

Transit Traffic 을 조절하도록 하는 입력 버퍼 제한 방법

○ 송 명 렬 박 성 태 박 민 용 이 상 배
연 세 대 학 교 전 자 공 학 과

A Method of Input Buffer Limit with Restriction of
Transit Traffics

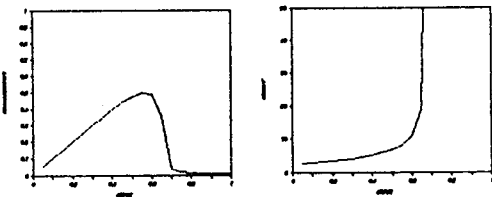
Myongryol Song Seongrae Park Mignon Park Sangbae Lee
Dept. of Electronics, Yonsei University

ABSTRACT

A network flow control method, input buffer limit technique which can adjust the transit traffics in a node, is proposed. The transit traffics that occupy node buffers more than threshold are decreased. It has better performance than input buffer limit. The proposed flow control is analyzed by queueing model. Numerical results of some example are shown.

1. 서 론

Congestion의 원인은 network의 resource에 대한 과도한 요구가 있을 때 line capacity, storage 같은 basic network resource에 대한 배 세지들의 contention에 기인한다. Congestion이 발생하면 그림1과 같이 load가 증가할 때 throughput이 증가하다가 load가 상당히 증가할 때 되면 throughput은 최고점을 지나 급격히 떨어져서 영이 되고, 이때 network의 congested 노드로 들어가는 packet이 막히게 된다.



(a) throughput (b) delay
그림 1. flow control을 하지 않는 경우

이러한 네트워크 congestion을 피하기 위해 네트워크 전체에 머물러 다닐 수 있는 packet 수를 제한하는 Isarithmic control[1]과 주어진 출발점과 목적지 사이에 설정되어 있는 VR(Virtual route) 위에서 한번에 흐를 수 있는 packet 수를 제한하는 window control을 적용한다

[2] 그리고 노드의 buffer를 독립하지 못하도록 하여 균등한 서비스를 보장하는 버퍼 공유 방법이 있다. [3] 그런데 Isarithmic control이나 window control을 잘 운영할지라도 여러 개의 VR들이 어떤 노드를 지나도록 설정 되었을 때 일시적으로 그 노드로 packet이 집중 되는 congestion은 피할 수 없다. 그래서 그 노드로 향하는 input packet에 대해 극한을 정 하여 제한하는 input buffer limit control이 제안되었다. [4] 한편, 노드를 통과하는 VR의 outgoing link의 버퍼에 임계치를 정해두고 그 버퍼에 대기 중인 packet수가 임계치를 넘을 때는 VR상의 바로 전 노드로 부터 통신량을 점차로 줄이는 방법이 개발되었다. [5] 따라서 본 논문에서는 transit packet수가 임계치를 넘 는 경우 바로 전 노드로 부터 교통량을 줄이 는 방법을 채택한 input buffer limit에 대해서 congestion을 피하는 방법을 제시하고 그의 해석과 성능을 분석하고 기존의 것과 비교하여 보겠다.

2. 제어 방법 및 해석

(1) 제어 방법

네트워크에 설정된 어떤 VR외의 한 노드를 볼 때 그 노드로 들어오는 packet중 이미 노 드를 최소한 하나 이상 거쳐서 도착한 것을 transit, 처음으로 그 노드로 들어가는 것을 input packet이라 부른다. Input packet에 대해서는 극한을 정하여 노드의 버퍼가 가득 차지 않고 input packet수가 극한 보다 적은 경우에 만 버퍼로 받아들이고 두 경우 중 어느 하나 라도 만족하지 않는 조건에서는 막히게 된다. Transit packet은 버퍼가 가득 차기 전까지는 허용되는데 만일 transit packet수가 미리 정한

임계치를 넘을 때는 바로 전에 위치한 노드로 control packet을 보내어 transit traffic을 줄이고, 계속해서 버퍼를 차지하는 packet수가 늘어나 가혹 차게 될 경우에는 더 이상 packet을 받지 않아서 막힌 상태가 된다.

(2) 노드 모델

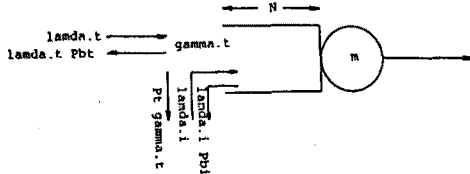


그림2. 노드 모델

$\lambda_{a,i}$: 노드에 도착하는 input packet의 비율 (packets/sec)
 $\lambda_{a,t}$: 인접한 노드로 부터 도착하는 transit packet의 비율 (packets/sec)
 m : 노드 전송 속도

(3) 제안된 flow control

NTH: transit packet에 대한 임계치
 NI: input packet에 대한 국한
 n_i : 전송을 기다리고 있는 input packet수
 n_t : 전송을 기다리고 있는 transit packet수

