

대형 라우터 시스템에서 분산된 데이터 전달 기능에 대한 연구

김성혜⁰, 이규호
라우터기술연구부, 한국전자통신연구원
{shkim, kyou}@etri.re.kr

The Study on Distributed Data Processing Capability in Large Router System

Sung Hei Kim⁰, Kyou Ho Lee
Converged LAN Team, Router Tech. Dept., Switching & Transmission Tech. Lab.
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

인터넷 망의 핵심은 라우팅 기능에 있다. 일반적으로 라우터의 데이터 전달 기능이 인터넷 망 성능의 저해 요인이 되고 있다. 그래서 라우터의 데이터 전달 능력을 개선시키기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 이런 라우터의 성능을 향상시키는 방법에 대해 논의하고 있다. 이 논문의 핵심은 대형 라우터 시스템에서 라우터로 보내지는 데이터의 양을 감소시켜 라우터의 성능을 개선시키는 것이다. 이 기능이 가능하게 하기 위해서는 라우터의 각 데이터 송수신하는 포트에서 포워딩 테이블을 유지해야 한다. 이 포워딩 테이블을 이용하여 포트에 데이터를 직접 착신지로 전달할 수 있다. 본 논문에서는 이에 대한 내용을 설명하고 이 기능을 가능케하기 위해 구현 방법에 대해서도 설명한다.

1. 서 론

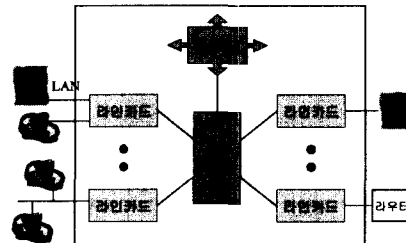
최근에 들어서서 인터넷 및 인트라넷 사용자 수가 급격히 증가되었다. 사용자 수가 급격히 증가됨으로 인하여 망은 폭주가 되어 문제가 되고 있지만 점점 많은 네트워크 이용자들이 좀 더 나은 성능과 나은 서비스를 요구하게 된다. 망에서 발생하는 대부분의 트래픽은 인터넷 트래픽이다. 인터넷의 증가로 인하여 데이터그램을 기반으로 한 패킷 통신 시스템의 관리와 확장성에 문제가 되었다. 그래서 이런 문제를 해결하기 위해 새로운 라우팅 프로토콜과 새로운 알고리즘 및 구조가 계속 개발되고 있다.

라우터의 성능이 망의 성능에 지대한 영향을 끼치고 있다. 그래서 차세대 라우터는 IP 패킷을 처리하는 라우터의 기능을 향상시키는데 주력하고 있다. 라우터의 패킷 처리 기능을 향상시키는 방법이 많이 존재한다. 그러나 본 논문에서는 IP 패킷 전달 엔진을 각 라인카드에 올려놓아 IP 패킷 전달 기능을 라인카드에서 수행하도록 하였다. 이렇게 함으로써 데이터를 라인카드에서 처리함으로써 착신측으로 데이터를 전달할 때 라우터 기능을 거치지 않기 때문에 라우터의 성능이 향상될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 라우터 구조에 대해서 설명하면서 라우터의 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대해 설명한다. 3장에서는 분산된 데이터 전달 기능을 가진 라우터 구조를 제시하고 각 상황별 처리과정을 상세히 설명한다. 4장에서는 대형 라우터내에 있는 각 엔티티별로 요구되는 기능에 대해서 설명한다. 5장에서 논문의 결론을 맺는다.

2. 라우터의 구조 및 라우터 성능 향상 방안

본 논문에서 가정으로 한 라우터 시스템은 (그림 1)과 같다. 라우터 시스템은 거대한 라우터로 여러 개의 라인 카드들로 구성되어 있고 각 라인 카드들은 한 개 이상의 LAN 장치나 망 혹은 라우터들과 연결되어 있다. 라우터 시스템에 있는 각 구성요소들은 IP 스위치로 상호 연결되어 있다. 이런 구조로 인하여 시스템에 있는 각 장치들은 서로간 직접 연결될 수 있다.



(그림 1) 라우터 시스템 구조

라우팅이란 발신측에서 착신측으로 인터넷네트워크상에서 정보가 전달될 수 있도록 해주는 기능이다. 거대한 망안에서 데이터가 전달되면 중간 노드 즉 라우터를 거치게 된다. 라우팅은 3계층상의 데이터를 전달한다.

