

라우터시스템의 Multicast 패킷 Scheduling 방법

이형섭, 이상연, 이형호, 김환우*
한국전자통신연구원 라우터기술연구부
* 충남대학교 공과대학 전자공학과

A Multicast Packet Scheduling for Router Systems

Heyung Sub Lee, Sang Yeoun Lee, Hyeong Ho Lee, Whan Woo Kim*
Router Technology Department, ETRI
*Department of Electronics Engineering, Chungnam National University
E-mail : leehs@etri.re.kr

Abstract

This paper proposes a sound multicast packet-switching method which can less affect QoS degradation. The method includes a switch fabric with extra switching paths dedicated for multicast packets. Presented also are both a buffering structure and a scheduling algorithm for the proposed method. Simulation analysis for the method shows that the switching delay of unicast packets is decreased even though arrival rate of multicast packets is increased.

I. 서론

네트워크 시스템에서는 QoS의 보장 및 대역폭의 확장을 위하여 패킷의 전달 방법을 공유형태에서 스위치 형태로 발전시켰다. 그러나 IP패킷을 위한 패킷스위치로서는 실시간 서비스에 대한 QoS를 음성서비스에서 사용하는 회선교환스위치 같이 보장하지는 못한다. 특히 서비스의 다양화와 통합화 과정에서 multicast 패킷에 대한 처리가 증가하는 경우 QoS를 보장하기가 더욱 어렵게 된다. 네트워크 시스템에서 multicast 패킷의 스위칭은 시스템의 스위칭 효율을 감소시키게 되고 시스템의 throughput 및 패킷 서비스 지연의 주요 원

인이 된다.

차세대 네트워크에서는 다양한 서비스의 확산과 함께 multicast 패킷의 서비스 지원이 증가할 것이고 multicast 패킷 스위칭을 위한 효율적인 스위칭 방안이 요구된다.

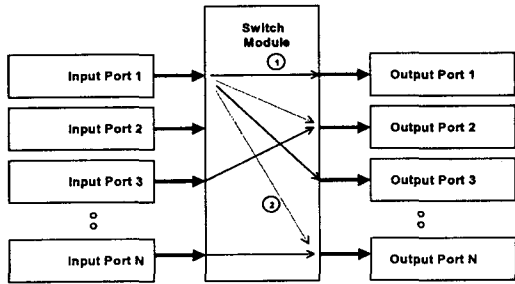
따라서 본 논문에서는 multicast 패킷 스위칭 시스템에서 QoS 저하를 개선할 수 있는 스위치 구조를 제안하였다. 제안된 구조에서는 스위치 패브릭에 multicast 패킷 스위칭을 위한 별도의 스위칭 경로를 포함하고 있다. 본 논문에서는 제안된 multicast 패킷 스위칭 시스템의 효율적인 패킷 Scheduling algorithm도 제안하였다. 또한 지금까지 제안된 multicast 패킷의 스위칭 방법들과 비교하고, 시뮬레이션 분석을 통하여 성능을 검증하였다.

II. Multicast Packet 스위칭 방법

2.1 Multicast Packet Switching 기술

네트워크 시스템에서 multicast packet의 스위칭에 대한 연구가 QoS서비스 제공의 필요성과 함께 활발히 진행되었으며, 결과로써 제안된 스위칭 방법은 동시 스위칭에 의한 방법과 점대점 스위칭에 의한 방법이 있다. 동시 스위칭 방식은 multicast 패킷이 입력되는 경우에 multicast 패킷이 스위칭 되어야 하는 한 슬롯 시간 동안 전부 스위칭이 가능할 때 해당 출력포트로

multicast 패킷을 동시에 스위칭하는 방법으로 일반적으로 crossbar 스위치에서 사용된다. 점대점 방식은 동시 스위칭 방식보다는 좀 더 효율적인 multicast 패킷 스위칭 방식으로 입력포트로 multicast 패킷이 입력되는 경우 입력된 패킷을 모든 VOQ(Virtual Output Queing)로 복사하여 각 출력포트로 unicast Packet처럼 스위칭을 하는 방법과, 입력된 포트에서 multicast 패킷을 저장하면서 출력포트로 스위칭이 가능할 경우 스위칭이 가능한 각 출력포트들로 패킷을 스위칭하는 방법들이 있다.[1][2]



