

Dynamic RSVP 라우터 구현

이상교*, 강석훈*, 김영한*, 신명기**, 김용진**

*송실대학교 정보통신 전자공학부

**한국전자통신연구원 정보통신표준연구센터

An Implementation of a Dynamic RSVP router

Sang-Kyo Lee*, Seok-Hoon Kang*, Young-Han Kim*, Myung-Ki Shin**, Yong-Jin Kim**

*School of electronic engineering, Soongsil University

**Protocol Engineering Center ETRI

요 약

인터넷 자원 예약 프로토콜을 구현하고 있는 현재 RSVP (ISI rel4.2a4)코드는 QoS를 지원하는 트래픽 제어부(큐 구조)와의 연결을 위해 LLDAL(Link-Layer-Dependent Adaptation Layer) 구조를 가지고 있다. 트래픽 제어부와 통신을 하기 위해서 여러 호출들이 구현되어 있지만 실제 이러한 호출들을 사용해서 트래픽 제어를 하지는 않는다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 수락 제어부와 트래픽 제어부를 구현하여 FreeBSD 상에서 일반화된 RSVP 라우터를 구현하였다.

1. 서론

인터넷에서 특정 데이터 플로우가 요청하는 양질의 서비스를 제공하기 위해서 그 플로우는 라우터에 해당 자원을 예약해야 한다. 이러한 자원 예약은 자원 예약 프로토콜인 RSVP를 사용한다[3]. 특정 플로우는 자신이 요청하는 QoS 레벨을 나타내는 Tspec을 RSVP 경로 메시지에 담아서 전송하고 RSVP 경로 메시지를 수신한 수신측은 그 정보를 이용하여 실제 자원 예약을 하는데 사용하는 Rspec을 생성하여 RSVP 예약 메시지에 담아서 송신측으로 전송한다. RSVP 예약 메시지가 송신측으로 전송되는 동안 각 라우터에서는 그 플로우에 대한 자원 예약이 이루어진다. RSVP 예약 메시지를 수

신한 라우터는 메시지내의 Rspec에 해당하는 자원을 플로우에 할당할 수 있는지 여부를 수락 제어부에 문의하고 그 결과를 통보 받는다. 만약 수락 제어부로부터 자원 할당을 허락받지 못하면 그 플로우의 자원 예약 과정은 실패하게 된다. 송신측과 수신측 사이의 모든 라우터로부터 자원을 예약받으면 자원 예약 과정은 성공하게 되고 자원 예약에 성공한 플로우는 요청한 QoS 레벨에 해당하는 서비스를 제공받는다 [2]. 이렇게 자원 예약 프로토콜이 효율적으로 동작되기 위해서는 자원 예약 프로토콜과 함께 트래픽 제어부가 각 호스트 컴퓨터 및 라우터에 필요하게 된다[1]. 트래픽 제어부는 요청한 서비스 품질을 처리할 수 있는지 판단하는 수락제어, 서비스 클래스와 해당 패킷을 맵핑해주는 분류자, 그리고 해당 서비스 클래스에 따라 패킷을 처리하는 패킷 스케줄러로 구성된다[1]. 기존 FreeBSD상에 구현된 RSVP 라우터는 트래픽 제어부와 RSVP 프로세서와의 통신을 위해서 LLDAL(Link-Layer-Dependent Adaptation Layer) 구조를 가지고 있지만 실제로 트래픽 제어를 하지는 않는다[2]. 트래픽 제어부와 연결이 되어 있지 않은 현재의 RSVP는 모든 자원 예약에 대해 무조건 수락을 하고 있기 때문에 자원 예약에 대한 보장이 이루어지지 않는다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 트래픽 제어부의 모든 기능을 갖추도록 하고 이를 RSVP와 LLDAL 구조를 연결되도록 RSVP 라우터를 구현하였다. 또한 본 구현은 기존과 달리 독립적인 수락 판단을 적용하기 위해 수락 제어부(AC 데몬)을 RSVP 데몬으로부터 분리하고 수락 제어 접속부(ACI)를 통해 RSVP 데몬