라우터는 라우팅 알고리즘을 이용하여 라우팅 테이블을 구축한다. 라우팅 테이블에는 착신지/다음 홉(next hop)에 대한 정보가 포함된다. 라우팅 테이블에 있는 정보는 라우

터에게 데이터를 전달할 최상의 경로를 나타내고 있다.

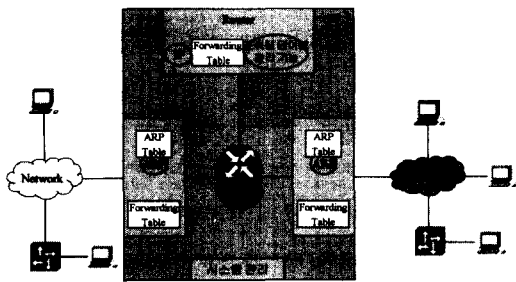
결국, 라우터의 성능은 망의 성능에 지대한 영향을 끼치고 있다. 그래서 라우터의 성능을 개선시키는 연구가 많이 이루어지고 있다. 일반적인 방법이 좀 더 나은 하드웨어를 사용하여 라우터의 일을 하드웨어적으로 처리하여 개선하고 있고 데이터를 전달할 더욱 좋은 최상의 경로를 찾는 새로운 라우팅 알고리즘을 개발하고 있고 IP 주소 검색기법도 개선하려는 노력을 하고 있다. 그러나 이런 방법들은 라우터 기능 처리환경만 개선시킬 뿐 라우터의 일을 줄이지 못하고 있다. 결국, 다른 서브넷으로 전달될 모든 데이터를 무조건 라우터로 보내져 라우터에서 데이터를 처리해야 한다. 대부분의 데이터는 다른 서브넷으로 전달되어야 하기 때문에 망의 성능은 크게 저하될 수밖에 없다.

그래서 본 논문에서는 라우터의 일을 감소시켜 라우터의 기능 중 가장 많은 부분을 차지하고 있는 패킷 전달기능을 라우터에서 하지 않고 이더넷망에 직접 접속되어 있는 옛 장치(라인카드)에 이 일을 일임하는 방법에 관한 것이다. 옛 장치에서 다른 서브넷으로 향하는 패킷을 발견하게 되면 패킷을 라우터로 전달하는 것이 아니라 착신측 옛 장치로 직접 전달한다. 그래서, 라우터에서 처리할 패킷은 크게 줄고 결국 라우터에서 해야 할 일이 그만큼 줄어들게 된다.

본 논문에서 제시하고 있는 핵심 기능은 라우팅 테이블(포워딩 테이블)의 동기화이다. 라우터 장치는 라인카드로 포워딩 테이블을 동기화하는 기능이 필요하다. 안정된 환경에서 포워딩 테이블이 크게 변경되지 않으므로 이 일은 크게 어렵지 않다. 결국 라우터 시스템의 성능은 크게 향상될 수 있다.

3. 제안 기법 - 분산된 데이터 전달 기능

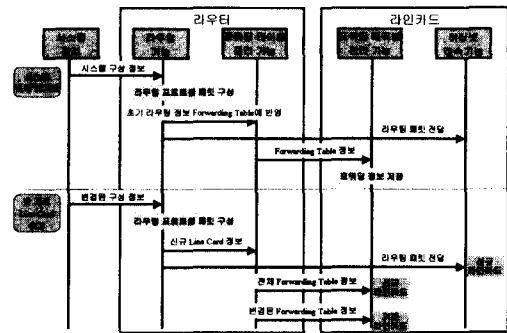
본 논문에서 제시하고자 하는 대형 라우터 시스템의 구조는 (그림 2)와 같다. (그림 2)에서 보면 각 라인카드에서 포워딩 테이블을 유지하고 있다. 이 정보를 라우터 기능으로부터 받으며 라우터 기능에서는 포워딩 테이블 관리 기능이 있어서 포워딩 테이블이 변경될 때마다 그 내용을 각 라인카드에게 통보해 준다. 그래서 각 라인카드는 포워딩 테이블을 이용하여 Next Hop으로 전달되는 데이터를 포워딩할 수 있다.



(그림 2) 분산된 데이터 전달 기능이 포함된 라우터 구조

이제부터 제안된 라우터 시스템에서 각 기능별로 처리되는 과정을 상세히 설명한다. (그림 3)에서는 (그림 2)의 라우터 구조에서 시스템의 초기화시 처리되는 흐름을 표현하고 있다. 이 그림에서는 두 가지 형태의 초기화시 처리과정을

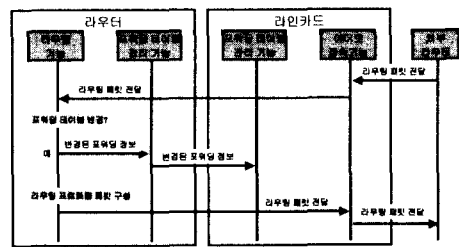
보여준다. 하나는 시스템 전체의 초기화과정을 보여주고 있고 두번째는 한 개의 라인카드만 시스템 운용도중에 초기화 때에 처리과정을 보여준다.