(그림-1) 점대점 방식에 의한 Multicast 패킷 스위칭

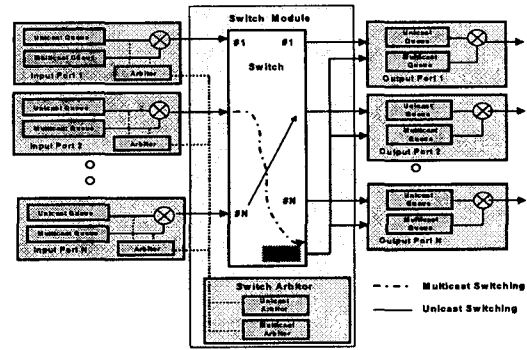
점대점 스위칭 방식에서 입력된 패킷을 해당되는 VOQ(Virtual Output Queing)로 복사하는 방식은 주로 crossbar 스위치에서 이용하며, 패킷의 복사와 같은 개념으로 하나의 queue에서 스위칭이 가능할 경우 스위칭하고 카운터 방식에 의하여 스위칭된 패킷의 수를 파악하는 스위칭방식은 주로 shared memory 구조의 스위치 시스템에서 적용한다.

2.2 전용 Path에 의한 Multicast 패킷 Switching

(1) Multicast 패킷 스위칭을 위한 스위치 구조

고속 스위치 시스템에 주로 적용되는 크로스바 스위치 구조에 있어서 multicast 패킷의 스위칭을 위하여 본 논문에서는 $N \times N$ 의 크로스바 구조의 스위치 패브릭을 $N \times (N+Y)$ 의 패브릭으로 변경하였다. 변경된 $N \times (N+Y)$ 의 스위치 패브릭 구조는 $N \times N$ 의 unicast 패킷 스위칭 경로와 $N \times Y$ 의 multicast 패킷의 스위칭 경로를 갖는 구조로서 N 개의 모든 입력단으로 입력되는 모든 multicast 패킷을 Y 개의 multicast 스위칭 경로를 이용하여 출력단으로 스위칭하는 형태이다. (그림-2)는 Y 가 인경우의 스위치 패브릭을 이용한 경우의 스위치 시스템 구조이다.[3] 이와 같은 스위치 시스템 구조는 하나의 스위치 fabric을 이용하여 입력단에서 스위칭 구조를 간단하게 구현하면서도 unicast 패킷

과 multicast 패킷의 스위칭을 위하여 2개의 스위치 fabric이 적용되어 별도의 스위칭 경로를 가지는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.



(그림-2) Multicast용 독자 스위칭 경로를 가지는 시스템 구조

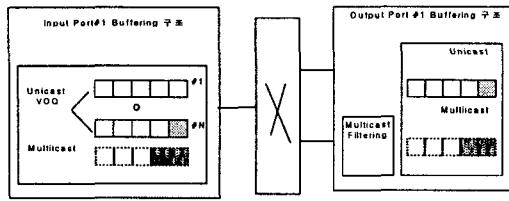
이 경우 각 입력포트로 입력되는 multicast 패킷들은 $N \times Y$ unicast 패킷처럼 스위칭하게 되며, multicast 패킷의 스위칭을 위한 관리가 수월하게 된다. 그러나 출력포트에서 multicast 스위칭 경로가 하나인($Y=1$) 경우를 생각해보면 모든 입력포트의 multicast 패킷이 하나의 출력포트로만 스위칭 되기 때문에 multicast 패킷을 위한 스위칭 경로에서는 출력포트의 confliction이 발생하게 된다.