과 연결하였다. 수신측으로부터 예약 메시지를 받은 RSVP 데몬은 수락 제어를 위해 해당 플로우스펙을 AC 데몬에 전달한다. AC 데몬에서는 요청된 대역폭과 사용 가능한 대역폭으로 수락 여부를 판단한다. 분류자와 플로우 관리자는 수락이 허용된 플로우에 대해 큐와 필터를 유동적으로 생성하고 필터 매칭을 통해 해당 큐로 패킷을 전달한다. 또한 커널 내부의 큐잉 구조와 트래픽 제어부를 분리하여서 새로운 스케줄링 알고리즘의 적용에서도 큰 수정 없이 적용할 수 있도록 구현하였다.

2. RSVP 라우터 구현 구조

본 구현은 FreeBSD 2.2.7을 기반으로 RSVP(ISI rel4.2a4)와 ALTQ[4]를 이용하여 구현하였다. 구현은 크게 사용자 레벨에 수락 제어 부분과 커널 레벨에서의 트래픽 제어 부분으로 나누어진다. 전체 구현 구조는 그림 1과 같다.

RSVP 데몬으로부터의 예약 요청은 수락 제어 접속부를 통해 AC 데몬으로 전달된다. AC 데몬에서는 초기 설정 파일을 근거로 새로운 플로우의 예약 요청에 관한 수락 판단을 담당하며 수락 성공시 트래픽 제어를 위해 플로우 관리자에게 필터와 큐의 생성 요청을 한다. 플로우 관리자는 플로우 정보를 이용하여 해당 플로우에 대한 필터와 큐를 생성한다. 분류자는 특정 해당 플로우를 식별하고 플로우 관리자에서 생성한 해당 큐로 패킷을 전달한다.

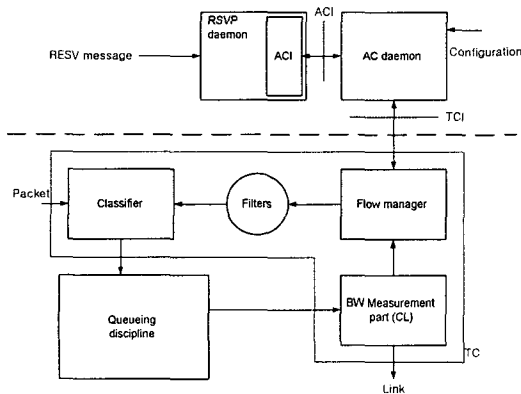


그림 1. RSVP 구현 구조

새로운 플로우에 대해 예약을 요청하기 위해서는 AC 데몬을 통해 커널과 연결을 해야 한다. 본 구현에서는 기존의 코드에서 커널과 연결을 위한 tc_test.c를 수정하여 AC 데몬과 연결을 하였다. 새로운 플로우의 예약을 위한 요청은 ACI를 통해 AC 데몬으로 전달되고 수락 제어 핵심 모듈에서 수락 여부를 판단한다. 수락 제어 핵심 모듈에서는 자원 예약 테

이블을 관리와 함께 수락 판단을 담당한다. 자원 예약 테이블에는 예약 핸들에 대한 큐 핸들 그리고 필터 핸들을 가진다. 각 서비스별로 수락 판단을 마치면 새로운 예약 핸들이 생성되고 트래픽 제어부에 큐를 요청하여 얻은 큐 핸들을 자원 예약 테이블에 저장한 후 예약 핸들은 다시 RSVP 데몬으로 전달된다. 플로우 생성과 마찬가지로 필터 생성 시에도 ACI를 통해 필터 생성에 관련된 함수를 호출하게 된다. 필터 생성 함수는 출력 인터페이스와 플로우 생성에서 얻은 예약 핸들로 트래픽 제어부에 필터 생성을 요청한다. 트래픽 제어부에서는 예약 핸들에 대한 큐 핸들에 의해 필터를 생성하고 필터 핸들을 결과값으로 AC 데몬에 전달한 후 AC 데몬의 자원 예약 테이블에 필터 핸들을 저장한다. 새로운 플로우의 필터 생성까지 성공적으로 이루어지면 RSVP 데몬은 예약 요청에 대한 수락 성공을 확인 예약 메시지를 통해 수신측 라우터 또는 호스트로 보낸다. 이렇게 예약된 플로우의 패킷은 분류자에 의해 송신측 주소와 포트 번호를 사용하여 필터 매칭을 통해 해당 큐로 보내진 후 패킷 스케줄러에 의해 서비스된다.