(그림 3) 제안된 라우터 시스템의 초기화 과정

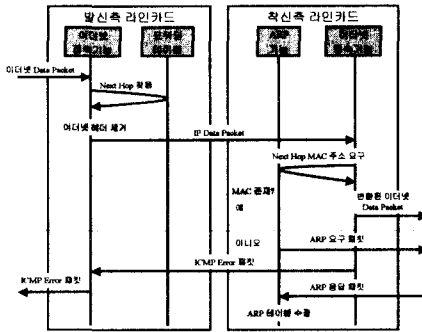
먼저 시스템 전체가 초기화되면 시스템관리 기능에서 라우터 기능에게 전체적인 시스템 구성정보를 통보한다. 시스템 구성정보란 각 라인카드의 주소 및 상태 정보가 된다. 또한 라우팅 기능에서 필요한 다양한 정보도 포함된다. 이 정보를 이용하여 라우팅 기능에서는 나름대로의 라우팅 프로토콜 패킷을 구성하여 이 정보를 포워딩 테이블에 반영하고 모든 포트 즉 라인카드에게 자신이 만든 패킷을 Broadcast한다. 이더넷 접속 기능에서는 라우터로부터 외부로 전달될 패킷을 받으면 자신에 연결된 망으로 패킷을 전달한다. 포워딩 테이블 관리 기능에서는 포워딩 테이블의 변화를 감지하여 라인카드에 있는 포워딩 테이블 관리기능에게 라인카드내의 포워딩 테이블을 수정할 것을 요구한다. 라인카드는 그 정보를 받아 자신의 포워딩 테이블에 저장한다. 일반적으로 라인카드에 있는 포워딩 테이블은 하드웨어 칩에 저장되는 비퍼로 데이터 처리시 이 테이블을 참조하게 되는데 이는 전기적으로 참조 가능할 수 있는 저장소가 된다.

두번째 초기화 내용은 시스템이 운용도중에 하나의 라인카드가 새로이 추가되는 경우를 보여주고 있는데 이때도 시스템 관리 기능에서 변경된 구성 정보를 통보하고 새로운 라인카드가 전달할 수 있도록 새로운 라우팅 패킷을 구성한다. 신규라인카드에 대한 정보를 포워딩 테이블 관리 기능에게 전달한다. 포워딩 테이블관리기능은 포워딩 테이블의 내용을 수정하고 기존 라인카드에게는 수정된 내용만 전달하고 신규라인카드에게는 전체 포워딩 테이블을 전달한다.



(그림 4) 제안된 라우터 시스템의 라우팅 패킷 처리 과정

(그림 4)에서는 라우팅 패킷 처리과정을 설명한다. 이더넷 접속기능은 외부 라우터로부터 라우팅패킷을 받으면 라우터에게 라우팅 패킷을 전달한다. 라우팅 기능은 라우팅 패킷을 분석하여 포워딩 테이블이 변경될 경우에만 포워딩 테이블관리기능에게 변경된 포워딩 정보를 통보한다. 포워딩 테이블 관리기능은 이 내용을 라인카드에게 통보하고 라인카드는 필요한 변경작업을 수행한다.



(그림 5) 제안된 라우터 시스템의 데이터 패킷 처리 과정

(그림 5)는 이 논문의 핵심인 데이터 패킷 처리 과정을 보여주고 있다. 발신측 라인카드에서 이더넷 데이터 패킷을 받으면 라인카드에서 관리하고 있는 포워딩 테이블로부터 Next Hop 정보를 받아온다. Next Hop정보란 Next Hop IP와 패킷을 전달할 Port 정보가 포함된다. 이 정보를 이용하여 이더넷 헤더를 제거하여 스위치로 IP패킷을 전달한다. 이 이유는 Next Hop으로 데이터가 전달될 때 이더넷 헤더가 변경되기 때문에 필요하지 않기 때문이고 스위치에서 굳이 불필요한 14바이트 데이터를 더 전달할 이유가 없기 때문이다. 착신측 라인카드에서는 스위치로부터 IP데이터를 받고 ARP Table에서 Next Hop MAC 주소를 요구한다. 만약 ARP Table에서 MAC 주소가 있으면 받은 IP데이터에 MAC헤더를 부착하여 해당 착신지로 데이터를 전달한다. 만약, MAC 주소가 존재하지 않으면 ARP 기능이 자신에 접속된 망으로 ARP 요구 패킷을 보내고 발신측으로는 데이터를 전달하지 못했다는 ICMP Error 패킷을 보낸다. 그 뒤에 ARP응답 패킷을 받으면 ARP Table을 수정하여 해당 착신지로 오는 다음 패킷을 전달할 수 있도록 준비해 놓는다.

