 경우 ATM 정합부와 같이 상대적으로 부하가 많이 걸리는 노드의 풀링 빈도를 높여 줌으로써 버퍼의 크기나 메시지 전송 대기 지연시간을 현저히 줄일 수 있음을 알 수 있다. 또한 부하가 많이 걸리는 노드와 부하가 적게 걸리는 노드와 풀링 빈도 차를 3배 정도로 해줄 때 전체 메시지의 평균 대기 지연시간 측면에서 가장 효율적인 것으로 나타났다.

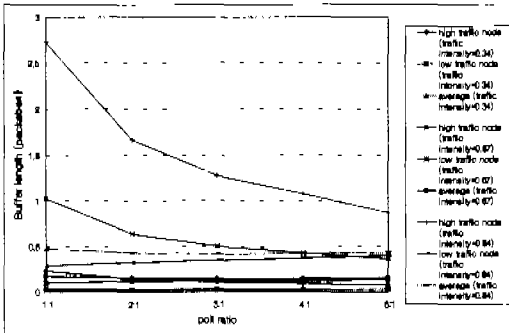


그림 5. 풀링빈도에 따른 큐의 길이: MMPP와 지수분포 패킷길이 경우

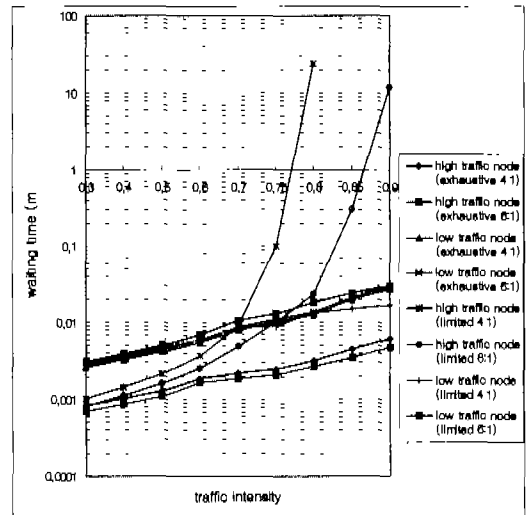
3.4. 대역제한원칙(k=1)과 완전원칙 가중빈도 풀링 다중화 모델 비교

풀링시스템의 서비스원칙에 따른 성능비교를 위하여 대역제한원칙(k=1 경우)을 적용한 가중빈도 풀링시스템의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 성능변수는 완전원칙 가중빈도 풀링시스템 성능분석에 사용된 변수들과 동일하게 가정하였고 대기 지연시간의 비교 결과는 그림 6과 같으며 버퍼 크기의 비교 결과는 그림 7과 같다.

그림 6(a)는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 포아송 도착과정을 가정하고 풀링빈도를 4:1과 6:1로 했을 때 완전원칙 서비스와 대역제한원칙 서비스 방식간의 대기 지연시간의 변화율 비교하였다. 대역제한 원칙을 사용할 경우 부하가 적게 걸리는 노드의 대기 지연시간은 완전원칙에 비해 작아지지만 부하강도가 0.6이상되는 영역에서 부하가 많이 걸리는 노드의 대기 지연시간이 완전원칙을 사용하는 경우에 비해 엄청나게 증가함을 알 수 있다. 이러한 이유는 완전원칙 서비스에서는 서버가 각 노드를 방문할 때 그 노드에 대기하고 있는 모든 패킷을 완전히 서비스 처리를 해주는 반면 대역제한 원칙은 한번에 한 개 씩만 처리하고 다음 노드로 서버

