

# 국방전산망에서 MPLS를 이용한 트래픽 엔지니어링 적용방안에 관한 연구

신현웅\*, 이승종\*

\*국방대학교 전산정보학과

e-mail:kafask@kornet.net, lj@kndu.ac.kr

## A Study on Adaptation of Traffic Engineering using MPLS in the Defense Information Network

Hyun-Woong Shin\*, Sung Jong Lee\*

\*Dept of Computer and Information Science, Korea National Defense University

### 요 약

국방전산망은 백본으로 ATM, Edge에는 예하 단위부대의 라우터를 연결한 IP over ATM 형태를 취하고 있다.. 국방전산망은 급속도로 발전하는 외부의 미래 네트워크 환경에 대비하여 지속적으로 진화가 추진되고 있는데 장차 국방망의 요구사항인 네트워크의 규모 확대, 분리 운영되고 있는 각종 망의 통합, 서비스의 차별화, VPN, VoIP등의 지원과 통합된 망자원의 활용도를 최적화시키기 위해서 본 논문에서는 IETF에서 강력하게 추진하는 기술인 MPLS를 국방망에 도입하고 MPLS가 제공하는 가장 큰 기능중의 하나인 트래픽 엔지니어링을 이용하여 데이터 트래픽에 대한 효율적인 관리를 통한 저비용, 고효율의 국방전산망 운영방안에 대해 제안하고자 한다.

### 1. 서론

1990년대에 인터넷의 수요는 폭발적으로 증가하여 ISP들은 백본 서비스망을 갖추어야 했고, 이에 가장 적합한 방법으로 하드웨어 기반의 고속 스위칭 (switching)을 실현할 수 있는 ATM을 이용한 인터넷 백본망을 갖추었다. 우리나라 통신망의 핵심이라 할 수 있는 초고속국가망 및 인터넷 백본망도 ATM을 바탕으로 하고 있는데 인터넷의 지속적인 성장과 성공으로 인해 IP는 모든 네트워크가 기본적으로 서비스를 제공해야 하는 프로토콜이 되었고 이는 ATM을 이용한 고속의 하드웨어 기반의 스위칭 기술로써 처리되고 광전송망을 통해 전송하는 것으로 결정되었다. MPLS는 IP와 ATM의 장점을 통합하여 향상된 QoS 보장, 정밀한 트래픽 엔지니어링, 간편하고 안전한 가상사설망 구축, 다양한 프로토콜의 지원을 제공하여 해외 및 국내의 상용인터넷망에 급속도로 적용되고 있고, 우리나라의 초고속국가망도 진화 계획에 MPLS의 적용이 포함되어 있다[1].

국방전산망도 진화하는 외부의 미래 네트워크 환

경에 대비하여 지속적인 발전 계획을 추진하고 있는데[2] 국방전산망의 요구사항인 네트워크의 규모 확대, 분리 운영되고 있는 각종 망의 통합, 인트라넷 서비스의 차별화, VPN, VoIP의 지원과 확대되고 통합된 망자원의 활용도를 최적화시키기 위해서, 본 논문에서는 먼저 MPLS를 국방전산망에 도입하고 MPLS가 제공하는 트래픽 엔지니어링 기능을 이용하여 대역폭의 대폭적인 확장 없이 데이터 트래픽에 대한 효율적인 관리를 통한 저비용, 고효율의 국방전산망 운영방안에 대해 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 MPLS를 이용한 트래픽 엔지니어링의 기본 개념에 대해 살펴보고, 3장에서는 국방전산망 분석을 통한 MPLS 도입 및 트래픽 엔지니어링의 필요성을 기술한다. 4장에서는 제안하는 국방전산망 구조인 MPLS ATM 시스템의 구성과 트래픽 엔지니어링을 위한 명시적 다중 경로 설정, 예비경로 설정을 통한 리라우팅(Rerouting) 방법을 설명하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. MPLS 트래픽 엔지니어링

IP 기반 망에서의 라우팅 방식은 최단 경로로만 데이터를 전송하도록 되어 있기 때문에 부분적으로 병목현상(congestion)이 발생되거나 전체적으로는 남는 링크 자원이 있음에도 불구하고 적절치 못한 경로 지정 때문에 낭비될 수 있는 문제점이 있다.

