

Priority Service Algorithm of Packet Switch for Improvement in QoS

丁海英*, 李興宰*, 崔眞圭*, 李圭皓**

Hae-Young Jung*, Heung-Jae Lee*, Jin-Kyu Choe*, Kyou-Ho Lee**

요 약

초고속 패킷 스위칭 네트워크에서 QoS 보장을 위한 여러 가지 방안 중 우선순위에 의한 패킷처리 방식이 선호되고 있다. 초고속 패킷 스위치에서 우선순위에 따르는 효율적인 패킷 처리는 서비스 성능 향상의 관건이다. 따라서 초고속 네트워크 내의 핵심인 패킷 스위치에서의 효율적인 우선순위 서비스 알고리즘의 개발은 중요하다. 본 논문에서는 효율적인 패킷 스위치 성능 향상 방안으로 큐에 대기하는 패킷의 개수에 따라 서비스시간을 가변적으로 할당할 수 있는 W-iSLIP 스케줄링 알고리즘을 제안하고, 시뮬레이션하여 기존의 알고리즘과 비교 분석하였다. 우선순위에 따른 서비스와 전체 지연시간을 분석한 결과, 전체 지연시간에 있어서는 2.6%, 우선순위 서비스에 있어서는 34.6%의 성능향상이 있는 것으로 분석되었다.

Abstract

In high speed packet switching network, packet service by priority scheme prefer to QoS. Efficient packet service according to the priority scheme in high speed packet switch is a key point. Therefore development of priority service algorithm in the packet switch is very important. In this paper, we proposed W-iSLIP algorithm that service time take queue length into consideration and compared the proposed W-iSLIP algorithm to other previous proposed algorithm through simulation. Simulation results show 2.6% performance elevation in average delay, and 34.6% performance elevation in priority service.

keyword: priority scheme, W-iSLIP algorithm, packet switch, performance, simulation.

1. 서 론

인터넷 사용 인구가 증가함에 따라 트래픽도 증가하게 되어 세계적으로 데이터 트래픽이 1999년 월 35만Tbps에서 2003년에는 월 1,500만Tbps로 4,000% 정도 성장하였다[1]. 이와 같은 데이터 통신의 급격한 증가는 사용인구의 증가와 다양한 멀티미디어 서비스로 인한 트래픽 때문이며 이를 수용하기 위해 현재

기가비트 이더넷 기술이 널리 사용되고 있다. 또한 기가비트 이더넷 망을 효율적으로 사용하기 위해 기가비트 이더넷 스위치가 등장하게 되었으며, 연평균 43%의 높은 성장을 기록하여 2003년 현재 패스트 이더넷을 제치고, LAN(Local Area Network) 스위치 시장에서 가장 높은 시장을 점유하고 있으며 2004년에는 전체 LAN 스위치 시장의 53%를 차지할 것으로 예측되며 이러한 고속 통신망에서 스위치의 중요성은

* 韓南大學校 韓南大學校 情報通信멀티미디어工學部 (School of Info. Tech. & Multimedia Eng., Hannam Univ.)

** 韓國電子通信研究院 (Electronics and Telecomm. Research Institute)

※ 본 연구는 2003년도 한국전자통신연구원의 연구비 지원에 의해 수행된 연구결과임.

接受日:2003年 8月 14日, 修正完了日: 2003年 11月 12日

점차 증가하고 있다[2].

기존의 스위치는 포워딩부에서 도착하는 패킷을 어느 출력 포트에 포워딩할 것인지를 결정하며, 해당 패킷을 어떤 방법과 구조로 전달할 것인지는 스위칭부의 구조에 따른다. 라우팅/시그널링/관리 부는 라우팅 프로토콜을 실행시켜 라우트를 계산하고 라우팅 테이블을 생성 및 관리하게 된다[2].