3. AC 데몬

자원을 예약하기 위한 동작은 새로운 플로우의 생성시마다 해당 플로우가 요청하는 QoS를 보장하기 위해 자원의 제공 가능 여부를 판단해야 하고 만약 요청한 만큼의 자원을 제공할 수 없을 경우 요청은 거부되어야 한다[3]. 본 구현에서는 수락 부분의 확장성과 모듈화를 위해 수락 제어 부분을 RSVP 데몬과 분리하여 구현하였다. 그림 2는 AC 데몬의 구조를 나타낸다.

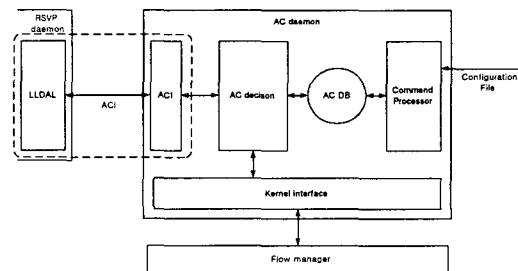


그림 2. AC 데몬 구조

AC 데몬에서는 사용자의 초기 설정 파일을 이용하여 구축한 ACDB(Admission Control Data Base)를 근거로 수락 여부를 판단한다. 수락 제어는 서비스별로 구별되어 수행된다. 예약 요청 플로우의 플로우스펙에 포함되어있는 토큰 버킷 속도로 예약 요청 대역폭을 계산하여 ACDB에 저장된 각 서

비스 잔여 대역폭과의 비교를 통해 수락 여부를 판단한다. 수락 판단이 성공하면 트래픽 제어부에게 해당 큐와 필터 생성을 요청하고 패킷 스케줄링을 위한 큐 가중치를 할당한다.

3.1 수락 제어 접속부 (ACI: Admission Control Interface)

수락 제어 접속부는 RSVP 코드 내부의 tc_test 모듈을 수정하여 RSVP 데몬과 AC 데몬과의 연결을 위해 유닉스 도메인 소켓을 사용하여 인터페이스 부분을 구현하였다. 수락 제어 접속부는 RSVP 데몬에서 요청한 수락 제어에 관련된 파라미터를 AC 데몬으로 전달하고 반대로 수락 제어에 대한 결과를 RSVP 데몬에게 전달해준다.

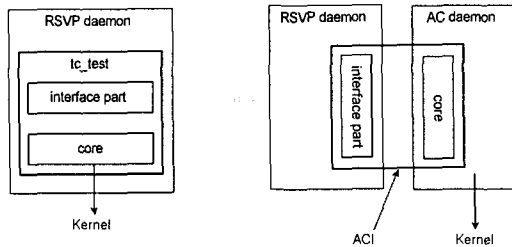


그림 3. 수락 제어 접속부

3.2 수락 판단부 (AC Decision)

AC 데몬 시동시 초기 설정 파일에 정의한 각 서비스의 설정을 수락 제어 데이터 베이스에 기록한다. 그리고 RSVP 메시지 처리시 사용 가능한 대역폭과 RSVP 데몬에서 받은 플로우 생성 메시지에서 QoS 서비스와 종류와 요청 대역폭을 비교하여 각 서비스별로 수락 판단 여부를 결정한다.