(2) 패킷 Buffering 구조

본 논문에서 제안된 $N \times (N+Y)$ 스위치 시스템 구조는 스위치 fabric 측면에서 보면 포트수가 증가함으로 인하여 스위칭 효율이 좋을 것 이라는 것을 예상할 수 있다. 그러나 multicast 패킷이 unicast 패킷과 동시에 출력단으로 스위칭 됨으로 출력단의 confliction 발생하게 되므로 이를 해결하기 위한 buffering 방법이 요구된다. (그림-3)은 출력단에서의 confliction를 없애고 시스템의 스위칭 효율을 높이는 방법으로 입력단과 출력단에 unicast와 multicast 패킷이 분리되어 저장되는 buffering 구조를 보였다.

(그림-3)의 buffering 구조에서 입력단의 unicast 패킷은 출력단의 갯수만큼인 N 개의 VOQ를 가지고 있으나, multicast 패킷은 단일 queue를 가지는 구조이다. 출력단에서의 버퍼링 구조는 패킷의 버퍼링을 위해서 입력단과 마찬가지로 unicast 버퍼와 multicast 버퍼가 별도로 존재하나 입력단과는 달리 unicast 버퍼와 multicast 버퍼들은 단일 Queue를 갖는다.

라우터시스템의 Multicast 패킷 Scheduling 방법



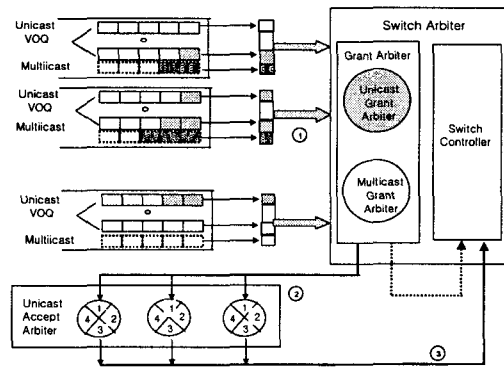
(그림-3) Multicast 스위칭을 위한 Buffering 구조

출력단에서 unicast 버퍼와 multicast 버퍼에 대한 서비스 순서는 별도의 polishing에 의하여 결정되며, 이와 함께 queue 내에 priority등을 고려하여 queue들을 논리적으로 세분화하여 분리시킬 수는 있다. Multicast 패킷 스위칭을 위하여 스위치 패브릭에 별도의 출력포트를 두고 이 출력포트에서 N개의 출력단에 버스 또는 기타전송(Ethernet or HDLC)기술을 이용하여 패킷을 전달한다. 이 경우 각 출력단에서 수신된 multicast 패킷이 자신에게 온것인지를 구별하는 filtering 기능을 수행한다. 필터링 기능을 위하여 입력단에서는 N개 출력단에 대응하는 비트정보 필드를 두고 출력단에서는 자신의 출력단 정보와 수신된 multicast 비트정보 필드와 비교한다. 비교결과 비트정보와 출력단 정보가 동일한 경우 수신패킷이 multicast 버퍼에 저장되고 아닌 경우 패기처분된다.

(3) 패킷 Scheduling 방법

패킷의 스위칭을 위한 scheduling 방법은 다양하지만 VoQ 구조에서 가장 현실성 있게 구현할 수 있는 scheduling 방법은 Round Robin scheduling 방법을 변형한 iSLIP 방법이다. 따라서 본 논문에서도 iSLIP을 이용하는 scheduling 방법을 이용하여 multicast 패킷과 unicast 패킷의 스위칭이 최대 throughput을 가질 수 방법을 검토하였다. iSLIP의 Scheduling 동작은 Request, Grant, Accept 라는 3 단계 절차에 의하여 이루어진다.[4] 각 입력단의 VOQ 내에 패킷이 존재하는 경우 VOQ별로 스위칭을 요청하고, 패킷 스위칭을 요청 받은 스위치 모듈에서는 각 출력포트별로 현재의 priority를 고려하여 스위칭을 요청한 입력단 중 하나를 선택한 후 입력단으로 스위칭이 가능하다는 Grant 신호를 보낸다. Grant 신호를 받은 입력단에서는 두 개 이상의 Grant 신호를 받을 수 있으므로 다시 정해진 priority 순서에 의하여 accept 신호를 출력단으로 보낸다. 이와 같은 절차는 패킷을 스위칭하는 단위 슬롯시간 안에 이루어지며, 단위 슬롯시간 동안 입력단과 출력단에 matching이 최대가 되도록 3단계의 동작을 반복적으로 수행한다. 제안된 스위치 시스템 구