스위칭부는 스위치의 성능을 좌우하며 버퍼 방식과 스케줄링 알고리즘에 관하여 정의되어 있는 부분이다. 기존의 스위치는 버퍼 방식으로는 가상 출력 큐 방식을 채택하고 있으며, 스케줄링 알고리즘으로는 RR(Round Robin) 방식과 RR방식에서 입력과 출력의 동기를 맞추어 서비스되는 방식인 iSLIP방식이 주로 사용되고 있다[3]. 그러나 현재 인터넷 사용인구의 증가 추세와 그에 따른 데이터의 증가 추세를 볼 때 점차 현재의 스위치는 한계를 드러내고 있으며 성능향상 방안이 요구된다. 기가비트 이더넷 스위치는 고속으로 전달되는 패킷을 일정크기의 셀 단위로 잘라서 서비스해주는 방식의 패킷 스위치 방식이다. 패킷 스위치의 소프트웨어적인 성능향상 방안은 버퍼링 방식의 개선과 스케줄링 알고리즘의 개선으로 나뉘어질 수 있으며 본 논문에서는 기존의 스케줄링 알고리즘을 개선할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

본 논문은 I장 서론에 이어 II장에서 기존 스위치의 버퍼 방식과 스케줄링 알고리즘에 대해 분석하고, 큐에 대기하는 패킷에 따라 가변적으로 슬롯타임을 할당하는 W-iSLIP(Weighted-iSLIP) 알고리즘을 제안한다. III장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 기반으로 고속 패킷스위치를 모델링하여 다양한 조건 하에서 시뮬레이션 하였다. 기존의 알고리즘과 부하에 따른 지연시간과 우선순위 서비스에 대하여 비교 분석한다. 마지막으로 IV장에서 결론으로 이상의 연구를 정리하였다.

II. 스위칭 구조

스위치의 성능에 크게 영향을 끼치는 요소로는 버퍼의 위치에 따른 큐 방식과 입력되는 패킷의 서비스를 결정하는 스케줄링 알고리즘을 들 수 있다. 패킷교환방식의 스위치에서는 각 입력단으로의 패킷 도착은 각 입력단 간에 증재되어 들어오지 않고, 패킷의 도착 패턴을 미리 알 수 없다. 그러므로 두개 이상의 패킷이 동일 입력으로 들어오는 경우가 발생하며, 이를 출력단 충돌이라 한다. 스위치는 이러한 충돌없이 출력으로 전송될 패킷을 결정해서 전송하고 나머지 차단

된 패킷은 스위치내부에 버퍼링 해야 한다. 이러한 패킷 충돌을 없애기 위해 입력되는 패킷들의 일시적인 저장공간이 필요하며, 이 버퍼의 위치에 따라 입력 큐 방식, 출력 큐 방식, 가상 출력 큐 방식으로 나눌 수 있다[3,4].

스위치는 여러 개의 입력에서 입력되는 패킷을 여러 출력으로 서비스하는데 있어 일관된 정책이 필요하다. 이러한 정책을 스케줄링 알고리즘이라 하며, 고속 패킷 스위치에서 사용하는 알고리즘으로는 RR방식, PIM(Parallel Iterative Matching), iSLIP과 같은 방식이 있다[3]. RR 방식은 각 입력에 따라 순차적으로 서비스하여 출력으로 내보내주는 순차서비스 방식이며, PIM방식은 입력의 기근 문제를 해결하고자 제안되었다. iSLIP 방식은 순차적으로 서비스되는 RR방식에 있어 입력과 출력의 비동기로 인해 발생하는 효율저하를 해결하고자 입출력간의 동기를 맞추어 순차적으로 서비스하는 방식을 말한다[3-5]. 이 iSLIP 알고리즘은 입출력 동기에 의한 장점이 있으나 유입되는 트래픽과는 상관없이 모든 포트에 동일 서비스시간을 할당하므로 효율적으로 트래픽을 처리하기 어렵다. 또한 인터넷 트래픽이 특성상 정량적으로 유입되지 않기 때문에 동일한 서비스시간을 할당하는 것은 버스티한 트래픽이 유입되는 포트의 경우 지연시간을 가중시키며 그에 따라 우선순위가 높은 패킷이라도 전체적으로 지연시간이 증가하게 된다[6]. 이에 QoS(Quality of Service)를 고려한 우선순위 패킷의 효율적인 처리와 버스티한 트래픽이 유입될 경우 안정적인 처리를 위해서는 유입되는 트래픽에 따른 서비스시간에 가중치를 고려하는 것이 타당할 것이다.

따라서 본 논문에서는 iSLIP 알고리즘에 입력되는 트래픽에 따라 가중치(weight)를 고려할 수 있도록 하는 W-iSLIP 알고리즘을 제안한다. W-iSLIP 알고리즘은 큐를 모니터링하여 대기하고 있는 패킷의 양에 따라 해당 포트에 차등적으로 서비스시간을 할당하는 방식으로 버스티한 트래픽이 유입될 경우 지연시간을 줄이고, 그에 따른 우선 순위 패킷의 서비스 효율을 향상시키고자 하였다.