RSVP 데몬으로부터 플로우 생성 요청을 받으면 플로우에 대해 수락 판단을 하고 수락이 허락되었던 플로우에 대해 새로운 핸들을 할당받고 커널 내부의 플로우 관리자를 통해 큐 핸들 및 필터 핸들을 받아 예약 테이블에 기록한 후 예약 핸들을 RSVP 데몬으로 되돌린다. 이때 되돌리는 예약 핸들은 RSVP 데몬 수락 성공 여부를 판단하게 하여 RSVP 프로토콜 동작에 영향을 미친다.

4. 트래픽 제어부 (TC: Traffic Control)

AC 데몬은 특정 플로우의 자원 요청이 허락되면 요청된 QoS에 해당하는 자원인 실제 버퍼나 대역폭 등을 트래픽 제어부에 요청한다. 트래픽 제어부는 버퍼 또는 패킷 스케줄러를 관리함으로써 수락 제어부에서 요청한 자원을 실제로 할당한다. 트래픽 제어부는 그림 1에서 보이는 것처럼 크게 플

로우 관리자, 패킷 분류자, 여유 대역폭 측정부 그리고 패킷 스케줄러로 구성된다.

본 구현에서는 패킷 스케줄러로 WFQ, CBQ등을 사용했다[4]. 그림 4에서 보는 것처럼 트래픽 제어부는 상위 계층의 제어 정보에 의해 데이터 흐름을 제어한다.

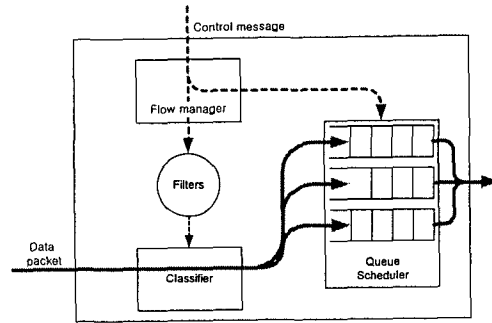


그림 4. 트래픽 제어부

4.1 플로우 관리자 (Flow Manager)

플로우 관리자에서는 트래픽 제어를 위한 관리를 담당한다. 플로우 관리자는 TCI를 통해 들어오는 AC 데몬으로부터의 요청을 종류에 맞도록 처리하는 트래픽 제어부의 핵심 부분이다. 플로우 관리자는 ALTQ의 큐잉 동작을 가능 혹은 불가능하게 하고 큐의 가중치를 설정할 수 있으며 필터의 생성 및 삭제 등을 처리하기 위해 트래픽 제어부의 각 구성 요소들을 관리한다. 또한 부하 제어형 서비스(Control-Load Service)의 수락 제어를 위해 출력 링크의 여유 대역폭 측정치를 AC 데몬으로 전달하는 동작도 수행한다.

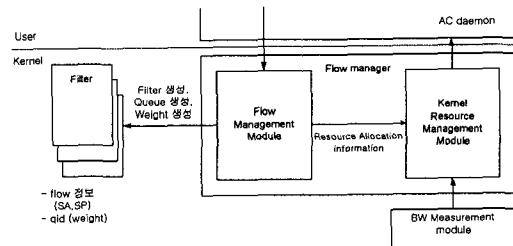


그림 5. 플로우 관리자

4.2 필터 (Filter)

필터는 분류자에서 QoS 플로우를 식별하기 위해 사용된다. 필터는 송신측 주소, 송신측 포트번호, 수신측 주소, 수신측 포트번호 그리고 프로토콜 번호 등의 플로우 구분 정보와 해당 플로우의 큐 핸들 값 등을 포함하고 있다. 플로우 관리자에 의해 작성된 필터 목록으로부터 일치하는 플로우를 찾는 동작을 필터 매칭이라고 하며, 이는 트래픽 제어부의 핵

심 기능 가운데 하나이다. 필터 매칭에 의해 구분된 패킷은 필터에 미리 연결된 큐로 전달되어 차별화된 서비스를 받을 수 있게 된다. 본 구현에서는 RSVP 예약 메시지에서 필터스펙의 내용인 송신측 주소와 송신측 포트번호 만을 필터를 생성시 사용한다[2]. 그림 6은 필터의 동작을 개념적으로 보여 준다.