- 1) $n_i + n_t = N$: input 과 transit packet 모두 막힘.
- 2) $n_i + n_t < N$: transit packet은 허용.
 - 가) $n_i = NI$: input packet은 막힘.
 - 나) $n_i < NI$: input packet 허용.
 - 다) $n_t < NTH$:
 - at = $\lambda_{a,t} (1 - Pt)$ --- (1)
 여기서 Pt는 transit traffic 이 네트워크를 떠날 확률
 - 라) $n_t \geq NTH$: control packet을 바로 전 노드로 보내어 traffic rate를 r 만큼 줄인다.
 - at' = $at (1 - r)$, $0 < r < 1$ --- (2)

(4) 제안된 제어 방법에 대한 해석

가정:

- 1) Transit 과 input packet의 도착은 서로 독립인 Poisson process를 이룬다. [6]
- 2) Packet의 길이는 평균 $1/m$ 인 지수 분포를 이룬다.
- 3) Homogeneous 네트워크

정의:

$$\begin{aligned} \lambda_{a,t} &= \lambda_{a,i} (1 - P_{bi}) / P_t (1 - P_{bt}) \\ m' &= m (1 - P_{bt}) \\ ut,i &= \lambda_{a,i} / m' \\ ut,t &= \begin{cases} at / m' \\ at' / m' \end{cases} \end{aligned} \quad \text{--- (3)}$$

버퍼의 상태
 $n = (n_i, n_t)$

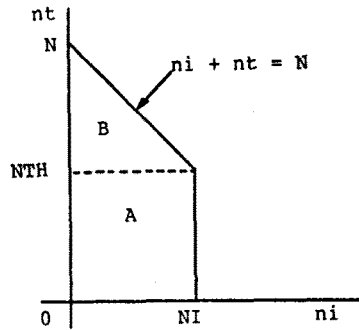


그림3. 버퍼의 상태도

영역 B에서 transit packet수가 임계치 이상 이므로 transit traffic을 r 만큼 줄이게 된다

평형 확률

$$P(n) = P(n_i, n_t) \text{ 라면} \quad \text{--- (4)}$$

상태 공간에서 평형 방정식은 다음과 같다. [7]

$$\begin{aligned} [m' + \lambda_{a,i} + \lambda_{a,t} (1 - Pt)] P(n_i, n_t) &= \lambda_{a,i} P(n_i - 1, n_t) \\ &+ \lambda_{a,t} (1 - Pt) P(n_i, n_t - 1) \\ &+ \{m' (n_i + 1) / (n_i + 1 + n_t)\} P(n_i + 1, n_t) \\ &+ \{m' (n_t + 1) / (n_i + 1 + n_t)\} P(n_i, n_t + 1) \end{aligned} \quad \text{--- (5)}$$

(5) 식을 만족하는 해는

$$P(n_i, n_t) = \frac{1}{C} \frac{(n_i + n_t)!}{n_i! n_t!} ut,i^{n_i} ut,t^{n_t} \quad \text{--- (6)}$$

C는 정규화 상수이고 확률 보존 법칙에 의해 결정될 수 있다.

$$C^{-1} = \sum_{n \in F_s} \frac{(n_i + n_t)!}{n_i! n_t!} ut,i^{n_i} ut,t^{n_t} \quad \text{--- (7)}$$

여기서 F_s 는 buffer의 제한 조건을 만족하는 가능한 모든 상태 (n_i, n_t) .

Transit packet이 막히게 될 확률. [4]

$$P_{bt} = \sum_{n_i+nt=N} P(n_i, nt) = \sum_{n_i=0}^{NI} P(n_i, N - n_i) \quad \text{--- (8)}$$

Input packet이 막히게 될 확률.

$$P_{bi} = P_{bt} + \sum_{nt=0}^{N-NI-1} P(NI, nt) \quad \text{--- (9)}$$

Throughput

$$\gamma_{i,j} = \lambda_{i,j} (1 - P_{bi}) \quad \text{--- (10)}$$

Time delay E(T)는 Little's formula에 의해 [8]

$$E(T) = [E(n_i) + E(nt)] / \gamma_{i,j} \quad \text{--- (11)}$$

E(n_i): 대기 중인 input packet수의 평균
E(n_t): 대기 중인 transit packet수의 평균.

(5) 결과

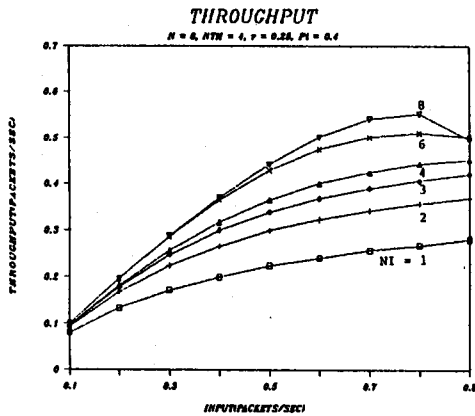


그림4. 제안된 방법의 THROUGHPUT

그림4.는 N = 8, P_t = 0.4, N_{TH} = 4, r = 0.25로 정하여 transit packet을 제한하는 방법을 채택한 input buffer limit의 throughput 곡선을 나타낸다.