1단계(모니터) : 큐에 대기하고 있는 패킷의 개수를 비교하여 서비스 시간을 산출한다.

2단계 (요청) : 매치되지 않은 모든 입력(대기하는 패킷이 존재)은 해당 출력으로 요청한다.

3단계 (허가) : 요청신호를 수신한 출력은 해당 출력 라운드로빈 아비터의 포인터에 따라 허가할 입력을 선택(만약 해당포인터의 입력으로부터 요청신호가 없으면 다음 우선순위 입력을 선택) 하고 서비스 시간을 할당한다. 4단계에서 수락된 경우에 한하여 선택한

허가 입력포트 다음 포트에 허가 포인터를 갱신하고 수락되지 않은 경우엔 허가 포인터를 유지한다.

4단계 (수락) : 허가신호를 수신한 입력은 해당 입력 라운드로빈 아비터의 포인터에 따라 수락할 출력을 선택(만약 해당포인터의 출력으로부터 허가신호가 없으면 다음 우선순위 출력을 선택)하고 선택한 수락 출력포트 다음 포트에 허가 포인터를 갱신한다.

위의 1단계에서 언급한 서비스 시간을 계산하는 방식은 전체 큐에 대기하고 있는 전체 패킷의 개수를 Q_i 라고 했을 경우 Q_i 는 다음 식 1과 같다.

$$Q_i = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n \quad (1)$$

전체 서비스 타임을 T_i 라고 했을 경우 T_i 는 다음 식 2와 같다. 각 입력의 서비스 시간은 전체 서비스 시간의 절반을 초과할 수 없으며 각 입력의 서비스 타임의 총 합은 전체 서비스 시간과 같다. N개의 입력을 가진 스위치의 경우 각 각의 서비스 시간 T_i 는 다음과 같다.

T_i 는 총 스위칭 시간이며, 다음의 식 2와 같다.

$$T_i = T_1 + T_2 + \dots + T_n \quad (2)$$

T_i 는 해당 입력의 스위칭 시간이며, 다음의 식 3과 같다.

$$T_i = T_{r(i-1)}(Q_i/Q_r) \quad (3)$$

T_{ri} 는 해당 입력을 서비스하고 남은 여분의 스위칭 시간이며, 다음 식 4와 같다.

$$\begin{aligned} T_{r0} &= T_i \\ T_{r1} &= T_i - T_{r0} \end{aligned} \quad (4)$$

$$T_{ri} = T_i - \sum_{n=1}^{n=i-1} T_{rn}(Q_n/Q_i)$$

여기서 $i \geq 2$ 이다.

실제적인 트래픽이 각 입력포트 마다 정량적으로 유입되지 않으므로, 가변적인 서비스 시간을 적용하여 서비스할 경우, 버스티한 트래픽에 대해 유연하게 서비스할 수 있으며 지연시간에 있어 성능향상을 기대할 수 있다.

III. 시뮬레이션 모델링 및 성능 분석

3.1 시뮬레이션 모델링

고속 패킷 스위치의 성능을 분석하기 위하여 그림 1과 같이 스위치를 모델링 하였다. 스위치는 N개의 입력과 N개의 출력을 가지며, 버퍼는 가상 출력 큐 방식을 사용하였다. 입력 포트로부터 입력되어 지는 모든 패킷들은 스위치의 스위칭 시간에 알맞은 크기

로 나뉘어져 해당 목적지에 따라 가상의 출력 큐에 저장되며, 큐는 FIFO로 동작된다. 큐에 저장된 패킷은 해당 입력에 할당된 스위칭 시간 동안 스위치의 공유 메모리에 저장된다. 이 때 스케줄링 방식에 따라 해당 입력의 스위칭 시간과 입력 패킷의 서비스 순서가 결정된다. 공유 메모리에 저장된 패킷의 조각들은 다시 입력과 동일한 방식의 스케줄링 방식을 거쳐 해당 출력으로 출력되며, 출력포트에서는 나누어진 패킷의 조각들을 다시 완전한 패킷으로 만들어 목적지에 전송한다. 각 입력의 가상 큐에서는 순차적으로 서비스된다.