조에서 multicast 패킷과 unicast 패킷의 스위칭 시 최대의 throughput을 가질 수 방법으로 (그림-4)와 같이 iSLIP 알고리즘을 적용하는 scheduler를 구성하였다. 설계된 scheduler 구성은 SA(Switch Arbitrer)와 입력단에 위치하는 UAA(Unicast Acceptor Arbitrer)로 이루어지며, 패킷의 스위칭 가능여부를 결정하는 SA는 GA(Grant Arbitrer)와 SC (Switch Controller)로 구성된다.



(그림-4) iSLIP 알고리즘을 적용한 Multicast 패킷 Scheduler의 구조

각 입력단에서 SA(Switch Arbitrer)로 unicast와 multicast 패킷의 스위칭을 요구하는 경우 Grant Arbitrer의 각 출력단 Unicast Arbitrer에서는 iSLIP 동작에 의하여 unicast에 대한 스위칭 패킷을 결정하여 다시 입력단의 Unicast Acceptor Arbitrer로 알려주고, Multicast Arbitrer에서는 pointer에 의하여 스위칭 되어야할 포트를 SC(Switch Controller)로 알려준다. Unicast Acceptor Arbitrer에서는 스위칭이 가능한 출력단들 중 pointer를 중심으로 가장 우선순위가 높은 출력단을 결정한 후 Switch Arbitrer의 SC(Switch Controller)로 알려준다. 스위치 Arbitrer의 grant 동작 시 multicast는 unicast보다 우선하고, multicast에 의하여 선택된 입력단은 Unicast Arbitrer로부터 패킷에 대한 스위칭grant 신호를 받았을 경우에도 accept 신호를 보내지 않는다. Switch controller는 입력단에서 출력단으로 선택된 스위칭 경로에 대하여 스위치패브릭을 제어하는 기능을 수행한다.

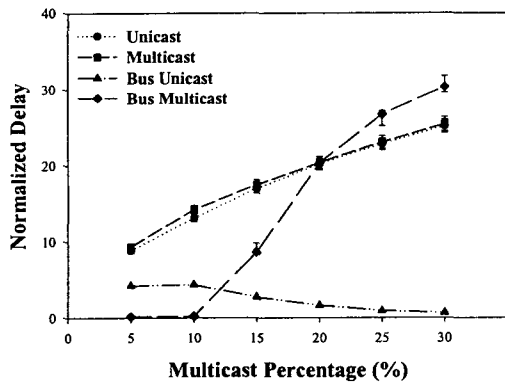
III. Scheduling방법에 대한 Simulation

3.1 Unicast 패킷 iSLIP 에 대한 Simulation 결과

입력단의 unicast 패킷 버퍼링이 VOQ(Virtual Output Queuing)구조로 N 개의 출력스위치 포트 수와 같고 입력포트로 입력되는 패킷의 도착을 A가 스위치에서 스위칭되는 R 서비스를 넘어서 $A \geq R$ 인 경우에 대하여 simulation을 수행 하였다. 입력단에 입력되는 패킷들이 random 하게 되는 경우 모든 입력단의 모든 VOQ에는 스위칭해야 할 패킷들이 존재하게 된다. 이 경우 iSLIP에 의한 scheduling 방법을 시뮬레이션 한 결과 수번의 scheduling 이후 모든 입력포트에서 모든 출력포트로 패킷들을 스위칭하게 되고 이 경우에 스위치의 throughput은 100%를 유지하게 된다.