4. 각 엔티티별 기능 요구사항

이 장에서는 라우터기능과 라인카드 기능에서 갖고 있어야 할 요구사항에 대해 정리한다. 먼저 라우터 기능에서는 다음과 같은 기능이 필요하다.

- 시스템 관리기능으로부터 라인카드 정보를 받는 기능 : 이는 라인카드 상태정보 IP/MAC 주소등등이 된다. 운용중에서 시스템 구성이 변경되면 이에 대한 정보도 받아야 한다.
- 포워딩 테이블 구축 및 관리 기능 : 이 기능은 라우터에서 이미 기본적으로 갖고 있는 기능이지만 포워딩 테이블이 변경될때마다 이를 인지하여 라인카드에게 전달될 수 있도록 라우터 기능에서 테이블 관리할 필요가 있다.

- 포워딩 테이블을 라인카드에게 전달하는 기능 : 필요한 기능은 전체 테이블, 추가항목, 삭제항목, 변경항목 등이다.
- 일반 라우팅 기능 : 라인카드로 라우팅 패킷 수신 및 전달 기능을 포함한 일반 라우팅 기능은 모두 라우터 기능에서 수행되어야 한다.

이와 같이 라우터 기능에서 필요한 요구사항에 대해 나열했고 이제는 라인카드에서 필요한 기능에 대해서 나열한다.

- 라우터 기능으로부터 포워딩 테이블 정보를 받음 : 이는 전체정보, 추가내용, 삭제내용, 변경내용을 포함한다.
- ARP 기능 : 일반적으로 ARP란 하나의 IP 도메인내에서 이루어지는 것이므로 ARP 기능은 라인카드에 존재하는 것이 바람직하다.
- 라우터 패킷을 라우터 기능에게 전달 기능 : 이 기능은 라우터 패킷을 구분하여 라우터 기능으로 보낼 수 있어야 한다.
- 데이터를 전달할때에 포워딩 테이블을 참조하여 스위치로 IP 데이터를 전달하는 기능
- 스위치로부터 데이터를 받으면 ARP Table을 참조하여 이더넷 데이터를 구성하는 기능

이로써 라우터 기능과 라인카드에서 필요한 기능에 대해 설명하였다.

5. 결론

인터넷망이 급속히 성장함에 따라 이용자도 많아지므로 인터넷에 전달된 데이터도 급속히 많아졌다. 이 이유로 일반적으로 라우터에서 데이터 전달의 병목 현상을 일으켜 망의 성능에 큰 영향을 미치고 있다. 이런 상황에도 불구하고 인터넷 이용자는 더욱 신속하면서 더더욱 세련된 서비스를 요구하게 되었고 라우터의 개선시키려는 노력이 많이 보이고 있다.

본 논문에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 대형 라우터 시스템에서 분산된 데이터 전달 기능을 넣어 라우터의 성능을 향상시키기 위한 방법을 제안한다. 이는 데이터를 받으면 무조건 라우터 기능으로 보내지 않고 라인카드에서 착신측 라인카드로 보내는 기능을 설명하였다. 이로 인하여 라우터의 일이 크게 줄어들어 망의 성능을 개선시킬 수 있을 것으로 보인다.

추후에는 이 내용에 대한 성능분석이 요구되고 또한 이런 환경에서 추가될 수 있는 새로운 기능에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Internet Protocol DARPA Internet Program Protocol Specification RFC 791, IETF, 1981
- [2] Internet Control Message Protocol, RFC 792, IETF, 1981
- [3] IP Forwarding Table MIB, RFC 2096, IETF, 1997
- [4] Routing in the Internet, Christian Huitema, Prentice Hall PTR.
- [5] Routing in Communications Networks, Martha E. Steenstrup, Prentice Hall International, Inc, 1995.
- [6] Cisco Systems, "The Evolution of High-End Router Architectures", White Paper, <http://www.cisco.com>, 2001