

# 확장성 있는 3계층 가상랜 구조 설계 및 성능분석

서주연<sup>0</sup>, 이미정

이화여자대학교 컴퓨터학과

{ 982COG10, lmj }@ewha.ac.kr

## Design And Performance Analysis of a Scalable Layer 3 VLAN

Ju-Yeon Seo<sup>0</sup>, Mee-Jeong Lee

Dept of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

### 요 약

가상랜은 물리적 위치에 관계없이 마치 하나의 LAN에 연결되어 있는 것처럼 통신할 수 있는 구조로 브로드캐스트 도메인을 제한하여 대역폭 낭비를 감소시키고 전체 네트워크의 효율을 증가시킨다. Newbridge사는 IP 서브넷의 주소를 가상랜과 매핑하여 ATM-LAN 스위치 망에서 3계층 가상랜을 구성하는 VIVID 시스템을 개발하였다. 이 시스템에서는 하나의 라우트 서버에서 주소 해석과 가상랜 구성 및 브로드캐스트 데이터 전송을 모두 담당하기 때문에 망의 규모가 커지게 되면 라우트 서버가 병목 지점이 될 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 택할 수 있는 방법 중 한 가지는 다중의 라우트 서버를 두는 것이다. 본 논문은 VIVID 시스템에 여러 개의 라우트 서버를 두는 구조로서 평면적인 구조와 계층적인 구조 두 가지를 제시하고 시뮬레이션을 통하여 각 구조의 특성을 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과, 브로드캐스트 세션의 길이와 브로드캐스트 세션 내에서의 브로드캐스트 데이터 프레임 발생 간격 등에 의해 제시한 두 가지 모델의 성능이 변하게 되며, 확장성과 데이터 전송의 효율성 간에 서로 상쇄 효과가 있음을 볼 수 있었다.

### 1. 서 론

가상랜이란 물리적으로 분리된 여러 개의 LAN 세그먼트 상에 걸쳐 있는 일련의 종단 스테이션들이 그들의 물리적 위치에 구애받지 않고 마치 하나의 공통 LAN에 속해 있는 것처럼 통신할 수 있는 기술이다[1]. 이는 기존 LAN의 브로드캐스트와 멀티캐스트 트래픽이 전달되는 영역을 제한시켜 대역폭 낭비를 감소시키고 전체 네트워크의 효율을 증가시킨다. 또한 가상 경계를 만들어 원하는 그룹에만 데이터를 전송하게 하여 네트워크 보안을 강화시킨다. 특히, LAN 스위치로부터 시작된 가상랜 개념을 ATM 네트워크와 ATM에 연결된 디바이스가 존재하는 환경에 확장하여 적용한다면, 가상랜의 장점은 그대로 수용하면서, 멀티미디어 데이터 전송이나 실시간 어플리케이션 지원과 같은 기존 LAN이 제공하지 못하는 요구사항을 만족시킬 수 있다[2]. 또한 3계층 주소를 기반으로 가상랜을 구현하게 되면 물리적인 위치에 관계없이 서로 다른 ELAN 혹은 다른 형태의 LAN에 있는 호스트들이 같은 가상랜 멤버가 되어 별도의 라우팅 없이 스위칭만으로도 효율적으로 멤버간의 통신이 가능하게 된다.

ATM-LAN 스위치망에서 3계층 가상랜을 구현한 제품으로는 Newbridge사의 VIVID 시스템을 들 수 있다. 이 시스템은 하나의 라우트 서버가 가상랜 구성을 위한 정보 수집과 데이터 전송을 위한 주소해석, 브로드캐스트 전송을 담당한다. 따라서, 망의 규모가 커지게 되면 서버에서 병목현상이 일어날 가능성이 커지게 된다. 이에 본 논문에서는 여러 개의 라우트 서버를 두어 VIVID 시스템을 확장하는 방안을 두 가지(RS-RS와 RS-SW) 제시하고 시뮬레이션을 통하여 이들 두 모델의 성능을 비교 분석하였다.

### 2. 관련 연구

Newbridge사의 VIVID 시스템은 고속 백본 네트워크 상에서 LAN 인터넷워킹을 제공하는 엔터프라이즈 네트워킹 솔루션으로써 Ethernet, FDDI, 그리고 ATM 호스트에 대하여 스위칭된 상호 연결 서비스를 제공한다[3]. 또한 Ethernet, FDDI, 그리고 ATM 호스트들 사이에서 네트워크 계층 IP 라우팅과 MAC 계층 브리징을 지원하는 기능을 가지고 있다.