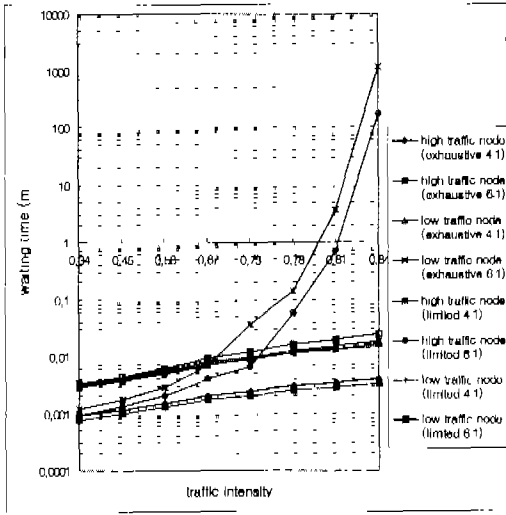
가 이동함에 따라 대기 패킷이 존재하지 않는 노드들을 여러 번 방문을 하게 되면서 이러한 이동시간 동안 서버가 일을 하지 않는 손실이 발생하기 때문이다. 그리고 풀링빈도를 높게 할수록 그 차이가 완화되나 전체적으로 완전원칙에 비해 대기 지연시간이 크다는 것을 알 수 있다. 그림 6(b)는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 MMPP 도착과정을 가정하고 풀링빈도를 4:1과 6:1로 했을 때 완전원칙 서비스와 대역제한원칙 서비스 방식간의 대기 지연시간의 변화율 비교하였다. 그림 6(a)의 포아송 도착과정으로 가정한 경우와 비슷하게 대역제한 원칙을 사용할 경우 부하가 적게 걸리는 노드의 대기 지연시간은 완전원칙에 비해 작아지지만 부하강도가 0.6이상되는 영역에서 부하가 많이 걸리는 노드의 대기 지연시간이 완전원칙을 사용하는 경우에 비해 엄청나게 증가함을 알 수 있다. 그림 6(a)와 그림 6(b)를 비교하면 동일한 부하강도를 가했을 경우에 부하강도가 0.7이하인 영역에서는 대기 지연시간이 비슷하게 나타나지만 부하강도가 0.7이상인 영역에서는 MMPP 도착과정의 대기 지연시간이 포아송 도착과정의 대기 지연시간 보다 훨씬 크게 나타난다. 이러한 이유는 포아송 도착과정에 비해 MMPP 도착과정의 상호연관 특성 때문이다.

그림 7(a)는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 포아송 도착과정을 가정하고 풀링빈도를 4:1과 6:1로 했을 때 완전원칙과 대역제한원칙간의 버퍼 크기를 비교하였으며 그 현상은 대기 지연시간 비교에서처럼 대역제한 원칙이 완전원칙에 비해 엄청

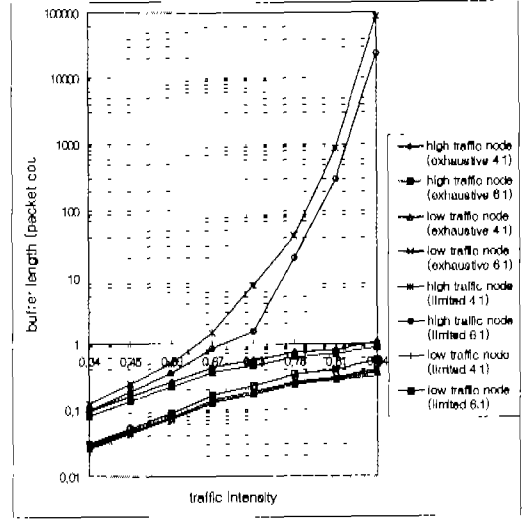


(a) Poisson and exponential packet size distribution





(b) MMPP and exponential packet size distribution



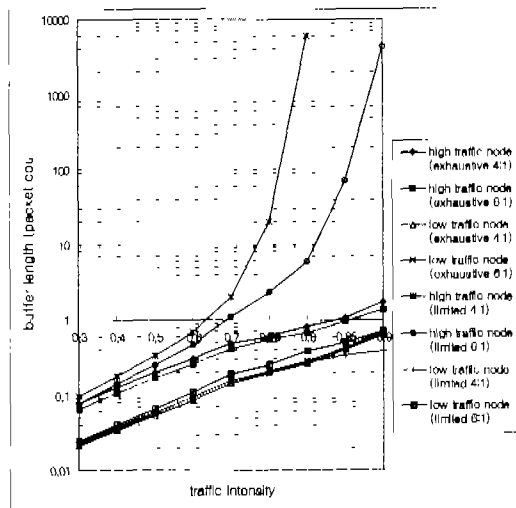
(b) MMPP and exponential packet size distribution