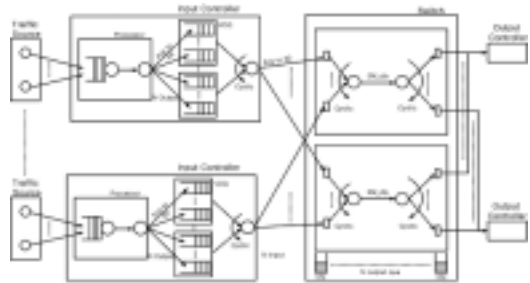


그림 1. 고속 패킷 스위치 모델

Fig. 1. High speed packet switch model

3.2 성능 분석

앞 장에서 서술한 기본 시뮬레이션 모델링에 의하여 입력 트래픽에 따른 패킷의 지연시간, 패킷의 우선순위에 따른 지연시간 등을 시뮬레이션 하였다. 또한 iSLIP과 본 논문에서 제안하고자 하는, 큐에 대기하는 패킷의 개수에 따라 가중치를 두어 스위칭 타임을 가변적으로 서비스하는 W-iSLIP 방식을 비교하였다.

그림 2는 본 논문에서 제시하는 W-iSLIP 알고리즘을 적용하였을 경우 스위치의 부하에 따른 지연시간의 변화를 도시한 것이다.

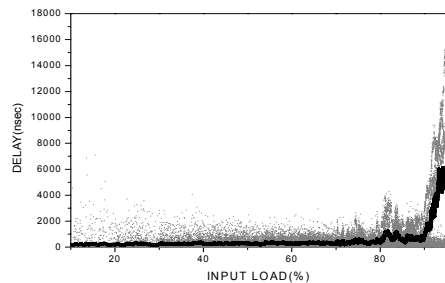


그림 2. 부하에 따른 지연시간

Fig. 2. Delay time with Load

전체적으로 높은 지연시간의 분포를 보이지만 VOQ를 사용하는 패킷 스위치의 처리율이 98% 정도라는 것을 95% 이후에 지연시간이 확연히 늘어나는 것으로 알 수 있다. 모델링한 스위치는 총 트래픽이 90% 미만인 경우에는 별 무리가 없이 동작하나 90% 이상의 트래픽이 입력될 경우에는 점차적으로 지연시간이 늘어난다. 한쪽의 입력으로 과도한 트래픽이 추가되었을 경우에는 그림 3에서 보는 바와 같이 트래픽이 집중된 입력 측의 가상 출력 큐에 대기하는 패킷의 평균 개수가 트래픽이 집중되지 않은 다른 입력 측의 가상 출력 큐에 대기하는 패킷의 평균 개수보다 큰 것을 확인할 수 있다. 그러나 모든 입력 트래픽의 평균이 90% 이상만 되지 않는다면 그림 4와 같이 해당 평균 입력 트래픽을 동일하게 부가한 경우와 지연시간, 출력 큐에 대기하는 큐의 개수는 동일한 패턴의 결과를 보이는 것으로 분석되었다.

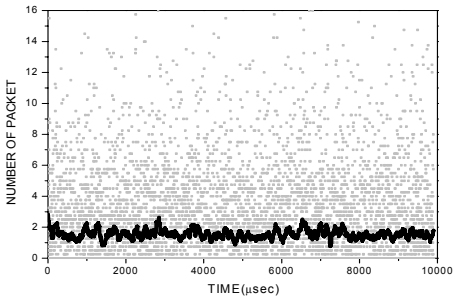


그림 3 트래픽이 집중된 입력의 가상 출력 큐 내 패킷의 개수
Fig.3. No. of packet in VOQ for concentrated traffic input

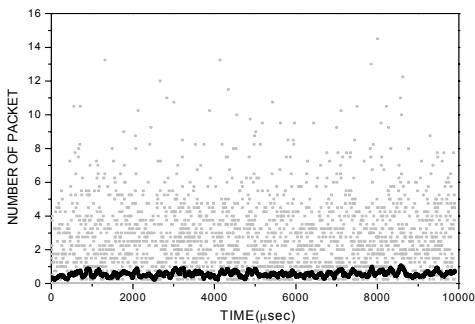


그림 4 트래픽이 집중되지 않은 입력의 가상 출력 큐 내 패킷의 개수
Fig. 4. No. of packet in VOQ for unconcentrated traffic input