VIVID 시스템은 사용자 정의 가상 네트워크를 지원하고, 자동적으로 호스트들의 추가, 이동 그리고 변경을 탐지하여 물리적인 위치와는 관계없이 논리적 워크그룹을 구성할 수 있도록 해 준다. 가상랜 워크 그룹은 물리적인 위치에 관계없이 논리적으로 구성되어 있기 때문에 기존의 라우터 방식과 같이 각 라우터 포트마다 분리된 IP 서브넷을 만들 필요가 없는 것이 특징이고, 서로 다른 위치에 있는 호스트들이 같은 서브넷에 속할 수 있다. 여기서 특정 IP 기반 가상랜에 속하기 위해서는 장치의 IP 주소 서브넷 부분과 가상랜이 정의한 서브넷 부분이 일치해야 한다. 또한, VIVID 시스템에서는 각 LAN 스위치에 있는 포트를 라우트된 가상 네트워크에 마인딩함으로써 그 포트가 특정 서브넷으로부터의 트래픽을 지원할 수 있게 한다. 즉 ATM 스위치 상에 연결되어 있는 서로 다른 LAN 스위치의 인터넷 포트들이 동일한 라우트된 가상 네트워크에 할당될 수 있다. VIVID 시스템에서는 3계층 가상랜을 라우트된 가상 네트워크 (Routed Virtual Network)라고 부른다. 본 논문에서는 앞으로 이를 간단하게 (3계층) 가상랜이라 부르기로 한다.

VIVID 시스템은 데이터 포워딩을 담당하는 스위칭 장치들 (ATM/LAN 스위치)과 라우팅 기능을 담당하는 VIVID 라우트 서

비로 구성된다[3]. VIVID 라우트 서버는 네트워크 번호와 포트 멤버십을 포함한 가상랜을 정의하는 관리 정보를 저장하고, 확장된 비연결성 네트워크의 토폴로지를 알기 위해 OSPF와 RIP를 사용하여 외부 라우터와 통신하는 기능을 가지고 있다. VIVID 라우트 서버는 VIVID 네트워크에 대해서 브릿지된 LANE을 제공하고, 비연결형 LAN 프로토콜을 연결 지향 ATM 망에 매핑하기 위해서 주소 해석, 토폴로지 관리, 가상랜 브로드캐스트 서비스 등의 기능을 제공한다. VIVID 시스템의 동작 방식은 MPOA(MultiProtocol Over ATM)와 비슷한 개념을 가지고 있는데 VIVID 라우트 서버가 MPS(MPOA Server)와 유사한 기능을 제공하고 있다[3][4].

### 3. 다중 라우트 서버를 두는 VIVID 시스템 구성 방안

앞서 설명했듯이 VIVID 시스템은 라우트 서버가 라우팅 기능뿐만 아니라 브로드캐스트 데이터 전송까지 담당하고 있어 망이 확장됐을 경우 라우트 서버에서 병목현상이 발생할 수 있다. 본 논문은 이러한 병목현상을 해결할 수 있는 방안으로 여러 개의 라우트 서버를 두도록 VIVID 시스템을 확장하는 방안을 제시하였다. 즉 라우트 서버끼리 협력 혹은 정보의 동기화를 위해 정보를 교환하는 방법을 정의하고 서로 다른 라우트 서버가 관리하는 여러 구역에 퍼져 있는 가상랜 멤버들에게 브로드캐스트 데이터를 어떻게 전송해야하는지를 정의한다. 본 논문에서는 두 가지의 가상랜 브로드캐스트 전송 방식을 제안하는데, 브로드캐스트 전송 방식에 따라 라우트 서버간의 정보 교환 방법이 달라진다. 첫 번째 브로드캐스트 방식은 먼저 근원지 라우트 서버가 브로드캐스트의 목적지인 가상랜을 담당하는 각 라우트 서버들로 브로드캐스트 데이터를 전달하고 이를 라우트 서버들이 다시 자신이 담당하는 구역의 해당 ATM/LAN 스위치로 데이터를 릴레이하는 방식이다. 앞으로 이를 라우트 서버 - 라우트 서버 (RS-RS) 구조라고 명칭한다. 두 번째 방식은 근원지 라우트 서버가 가상랜 멤버를 가지고 있는 목적지 ATM/LAN 스위치들과 직접 VC를 설정하여 브로드캐스트하는 방식으로 라우트 서버 - ATM/LAN 스위치 (RS-SW) 구조라 부르기로 한다. 두 구조 모두 다중의 라우트 서버들은 서로 VC 배위로 연결되어 있다. 3.1과 3.2 절에서는 이들 방안 각각에 대해 가상랜에서의 데이터 브로드캐스트를 위한 동작방식을 설명한다.

