

M-hop 가상경로 흐름제어기법을 이용한 부하의 변화에 따른  
효율 및 시간지연의 관계비교

이 혼 정 김 원  
한국전기통신공사 사업지원본부

A Comparison of the Relationship between the Time Delay and Throughput  
using the M-hop Virtual Route Pacing Control Mechanism

Hoon Lee, Pil-Won Jeong  
K T A Research Center

Abstract

In this paper a virtual route pacing control mechanism is introduced to the flow control of M-hop virtual route in the packet data network.

The results described in this paper show us a comparison of the relationship between the throughput and the time-delay with the variation of the parameter, the normalized applied load, for the fixed window size.

1. 서 론

OSI 구조의 Network Layer에서의 흐름제어(Flow Control)는 송신 및 수신측간의 데이터의 흐름을 제어하는 방법으로 네트워크의 과부하의 교착의 방지 및 시간지연의 증대를 방지하기 위하여 송신단의 데이터 입력속도가 서비스를 하는 시스템의 능력이나 수신측의 능력을 초과하지 않는 상태에서 데이터의 흐름을 원활히 수행시키는 것을 목적으로 하고있다.

흐름제어의 실현을 위한 기법들은 컴퓨터통신망의 문제에 있어서 중요한 부분으로서 많은 연구의 대상이 되어왔고 그 기법들도 다양하다. (1)(2)(3)

본 논문에서는 System Network Architecture의 흐름제어방법인 가상경로(Virtual Route) Pacing 제어의 기법을 이용하여 임의의 Network에 대하여 Window 크기가 유한한 값으로 고정된 경우에 인가된 부하와 시스템의 서비스능력의 비를 변화시킴에 따른 시스템의 효율 및 시간지연율구하여 그 관계를 비교하기로 한다.

2. M-hop 가상경로의 등가폐쇄형 모델

통신망에서의 송수신측간의 가상경로가 1개 이상의 노드를 지날때에는 지나는 각각의 노드들 하나의

대기행렬(Queue)로 볼 수가 있다.

이때 대기행렬에서 수신확인패킷(Acknowledgement Packet)에 우선권을 가장 높게 부여한다고 가정하면 수신측에서 송신측으로의 수신확인패킷의 전송시에 일어나는 시간지연은 무시될 수 있으며 이때 가상경로는 또하나의 임의의 대기행렬을 통해서 수신측에서 송신측으로의 궤환(Feedback)이 되는 폐쇄형 모델(Closed-System Model)로 나타낼 수가 있다. (4)

SNA에서는 위와 같은 모델을 구현하기 위하여 다음과 같은 방법을 쓰고있다. 송신측이 윈도우의 첫번째 패킷에 VRPRQ(Virtual Route Pacing Request)라는 패킷을 보내고 수신측에서는 이 패킷을 접수하여서 VRPRS(Virtual Route Pacing Response)패킷으로 응답을 하게되며 이 패킷이 송신측에 도달하면 Pacing Count는 윈도우크기 만큼 증가하게된다. 그리고 초기에 가상경로에 대한 윈도우의 크기를 지정한 후 패킷이 가상경로로 입력될때마다 Pacing Count는 1씩 감소하게된다.

이상의 사실을 바탕으로 한 송수신측간의 노드가 M인 가상경로 폐쇄형제어의 폐쇄모델은 아래 그림과 같은 대기행렬로 표현된다.

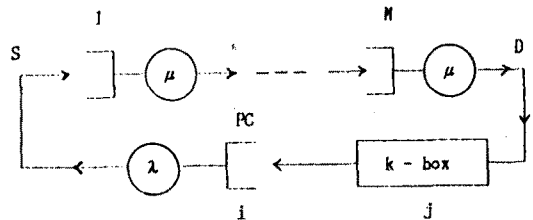


그림.1 M-hop 가상경로의 폐쇄형 모델

Fig.1 Closed-system model of the M-hop virtual route

그림.1에대한 Norton등가 대기행렬 모델은 그림.2와같다.