시간에 따른 임의의 트래픽이 부가될 경우도 동일한 결과를 보인다. 우선순위 서비스에 의해, 우선순위 0과 우선순위 1의 패킷은 트래픽이 증가되어도 일정수준의 지연시간을 유지하며, 우선순위 2와 우선순위 3의 패킷들은 트래픽에 따라 점차 지연시간이 증가됨을 알 수 있었다. 그림 5는 트래픽이 하나의 출력으로 집중되도록 하였을 경우의 출력큐의 상태변화를 도시한 것이다. 출력 큐의 길이는 급속도로 늘어나며, Back-Pressure 루틴에 의해 일정 한계치에 다다르면 포화되는 것을 확인할 수 있다. 그림 6은 평균 지연시간을 도시한 것이다. 지연시간의 분포에 있어 우선순위가 높은 것과 우선순위가 낮은 패킷이 양분화되어 나타나며, 전체적인 지연시간은 그 둘의 평균과 같이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 한쪽의 출력포트로 입력 트래픽이 과도하게 집중되어 Back-Pressure의 영향을 받게 될 경우, 과도한 트래픽으로 인하여 출력 큐에 대기하는 패킷은 프로그램 내부에 정의된 Back-Pressure 루틴이 동작하기 이전까지 계속 증가하게 된다. 출력 큐가 일정수준(시뮬레이션에서는 90%로 설정)을 초과하면, Back-Pressure 루틴이 동작하여 VOQ에서는 해당 출력포트를 목적지로 하는 패킷들의 서비스 우선권을 다른 출력포트를 목적지로 하는 패킷들에게 서비스 우선권을 넘겨주게 된다. 이러한 현상은 해당 출력포트의 큐가 일정수준 미만이 되면 Back-Pressure 루틴을 벗어나게 된다. 이러한 방식으로 Back-Pressure는 출력 큐의 오버플로우를 미연에 방지하며, VOQ에서 서비스 될 때 지연되므로 전체적인 지연시간에도 큰 영향을 미치게 되는 것으로 분석된다.

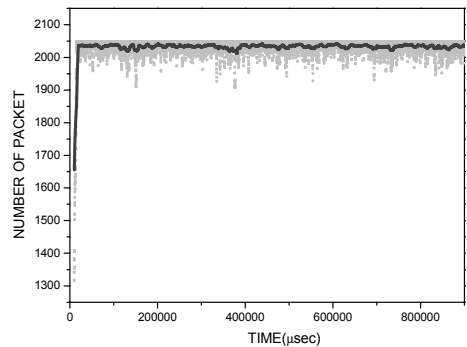


그림 5. 과다 트래픽이 할당된 출력 큐 내 패킷의 개수
Fig. 5. No. of packet in VOQ for excessive traffic input

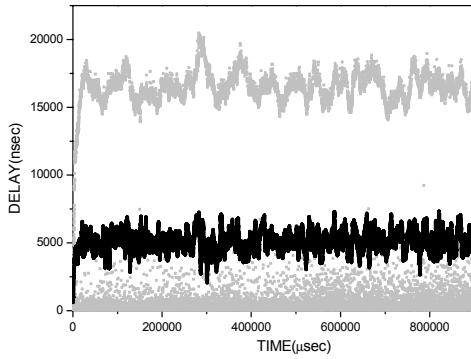


그림 6. 평균 지연시간
Fig. 6. Average delay time

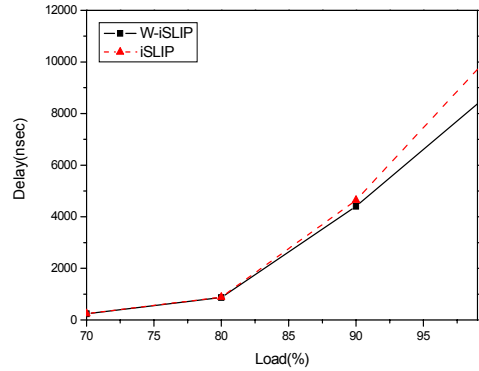


그림 8. 부하에 따른 지연시간의 변화
Fig. 8. Variation of delay time with load

그림 7은 iSLIP과 본 논문에서 제안하는 W-iSLIP 알고리즘을 각각 적용하였을 경우 스위치 출력큐의 변화를 도시한 것이며 그림 8은 지연시간을 나타낸 것이다. iSLIP과 본 논문에서 제안하는 W-iSLIP과의 출력 큐는 별 차이를 보이지 않는다. 이것은 지연시간에는 부하가 커질 수록 명확한 성능의 차이를 보이지만 처리하는 패킷의 개수와 입력되는 패킷의 개수가 비례되므로 iSLIP과 별 차이가 없는 것이다.