#### 3.1 라우트서버-라우트서버(RS-RS) 구조

ATM/LAN 스위치가 등록되지 않은 근원지 MAC 주소로부터 처음으로 패킷을 받게 되면 ATM/LAN 스위치는 라우트 서버로 주소 해석 요청 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 라우트 서버는 호스트에서부터 전송된 802.2 LLC/SNAP 프레임의 헤더로부터 근원지 IP 주소를 조사하여 서브넷 주소와 관련된 가상랜 정보를 가지고 있다면 해당 가상랜 주소와 근원지 IP 주소, MAC 주소 리스트를 ATMARP 주소해석 응답 프레임에 실어 스위치에게 전송한다[5][6]. 이를 전송 받은 스위치는 해당 가상랜 리스트에 호스트의 MAC주소와 IP 주소를 등록하고 호스트와 연결된 포트와 MAC 주소를 바인딩한다. 만약 스위치의 테이블에 존재하지 않는 가상랜이라면 가상랜 리스트에 새로운 가상랜 엔트리를 추가하고 서버로부터 받은 정보를 등록한다.

그런데 만약 라우트 서버가 ATM/LAN 스위치로부터 주소 해석 요청을 받았을 때, 프레임의 근원지 IP 서브넷 주소에 해당하는 가상랜을 관리하고 있지 않다면, 서버는 자신과 VC로 연결된 모든 라우트 서버에게 업데이트를 요청한다. 라우트 서버간에 주고받는 업데이트 요청/응답 프레임은 단일 라우트 서버만을 두는 기존 VIVID 시스템에는 정의되어 있지 않다. 본 연구에서는 라우트 서버와 스위치 간에 주소해석을 위해 사용된 ATMARP 메시지를 이용하여 라우트 서버간에 주고받는 업데이트 메시지를 정의하였다. 업데이트 요청 프레임은 ATMARP의 동작 코드로 업데이트 요청 프레임임을 나타내고 근원지 주소 필드에 라우트 서버의 ATM 주소를 목적지 주소 필드에는 요청 프레임을 보낸 라우트 서버의

ATM 주소를 넣고 가상랜 주소 필드에는 호스트의 IP 서브넷 주소를 실어 보낸다. 이 요청을 받은 라우트 서버들은 자신의 테이블을 조사하여 해당 가상랜 주소가 존재하면 그 가상랜의 라우트 서버 리스트에 업데이트를 요청한 라우트 서버의 주소를 추가하고 자신의 ATM 주소를 업데이트 응답 프레임의 근원지 주소에 실어 업데이트를 요청했던 서버에게 전송한다. 이 응답을 받은 서버는 자신의 테이블에 새로운 가상랜 엔트리를 추가하고 이 엔트리에 응답한 서버의 주소와 주소해석 요청을 보냈던 ATM/LAN 스위치의 주소를 삽입한다. 그리고 새로운 가상랜 주소와 호스트의 IP 주소, MAC 주소를 ATMARP의 주소해석 응답 프레임에 실어 ATM/LAN 스위치에게 보낸다. 이를 받은 ATM/LAN 스위치 역시 새로운 가상랜 엔트리를 만들고 그 엔트리에 응답으로 받은 호스트 정보를 삽입한다. 이와 같이 등록과정을 마친 후 가상랜 멤버에게 브로드캐스트하는 동작 과정은 그림 1과 같다.

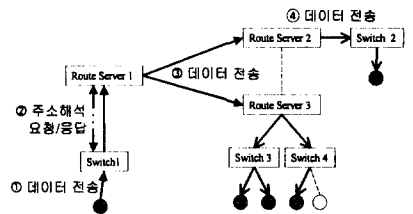


그림 1. RS-RS에서의 브로드캐스트 과정

#### 3.2 라우트서버-ATM/LAN스위치(RS-SW)구조

RS-SW 구조에서 ATM/LAN 스위치가 새로운 근원지 MAC 주소의 호스트로부터 브로드캐스트 프레임들을 받아 라우트 서버에게 주소해석 요청 프레임들을 보내는 과정까지는 RS-RS 구조에서의 과정과 동일하다. 그리고 브로드캐스트 프레임의 포맷과 ATMARP 주소해석 요청/응답 포맷에 포함되는 정보도 같다. RS-SW가 RS-RS와 다른 점은 라우트 서버끼리 주고받는 메시지의 내용이다. 따라서 업데이트 요청/응답 프레임의 형식은 달라진다. RS-SW에서는 각 라우트 서버가 자신이 담당하는 모든 가상랜들(자신이 담당하는 구역의 호스트들이 가입해 있는 모든 가상랜들)에 대해 다른 구역의 라우트 서버와 접속해 있는 ATM/LAN 스위치들의 정보까지 유지해야하므로 업데이트 응답 프레임에 여러 개의 ATM 주소리스트를 실을 수 있도록 ATMARP 프레임들을 확장시켰다.