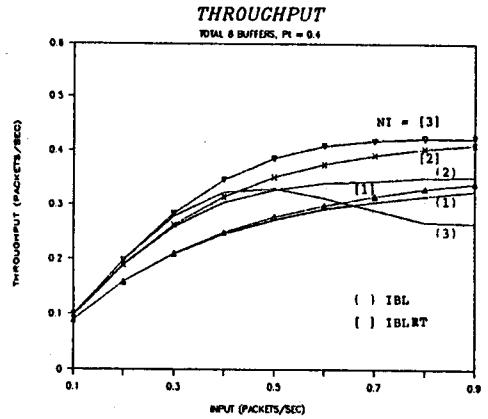


그림5. (a)

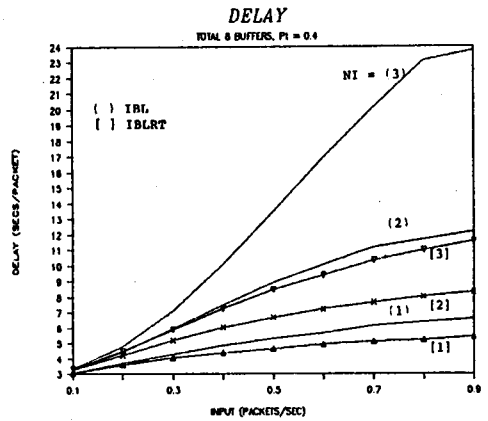


그림5. (b)

그림5.는 IBLRT(Input Buffer Limit with Restriction of Transit traffic)와 IBL(Input Buffer Limit)의 throughput 과 delay 를 비교한 것이다. 가로축은 outgoing link의 전송속도(packets/sec)로 정규화된 것으로 노드로의 입력을 나타낸다. Throughput의 경우 IBLRT의 최대치가 0.42이므로 종래의 IBL에서 최대치 0.35를 기준하여 20% 증가하였다. Delay는 input buffer의 수가 1, 2, 3개일 때 각각 16%, 29%, 49% 늘어났다.

그림6은 throughput의 증가, delay의 감소 효과를 보여주는 power 곡선으로서 throughput/delay로 정의되고, 전체적으로 IBLRT의 power가 IBL보다 높고 NI = 1일 때 최대값이 되고 있다.

3. 결론

Input buffer limit에 임계치를 넘는 transit traffic을 제한하는 제어방법이 종래의 input buffer limit보다 throughput이 증가하고 delay는 떨어진다. Flow control을 위해 tran-

sit traffic 을 일정한 비율만큼 줄이는 방법은 발생할 수 있는 모든 상태 중 traffic 이 막히게 되는 경우에 대한 확률 밀도를 작게한다. 따라서 traffic 이 막히게 되는 경우의 수를 줄이고 각 경우에 대한 확률 밀도를 줄이도록 하는 제어 방법이 연구되어야 할 것이다.

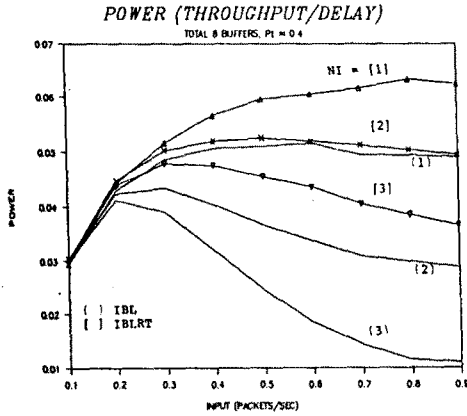


그림6. POWER 특성 비교

참고 문헌

[1] D. W. Davies, "The Control of Congestion in Packet Switching Networks", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-20, no. 3, Jun. 1972, pp. 546-550.

[2] A. S. Tanenbaum, Computer Networks, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1981.

[3] F. Kamoun and L. Kleinrock, "Analysis of Shared Finite Storage in a Computer Network Node Environment Under General Traffic Conditions", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-28, no.7, Jul. 1980, pp. 992-1003.

[4] S. S. Lam, "Congestion Control of Store-and-Forward Networks by Input Buffer Limits - An Analysis", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-27, no. 1, Jan. 1979, pp. 127-133.

[5] J. Matsumoto and H. Mori, "Flow Control in Packet-Switched Networks by Gradual Restrictions of Virtual Calls", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM -29, no. 4, Apr. 1981, pp. 466-473.

[6] L. Kleinrock, Communication Nets, McGraw-Hill, New York, 1964, reprinted Dover, 1972.

[7] M. C. Pennotti and M. Schwartz, "Congestion Control in Store and Forward Tandem Links", IEEE Trans. on Communications, Vol. COM-23, no. 12, DEC. 1975, pp. 1434-1443.

[8] H. Kobayashi, Modeling and Analysis: An Introduction to System Performance Evaluation Methodology, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1978.