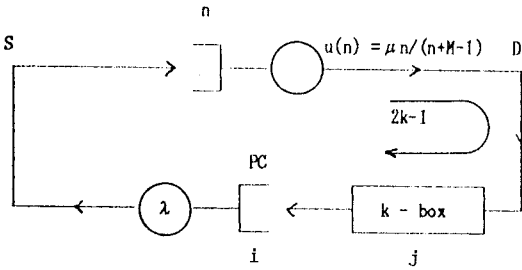


그림.2 M-hop 가상경로의 Norton 등가 모델  
Fig.2 Norton equivalent model of the M-hop virtual route

위의 그림.2에서의 가장은 다음과 같다.

- i ; Pacing Count
- j ; k-box의 상태변수
- i 및 j의 범위  
 $0 \leq i \leq 2k-1$   
 $0 \leq j \leq k-1$   
 $0 \leq i+j \leq 2k-1$
- k ; 윈도우의 크기
- n ; M-hop 가상경로를 따라 전송되는 패킷의 수
- $\lambda$  ; 평균도달율(packet/sec)
- $\mu$  ; 전송속도(전송능력)
- $\rho$  ; 정규화된 부하  $\rho = \lambda/\mu$
- $u(n)$  ; 등가 대기행렬의 service 특성함수

그림.2에서 (i,j)쌍의 가능한 상태에 대한 Joint state probability를  $P(i,j)$ 라고 하면 가정에서의 i 및 j의 조건을 만족하는 (i,j)쌍에 대한 정상상태방정식은 식(1)과 같다.

$$(\lambda + u(2k-1-(i+j)))P(i,j) = \lambda P(i+1,j) + u(2k-(i+j))P(i,j-1) \quad \dots (1)$$

한편 (i,j)쌍의 상태천이도는 그림.3과 같이 표현된다.

등가 모델의 효율은 가능한 n 값에대한  $u(n)$ 의 평균으로서 E로 두면 E는 식(2)와 같다.

$$E = \sum_{n=1}^{2k-1} u(n)P_n \quad \dots (2)$$

단,  $u(n) = \mu n / (n+M-1)$   
 $P_n = P_{2k-1-(i+j)}$

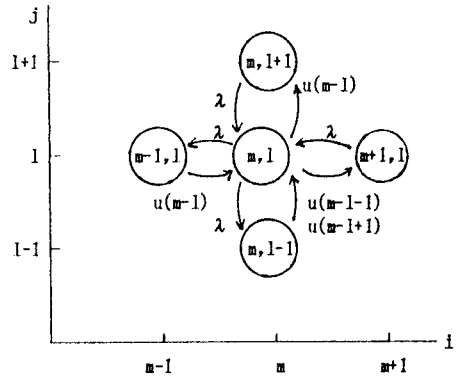


그림.3 (i,j)쌍의 상태천이도  
Fig.3 State transition diagram of the (i,j) pair

가상경로에서의 End-to-end 시간지연  $T_d$ 는 Little의 관계식으로부터 구한다. 우선 가상경로내의 평균 패킷수를 N이라고 하면

$$N = \sum_{n=1}^{2k-1} nP_n \quad \dots (3)$$

이 된다. 따라서

$$T_d = N/E = \sum_{n=1}^{2k-1} nP_n / E \quad \dots (4)$$

### 3. 시뮬레이션 및 결과

앞에서 제안한 대기행렬 모델에서 hop의 크기가  $M=3$ 이라고 가정하고 윈도우의 크기가  $k=2$  및 3인 경우에 대해 정규화된 효율 및 정규화된 시간지연을 구하였다.

이때 송신측의 평균도달율  $\lambda$ 와 전송속도  $\mu$ 의 비로써 표시되는 정규화된 부하  $\rho$ 의 값을  $\rho=0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ , 및 10으로 가정하여 그에 대한 정규화된 효율  $E/\mu$  및 정규화된 시간지연  $\mu T_d$ 를 구하여서 각각 그림.4,5에 나타내었다. 또한 정규화된 부하를 매개변수로 한 시간지연에 대한 효율의 관계를 그림.6에 나타내었다.