ATM/LAN 스위치는 새로운 MAC 주소를 가지는 호스트로부터 브로드캐스트 프레임들을 받으면 라우트 서버에게 주소해석 요청 프레임과 함께 호스트가 보낸 브로드캐스트 프레임들을 보낸다. 이를 받은 라우트 서버는 브로드캐스트 프레임의 근원지 필드로부터 호스트의 IP 주소를 조사하여 이 IP 서브넷과 관련된 가상랜이 자신의 테이블에 존재하는 경우 해당 가상랜 리스트에 주소 해석 요청을 보낸 ATM/LAN 스위치의 ATM 주소를 등록하고 다른 라우트 서버들 중 이 가상랜을 관리하는 라우트 서버에게만 업데이트 요청 프레임들을 보낸다. 이때, 업데이트 요청 프레임의 근원지 ATM 주소 필드에는 자신의 ATM 주소를 입력하고 ATM/LAN 주소 필드에는 새로운 호스트의 가상랜 등록을 요청한 ATM/LAN 스위치의 주소를 실어 전송한다. 또한 주소 해석 요청한 ATM/LAN 스위치에게 가상랜 주소와 호스트의 IP 주소 및 MAC 주소를 주소해석 응답 프레임에 실어 전송한다. 업데이트 요청 프레임들을 받은 라우트 서버는 해당 가상랜 엔트리에 ATM/LAN 주소를 삽입하고 업데이트 응답 프레임에 서버 자신의 ATM 주소와 자신이 담당하는 구역에서 해당 가상랜을 담당하는 ATM/LAN 스위치의 주소 엔트리를 실어 업데이트 요청한 라우트 서버에게 전송한다. 이 업데이트 응답 프레임들을 받은 라우트 서버는 자신이 유지하고 있던

ATM/LAN 스위치 주소 엔트리와 응답 프레임에 포함된 ATM/LAN 주소 엔트리를 비교하여 새로운 주소가 발견되면 주소 리스트에 주소를 추가한다.

어떤 호스트가 라우트 서버가 관리하는 구역에 현재 존재하지 않는 가상랜에 가입하는 경우의 가상랜 가입 과정은 RS-RS의 경우와 같다. 단, 주고받는 메시지의 내용과 테이블에 저장하는 내용이 달라지게 된다.

이와 같이 호스트의 가상랜 등록이 끝나면 호스트 등록이 진행되는 동안 ATM/LAN 스위치에 버퍼링 되었던 브로드캐스트 프레임은 라우트 서버에 전달된다. 브로드캐스트하는 과정은 그림 2와 같다.

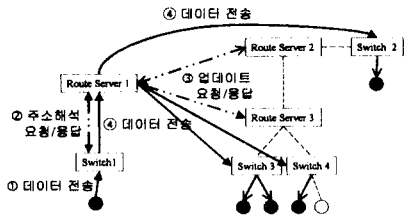


그림 2. RS-SW에서의 브로드캐스트 과정

4. 시뮬레이션

이 절에서는 본 논문에서 제안한 두 가지 3계층 가상랜 구성 모델의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션 결과를 제시하고 이를 분석한다. 시뮬레이션 파라미터로 평균 세션 길이와 세션간의 도착 시간 간격 그리고 한 세션 내에서의 프레임 발생 간격을 변화시키면서 평균 데이터 전송시간과 데이터 메시지당 발생하는 총 제어 메시지 양이 어떻게 변화하는지 알아보았다.

입력 트래픽은 브로드캐스트 데이터 전송 요구이며 이들의 발생 간격을 조절해보면서 시뮬레이션의 결과를 수집하였다. 특정 가상랜에 전송되는 일련의 브로드캐스트 프레임의 흐름을 세션이라고 정의할 때, 세션의 길이와 세션간의 도착 시간 간격 그리고 세션 안에서 발생하는 브로드캐스트 프레임간의 도착시간 간격은 지수 분포를 따른다고 가정하였다. 브로드캐스트 데이터 프레임의 크기는 512 바이트라고 가정하였고, 제어 메시지의 크기는 ATMARP 권고안에서 제시한 형식에 따라 메시지 크기를 구한 결과 경우에 따라 52 바이트 ~ 92 바이트 사이의 값을 가지게 된다. 또한, 각 엔터티 간의 전파지연과 각 엔터티를 연결하는 채널용량은 VIVID 시스템의 규정에서 제시한 값을 따라 표 1과 같이 가정하였다. 그리고, RS-SW 구조에서 가상랜 브로드캐스트시 라우트 서버와 해당 가상랜을 담당하는 ATM/LAN 스위치간의 VC 셋업을 위해 각 엔터티에서 소요되는 프로세싱 타임은 5msec라고 가정하였다.