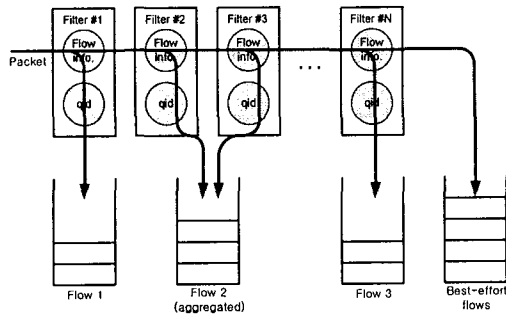


그림 6. 필터의 동작

4.3 분류자 (Classifier)

예약 요청에 성공한 플로우들은 서로 다른 플로우에게 각기 다른 종류의 서비스를 제공하기 위해서는 여러 패킷 스트림으로부터 특정 해당 플로우를 식별할 수 있어야 하며, 이를 수행하기 위한 모듈이 분류자이다.

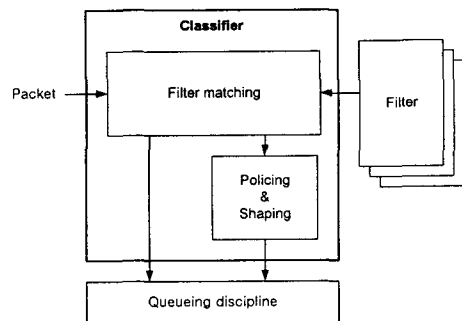


그림 7. 분류자

그림 7는 분류자에서의 동작을 개념적으로 나타내었다. 수신측으로 전달될 패킷이 도착하면 패킷의 송신측 주소와 포트 번호와 필터와의 비교가 이뤄진다. 이러한 필터 매칭이 성공되면 해당 큐로 패킷을 전달한다. 이때 선택된 플로우가 계약된 트래픽의 범위를 초과하였는지를 측정하여서 위반 여부를 판단하게 되면, shaper 의해서 해당 플로우의 패킷들에게 적절한 조치를 취한다.

5. 결론

RSVP 메시지 프로토콜을 처리하고 있는 기존의 구현 코드는 하부의 구현 없이는 실제로 QoS를 보장해 주지 못한다. 본 논문에서는 FreeBSD 커널을 기반으로 한 트래픽 제어부 구현을 통해 메시지에 의한 동적인 RSVP의 QoS 보장 서비스 동작을 확인했다. 또한, AC 데몬을 또 하나의 영역으로 분리하여 라우터에서의 자원 요청 수락 정책에 관한 연구를 위해 새로운 구현 모델을 제시하고 있다. 다양한 보장형 서비스는 수락 제어 분야서도 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 예상된다. 본 구현은 보장형 서비스의 다양한 형태와 수락 제어 관련, 패킷 스케줄링과 버퍼 관리 알고리즘 등을 통한 보장형 서비스 관련 연구의 기반 환경으로 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R.Braden, D.Clark, S.Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview," RFC 1633, June 1994
- [2] R.Braden, L. Zhang, S. Berson, S.Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) -- Version 1 Functional Specification," RFC 2205, Sept 1997
- [3] Paul P. White, "RSVP and Integrated Services in the Internet: A Tutorial," IEEE Communication, pp 100-106, May 1997
- [4] Kenjiro Cho, "A Framework for Alternate Queueing: Towards Traffic Management by PC-UNIX Based Routers.", accepted to USENIX 1998 Annual Technical Conference, New Orleans LA, June 1998.
- [5] "Linux Traffic Control-Implementation Over view", November 1998
- [6] W. Richard Stevens, "TCP/IP Illustrated, Volume 2", Addison Wesley, 1994
- [7] W. Richard Stevens, "UNIX network programming", Prentice Hall, 1994