그림.4,5,6에서 보는 바와 같이  $k=2$ 일때 보다  $k=3$ 일때가 효율 및 시간지연이 높지만 시간지연에 대한 효율의 변화율은 민감하지 않음을 알 수 있다.

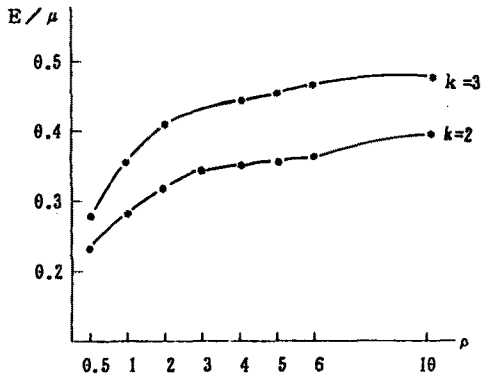


그림.4 k=2,3, M=3인 경우의 정규화된 효율  
Fig.4 Normalized throughput for k=2,3, M=3

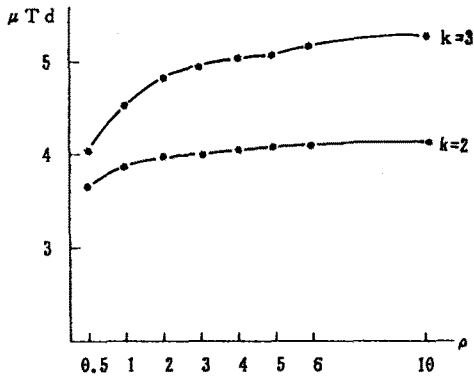


그림.5 k=2,3, M=3 인 경우의 정규화된 시간지연  
Fig.5 Normalized time-delay for k=2,3, M=3

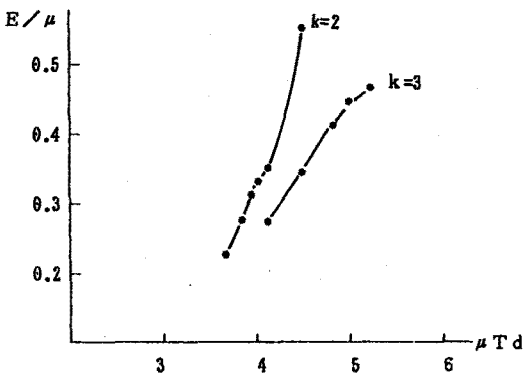


그림.6 k=2,3, M=3 인 경우의 정규화된 효율  
대 정규화된 시간지연  
Fig.6 Normalized throughput vs. normalized  
time-delay for k=2,3, M=3

#### 4. 결 론

Network layer의 흐름제어의 한 방법인 가상 경로 pacing제어기법을 이용하여 윈도우의 크기가 유한한 값으로 고정된 경우에 대하여 인가된 부하와 서비스 속도의 비를 변화시킬때 따른 시스템의 효율과 시간지연을 구하여 부하와 효율, 부하와 시간지연 및 부하를 매개변수로 한 시간지연과 효율의 관계를 그래프로 그려보았다.

각각의 k 값에 대한 결과로부터 시간지연에 대한 효율의 변화를 알 수 있으며 이는 서비스 퍼포먼스의 척도로 이용될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- (1) M.Gerla, "Flow Control; A Comparative Survey", IEEE Trans. on commun. vol. Com-28, pp.553-574, Apr. 1980
- (2) V.Ahuja, "Routing and Flow Control in System Network Architecture", IBM sys.J. vol.18, no.2 pp.298-314, 1979
- (3) 김동규, "컴퓨터 통신 네트워크", 상조사, 1987
- (4) M.Schwartz, "Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis", Addison Wesley Publishing co., 1987