표 1. 각 엔터티 간의 전파지연 및 채널용량

엔터티	전파지연시간	대역폭
라우트 서버 - 라우트 서버	150 $\mu$ s	150 Mbps
라우트 서버 - ATM/LAN 스위치	50 $\mu$ s	150 Mbps
ATM/LAN 스위치 - 호스트	10 $\mu$ s	10 Mbps

그림 3은 평균 세션 길이가 20초이고 세션간의 평균 도착 시간 간격이 3초인 경우 한 세션 내에서의 프레임 발생 간격을 변화 시켰을 때 RS-RS 모델과 RS-SW 모델의 평균 데이터 전송 시간을 보여주는 그래프이다. 세션 내에서의 평균 데이터 프레임 발생 간격이 짧아져 발생하는 데이터 프레임 수가 많아지게 되면 RS-SW의 세션 초기 VC 설정 오버헤드가 RS-RS의 매 데이터 프레임 당 발생하는 라우트 서버 경우 오버헤드에 상쇄되어 RS-SW의 성능이 RS-RS의 성능을 능가하게 된다.

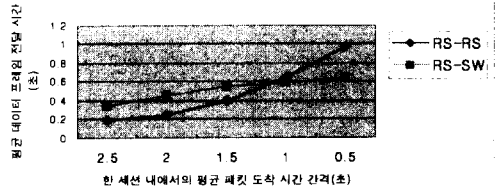


그림 3. 프레임 발생 간격 변화에 대한 평균 데이터 프레임 전달시간

그림 4는 한 세션 내에서의 평균 프레임 발생 간격을 0.5초로 고정시키고 평균 세션 길이를 변화시켰을 때 RS-RS 모델과 RS-SW 모델에서 데이터 메시지당 발생하는 제어 메시지의 비율을 나타낸 것이다. 각 방식에 대해 발생한 총 제어 메시지의 양은 일정하지만 세션이 길수록 데이터 양이 많아지므로 데이터 메시지당 발생된 총 제어 메시지의 비율은 두 모델 모두 세션이 길어질수록 감소하게 된다. 그리고 RS-SW 모델의 제어 메시지 양이 RS-RS 모델에 비해 많으므로 모든 세션 길이에 대해 총 제어 메시지 비율은 RS-SW가 RS-RS 보다 높다.

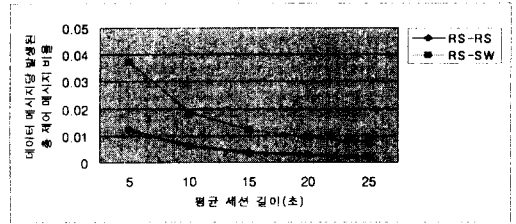


그림 4. 데이터 메시지 당 발생하는 총 제어 메시지의 비율

5. 결론

본 논문에서는 ATM-LAN 스위치 망에서 3계층 가상랜을 구현하는 VIVID 시스템을 확장하는 방안으로 다중의 라우트 서버를 두는 두 가지의 모델을 제시하고, 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 비교하였다. 확장성 면에서 RS-RS 모델이 더 우수하며, 브로드캐스트 세션의 길이와 세션 내에 발생하는 브로드캐스트 프레임의 수가 어느 수준 이하인 경우에는 성능면에서도 RS-RS가 더 우수함을 알 수 있다.

6. 참고문헌

- [1] Draft Standard P802.1Q/D11 IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: "Virtual Bridged Area Networks", July 30, 1998
- [2] 김희정, 서주연, 채기준, 이미정, 장훈, 최길영, 김성해, "SDL을 이용한 ATM-LAN 스위치 망에서의 정책 기반 가상랜 구현", 한국정보과학회 가을 학술 발표논문집 Vol. 26 No. 2, 1999.
- [3] "VIVID Route Server Release 1.1,"<http://www.newbridge.com/techinfo/Descriptions/RDs/InterNetwork/index.html>.
- [4] The ATM Forum, "Multiprotocol Over ATM Version 1.0 (Letter Ballot)", May. 1997
- [5] Mark A. Miller, P.E., "LAN PROTOCOL HANDBOOK", M&T Publishing, Inc. 1990.
- [6] M. Laubach, J. Halpern, "Classical IP and ARP over ATM", RFC 2225, April. 1998.