3.2 Multicast Scheduling 의 Simulation 결과

Multicast 패킷 스위칭을 위한 방법으로 가장 효율성이 높은 점대점 스위칭 방법의 VOQ로 패킷을 복사하는 방법과 본 논문에서 설계한 별도의 multicast 스위칭 방법에 대하여 unicast 패킷과 multicast 패킷의 서비스 delay 관점에서 비교 simulation 하였으며 (그림-5)에 결과를 보였다.



(그림-5) Multicast 패킷 Switching 방법에 따른 서비스 Delay Simulation 결과

(그림-5)의 simulation 결과는 입력단에 도달하는 Multicast 패킷과 unicast 패킷의 비율에 따라 multicast 패킷과 unicast 패킷의 서비스 delay가 변화하는 것을 보인다. Multicast 패킷의 스위칭을 위하여 해당 VOQ로 multicast 패킷을 복사하는 방법에 있어서 simulation 결과는 입력단에 입력되는 multicast 패킷의 비율이 증가하면서 multicast 패킷과 unicast 패킷의 서비스 delay가 비례하여 증가하는 경향을 보인다. 그러나 본 논문에서 제안한 multicast scheduling

방법의 simulation결과는 입력단에 입력되는 multicast 패킷의 비율이 증가하면서 unicast 패킷의 서비스 delay는 감소하고 multicast 패킷의 서비스 delay는 증가한다. 따라서 본 논문에서 설계된 multicast 스위칭 방법 및 scheduling 방법은 multicast 패킷에 의하여 발생하는 unicast 패킷의 서비스 delay를 줄인다는 것을 알 수 있다. 그러나 입력단에 입력되는 multicast 패킷의 비율이 30%를 넘어서는 경우 패킷을 복사하는 방법에 비하여 multicast 패킷의 서비스 delay가 높이고 급격하게 증가함을 보인다.

V. 결론

네트워크 시스템에서 multicast 패킷 스위칭 시 시스템의 패킷의 스위칭 효율을 높이기 위한 방법으로 스위치 fabric에 multicast 패킷의 스위칭을 위하여 별도의 스위칭 경로를 만드는 방안을 제시하였다. 또한 그와 관련하여 요구되는 입출력단의 패킷 버퍼링 구조를 제안하였으며, iSLIP의 scheduling 방법을 기본으로 하는 scheduling 구조를 설계하였다. 설계된 scheduling 방법을 simulation 한 결과 제안된 구조가 unicast 패킷의 서비스 delay를 줄일 수 있다는 것을 알았다. 그러나 입력단에 입력되는 multicast 비율이 증가하는 경우 제안된 구조는 multicast 패킷의 서비스 delay가 급속히 증가한다는 문제점이 있다.

본 논문에서 제안된 multicast 패킷의 스위칭 방법은 기존의 multicast 패킷 스위칭 방법과 비교하여 성능 및 delay에 대한 검토가 좀더 자세하게 요구되지만 multicast 패킷을 처리하는 라우터 시스템에서 QoS 서비스 제공을 위하여 적용이 가능한 구조이다.

참고문헌

- [1] B. Prabhakar, "Multicast Scheduling for Input-Queued Switches" IEEE JSAC, June 1977.
- [2] Ali, M., Youssefi, M, "Performance analysis of a random packet selection policy for multicast switching' IEEE Trans. Commun, Vol.44, No.3, Mar 1996.
- [3] Heyung Sub Lee et.al., "Deign of the Packet Forwarding Chipset with Feedback Blocking" ITC-CSCC, July 1999.
- [4] N. McKecwn, "iSLIP: A Scheduling Algorithm for Input-Queued Switches," IEEE/ACM Trans. Vol7, No.2, April. 1999.