그림 6. 서비스원칙에 따른 평균대기시간의 비교

그림 7. 서비스원칙에 따른 평균 큐길이의 비교

나게 증가함을 알 수 있다. 그림 7-(b)는 지수함수 분포의 패킷길이를 갖는 MMPP 도착과정을 가정하고 풀링빈도를 4:1과 6:1로 했을 때 완전원칙과 대역제한원칙간의 버퍼 크기를 비교하였으며 포아송 도착과정의 경우처럼 대역제한 원칙이 완전원칙에 비해 엄청나게 증가함을 알 수 있다.

따라서 모든 노드에 걸리는 부하가 균등하지 못하고 ATM 정합노드와 같이 시스템 전체 부하의 반 정도를 담당하는 노드가 존재하는 비 대칭 부하 분포 상황에서의 풀링방식으로는 완전원칙 서비스 모드가 효율적임을 알 수 있다.



(a) Poisson and exponential packet size distribution

## V. 결론

본 논문에서는 기존의 중재교환제어기가 모든 노드들에게 동등한 대역폭을 할당할 수 있는 순환 풀링 중재교환 방식을 사용하던 것을 실제로 트래픽 부하가 큰 노드에게는 보다 더 많은 대역폭을 할당하고 상대적으로 트래픽 부하가 적은 노드들에게는 대역폭이 덜 할당되도록 하는 가중빈도 풀링 중재교환방식으로 개선을 하고 입력 트래픽 특성에 따른 성능평가를 수행하였다.

성능 분석은 가중빈도 풀링 풀링시스템 모델을 적용하여 각 노드의 트래픽 부하 조건에 따라 풀링 빈도를 어떻게 조절함이 가장 시스템 성능을 높일 수 있는지 확인하였다. 부하가 많이 걸리는 ATM 정합 노드들과 상대적으로 부하가 적게 걸리는 가입자 노드들의 총 입력트래픽의 부하 비가 50:50으로 가정했을 경우 ATM 정합 노드의 풀링 빈도를 3배로 해줌으로써 전체적으로 성능을 향상시켰다. 그리고 일반 순차 순환 풀링시스템에 비해 버퍼 크기가 50% 정도로 감소하는 효과를 얻었다. 서비스원칙 측면에서는 ATM 정합노드와 같이 시스템 전체 부하의 반 정도를 담당하는 노드가 존재하는 비 대칭 부하 분포 상황에서의 풀링방식으로는 완전원칙 서비스 모드가 효율적임을 알 수 있었다.

본 논문에서 분석한 가중빈도 풀링방식의 중재교환 제어기를 사용함으로써 각 노드에 준비해야할

버퍼 크기의 감소 효과와 다양한 트래픽 특성이 혼합되는 게이트웨이 시스템에서 전체적으로 트래픽 전달 지연시간의 감소효과를 얻음으로 서비스 품질을 높일 수 있다. 본 장치는 PC통신 및 인터넷 서비스를 제공하는 한국통신의 게이트웨이 장치인 대용량 통신처리시스템에 활용되고 있으며 현재 상용 서비스 시험 중에 있다.

참 고 문 헌

[1] 김동원,전경표,류근택,배현덕, "Development of Infoshop Service System," Proceeding of ICCE, pp. 388~389, Jun. 1996.