그림 9는 iSLIP을, 그림 10은 W-iSLIP 스케줄링 알고리즘을 각각 적용하였을 경우에 부하에 따른 지연시간 변화를 나타낸 것이다. 부하가 커질수록 지연시간에 있어 확연한 차이를 볼 수 있다.

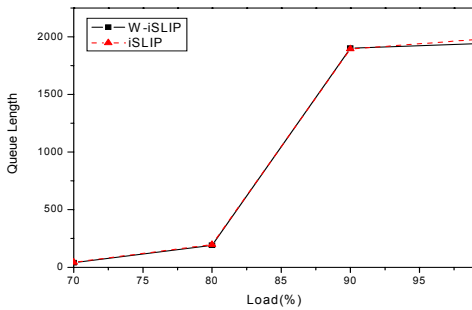


그림 7. 부하에 따른 출력 큐의 변화
Fig. 7. Variation of output queue with load

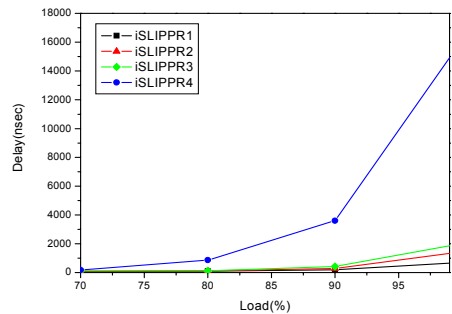


그림 9. 우선순위에 따른 지연시간의 변화(iSLIP)
Fig. 9. Variation of delay time with Priority(iSLIP)

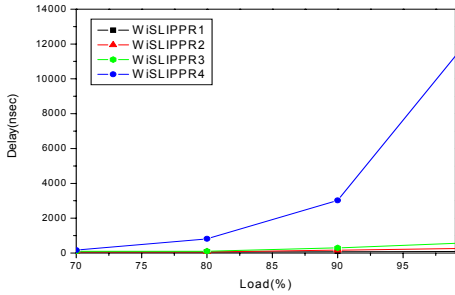


그림 10. 우선순위에 따른 지연시간의 변화(W-iSLIP)
Fig. 10. Variation of delay time with Priority(W-iSLIP)

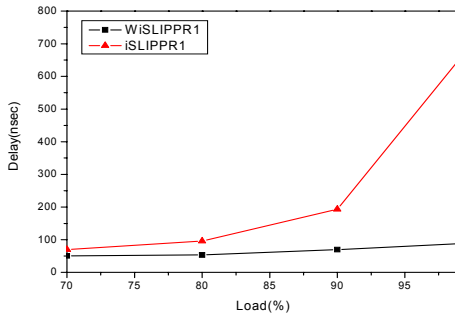


그림 11. 우선순위가 1인 패킷 지연시간의 변화
Fig. 11. Variation of delay time for Packet(Priority 1)

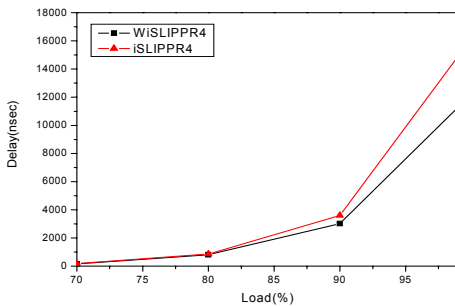


그림 12. 우선순위가 4인 패킷 지연시간의 변화
Fig.12. Variation of delay time for Packet(Priority 4)