[2] 김동원,신현식,류원,이현우,전경표,배현덕, "개방형 정보검색시스템의 설계 및 성능분석," 정보처리학회 논문지, 제 3권 7호, 1996. 12.

[3] 김동원,신현식,류원,이현우,전경표,배현덕, "이종망간의 상호 연동 게이트웨이 시스템을 위한 내부 고속연동망," 정보처리학회 논문지, 제 4권 2호, pp. 499~514, 1997. 2.

[4] 류원,신현식,김동원, "대용량통신처리시스템에서의 고속스위치부 소프트웨어 설계 및 구현," 통신학회 하계학술, pp. 938~941, 1996.9.

[5] 김동원,김도영,신현식, "우선순위 폴링방식의 중재교환 제어기 설계," 한국통신학회논문지 제 23권 11T호, pp. 76~88, 1998. 11.

[6] R. B. Cooper, "Queues served in cyclic order: Waiting times," Bell Syst. Tech. J., Vol.49, pp. 399-413, Mar. 1970

[7] R. B. Cooper, G. Murray, "Queues served in cyclic order", Bell Syst. Tech. J., Vol.48, pp.675-689, Mar. 1969

[8] M. Eisenberg, "Queues with periodic service and changeover time," Oper. Res., Vol. 20, pp.440-451, 1972.

[9] O. Hashida, "Analysis of multiqueue," Rev. Elec. Commun. Lab., Vol. 20(3, 4), pp.189-199, 1972.

[10] A. G. Konheim, B. Meister, "Waiting lines and times in a system with polling," J. Assoc. Comput. Mach., Vol. 21, pp. 470-490, 1974

[11] I. Rubin, L. F. De Moraes, "Message delay analysis for polling and token multiple-access schemes for local communication networks," IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. SAC-1,

pp.935-947, Nov. 1983.

[12] M. J. Ferguson, Y. J. Aminetzah, "Exact result for nonsymmetric token ring systems," IEEE Trans. Commun., Vol. COM-33, pp.223-231, Mar. 1985.

[13] S. W. Fuhrmann, "Symmetric queues served in cyclic order," Oper. Res. Lett., Vol.4, No. 3, pp.139-144, Oct. 1985.

[14] H. Takagi, "Mean message waiting times in symmetric multi-queue systems with cyclic service," Perform. Eval., Vol. 5, No. 4, pp. 271-277, Nov. 1985.

[15] D. R. Manfield, "Analysis of a Priority Polling System for Two-Way Traffic", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-33, No. 9, pp1001-1006, 1985

[16] Joseph E. Baker, Izhak Rubin, "Polling with a General-Service Order Table", IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-35, No. 3, pp283-288, 1987

[17] Kuehn, P.J. (1979). "Multiqueue systems with nonexhaustive cyclic service", The Bell System Technical Journal, 58, 671-698.

[18] Takagi, H. (1986). Analysis of Polling Systems. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, and London, England.

[19] Kleinrock, L. (1975). Queueing Systems, Volume 1: Theory. John Wiley & Sons, New York.

[20] Heffes, H. and Lucantoni, D.M. (1986). "A Markov modulated characterization of packetized voice and data traffic and related statistical multiplexer performance", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Sac-4, 856-868.

[21] Neuts, M.F. (1979). "A versatile Markovian point process", Journal of Applied Probability, 16, 764-779.

[22] Wolfgang Fischer, Kathleen Meier-Hellstern, "The Markov-modulated Poisson Process (MMPP) cookbook", Performance Evaluation 18, North-Holland, pp149-171, 1992

김 동 원(Dong Won Kim)



1983년: 경북대학교 전자공학과  
공학사

1990년: 경북대학교 대학원  
전자공학과 공학석사

1998년: 충북대학교 대학원  
전자공학과 공학박사

1983년 3월 ~1998년 2월: 한국전자통신연구원 선임  
연구원

1998년 3월 ~ 현재: 충북도립 옥천전문대학 정보통신과  
전임강사