그림 11과 그림 12는 우선순위에 따른 지연시간 변화를 기존 알고리즘과 비교한 것이다. 그림 11은 우선순위가 높은 패킷의 경우로 부하가 증가함에 따른 지연시간의 증가가 iSLIP 알고리즘 보다 W-iSLIP 알고리즘이 훨씬 적은 것으로 분석되어 기존의 알고리즘과 비교할 때 성능 개선이 큰 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 우선순위가 낮은 패킷의 경우로 기존의 알고리즘과 비교할 때 부하에 따른 지연시간의 성능 개선이 상대적으로 적은 것으로 분석되었다. 따라서 우선순위 서비스에 의해, 우선순위 1과 우선순위 2의 패킷은 트래픽이 증가되고 부하가 변화하여도 일정수준의 지연시간을 유지하며, 우선순위 3과 우선순위 4의 패킷들은 부하에 따라 점차 지연시간이 증가되는 것으로 분석되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존 스위치의 버퍼 방식과 스케줄링 알고리즘에 대해 분석하고, 우선순위 서비스를 위한 패킷스위치의 성능향상을 위하여 큐에 대기하고 있는 패킷의 개수에 따라 차등적으로 서비스 시간을 분배하는 W-iSLIP 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 또한 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 기반으로 고속 패킷스위치를 모델링하여, 다양한 조건 하에서 시뮬레이션 하였다. 네트워크의 성능을 분석하는 요소로 지연시간과 처리율에 대하여 기존의 알고리즘과 본 논문에서 제시하는 W-iSLIP 스케줄링 알고리즘을 비교하였다. 시뮬레이션 결과, 서비스 시간에 가중치를 두어 서비스할 경우 지연시간에 있어 2.4% 정도의 성능 향상이 있는 것으로 분석되었으며, 우선순위가 높은 패킷은 기존의 알고리즘과 비교하였을 경우 34.6% 정도의 성능향상이 되는 것으로 분석되었다. 우선순위가 높은 패킷은 입력 부하가 커져도 소폭의 지연시간 변화를 보이거나 일정하였으며, 이는 기존의 알고리즘에서의 결과와 비교해 볼 때 입력부하가 커져도 상대적으로 지연시간이 적어지며, 입력의 변화에 대하여 상대적으로 영향을 적게 받는 것으로 분석된다.

이상의 연구결과를 종합 분석하면, 본 논문에서 제시한 알고리즘은 대용량 스위치에 적합하며, 입력 트래픽이 크게 증가하더라도 네트워크 성능에 상대적으로 적은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 또한, 가중

치에 따른 처리 알고리즘은 입력과 출력의 개수가 증가하더라도 처리 성능에 크게 영향을 주지 않을 것으로 분석된다.

앞으로 고속 패킷 스위치에서 고장감내(fault-tolerant)를 위한 스위치 구조 및 알고리즘에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] <http://www.nic.or.kr>
- [2] 손장우, "Gigabit/Terabit IP Router 경향과 구조 분석", 미디어링크 .
- [3] N. McKeown, "The iSLIP Scheduling Algorithm for Input-Queued Switches," Department of Electrical Engineering Stanford University, Stanford .
- [4] 김학용, 김기선, "다중 입력 큐 방식의 고속 패킷 스위치의 구조 및 성능 분석", Telecommunications Review, 제11권 6호, 2001년 11~12월.
- [5] T. Anderson, S. Owicki, J. Saxe, and C. Thacker, "High Speed Switch Scheduling for Local Area Networks," ACM Trans. Comput. Syst., pp. 319-52, Nov. 1993.
- [6] Y. Jiang and M. Hamdi, "A Fully Desynchronized Round-Robin Matching Scheduler for a VOQ Packet Switch Architecture," 2001 IEEE Workshop on High Performance Switching and Routing, pp. 407-411, 2001.

— [] —
서 자 소 개

丁海英(學生會員)



1976년 1월 20일생.
 2000년 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2001년 ~ 현재 한남대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중
 주관심분야 : 네트워크 시뮬레이션

李興宰(學生會員)



1968년 2월 27일생.
 1998년 한남대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2000년 한남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2002년 ~ 현재 한남 대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야 : 네트워크 시뮬레이션, Embedded System 설계

崔 眞 圭 (正 會 員)



1958년 9월 20일생.
 1980년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1982년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1987년 고려대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1987년 9월 - 1990년 8월 대전

공업대학 조교수

1999년 - 2000년 미국 Oregon State University 방문 교수

1990년 8월 - 현재 한남대학교 정보통신멀티미디어공학부 교수

주관심분야 : 통신망 성능평가, 디지털시스템설계, Embedded System

李 圭 皓(正 會 員)



1958년 3월 5일생
 1980년: 경북대 전자공학과 공학사
 1982년: 경북대 대학원 전자공학과 공학석사
 1998년: The University of Gent, Belgium, 정보/컴퓨터공학과 공학박사

1986 - 1988 미국 AIT Inc, 연구원

1983 - 현재 한국전자통신연구원(ETRI) 책임연구원

주관심분야 : 고속인터넷 기술, IP응용기술, 고성능 네트워크프로세서, 고성능 라우터 기술