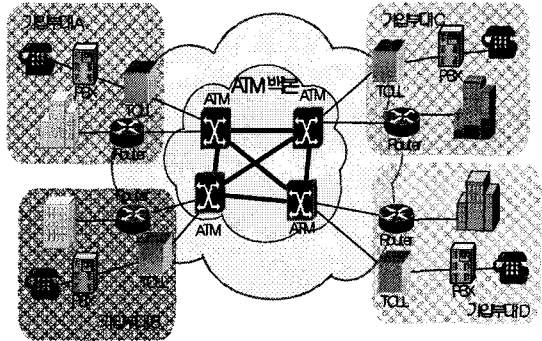
이에 사용자들이 원하는 서비스 품질을 보장해주는 트래픽 위주의 성능 측면과 망자원의 활용도를 최적화시키기 위해 트래픽을 망 전체에 균등히 분산시키는 자원 위주의 성능 측면으로 기술이 필요하게 되었는데 이것이 트래픽 엔지니어링(Traffic Engineering)으로 혼잡현상을 최소화시키는 것이 트래픽 엔지니어링의 목적이다[5][6]. IP 망에서도 소스 라우팅(Source Routing)을 이용해서 제한적으로 트래픽 엔지니어링을 수행할 수 있으나 보내는 패킷마다 주소들의 비트수 만큼의 오버헤드가 발생하는 문제점이 있다. MPLS는 경로 설정과 패킷 전달을 하는데 있어 매우 용이한 구조로 되어 있다. MPLS는 패킷이 망에 진입할 때 Ingress 에지 라우터(LER-Label Edge Router)에서 패킷의 정보에 따라 LSP(Label Switched Path)를 설정하고, 적절한 레이블로 인캡슐레이션(encapsulation)을 한 후 코어 라우터(LSR-Label Switched Router)에서는 레이블을 바꿔 주지만 하면서 패킷을 보내는 구조이므로 LSP를 이용한 명시적 경로(ER-LSP:Explicit Route Label Switched Path)를 설정하기가 용이하고 주 LSP에 대한 예비 LSP를 설정할 수 있어 링크 장애 시 신속한 복구가 가능해지므로 결과적으로는 효율적으로 망자원을 관리할 수 있다.

## 3. 국방전산망에서 MPLS 도입 및 트래픽 엔지니어링의 필요성

국방전산망은 20여개의 백본 라우터를 ATM 교환기로 연결하여 백본을 구성하고, 예하 단위부대의 LAN을 담당하는 IP 라우터를 백본 라우터에 연결한 IP over ATM 형태이다. 백본 라우터는 ATM PVC를 이용하여 Point to Point 방식으로 full-mesh로 연결되어 있으며 OSPF 프로토콜로 전군의 라우팅 정보를 공유하고 있다. ATM PVC 장애 발생에 따른 물리적인 백업경로는 별도로 구성되어 있지 않으며, ATM PVC의 자체적인 경로 재설정을 통한 논리적 백업으로 구성되어 있다. ATM 교환기 사이에는 45Mbps급으로 연결되어 있는데 이중 35Mbps 정도가 CBR(Constant Bit Rate) 음성용량으로 할당

되어 있어, 실제 데이터의 대역폭은 10Mbps로 실 트래픽에 따른 가변적인 대역폭을 할당하는 VBR(Variable Bit Rate) 방식으로 구성되어 있다.

예하 부대는 LAN 환경으로 구성되어 있으며 LAN 담당 라우터가 백본 라우터와 ATM 교환기를 통해서 ATM PVC 형태로 연결되어 라우팅 정보를 정적으로 보내준다.



(그림 1) 국방전산망 구성도

국방전산망은 외부와는 완전분리된 독립망으로 KT가 관리하는 회선을 지나가는 데이터에 대해서는 선로형 보안장비를 설치하여 암호화하고 있고, 자체 IP 주소체계를 이용하여 각 군 단위로 IP 주소범위를 할당하여 사용하고 있다.

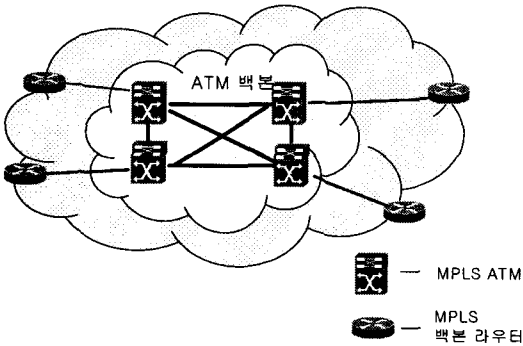
국방전산망은 백본부터 예하 부대까지 64Kbps~45Mbps급의 KT 전용선을 임대하여 연간 약 260억원을 KT에 회선사용료로 지불하고 있으며 전용선의 고가성으로 인해 대역폭의 대규모 확장시 막대한 추가 비용이 발생된다. MPLS를 도입하여 국방전산망을 VPN으로 구성시 초고속국가망 ATM 서비스의 사용이 가능해져 연간 40억원 정도의 통신비를 절감할 수 있고, MPLS의 도입은 VoIP 또한 가능하게 하여 현재의 많은 대역폭을 차지하고 있는 음성 트래픽을 60% 정도 줄일 수 있어 추가로 160억원 정도의 통신비를 절감할 수 있다[3]. IP over ATM 모델은 ATM 백본에 연결된 라우터의 IGP(Interior Gateway Protocol) 정보 교환을 위하여 full-mesh로 연결되어야 하는데 라우터의 개수를 N이라 할 때  $N(N-1)/2$ 의 PVC가 필요하게 되므로 소수의 라우터를 추가해도 많은 PVC가 추가되어 망 관리자가 수동으로 입력해야 하는 PVC 특성상 추가에 어려움이 있고, 경로 장애시 복잡한 구조로 인해 복구시간이 길어지게 된다[4]. MPLS 도입시 ATM PVC의 문제가 사라져 확장성이 증가한다. 국방전산망의 특

성상 국방부, 합참, 각군본부, 사령부등 전략급 작전 제대와 연결된 백본 라우터에서 트래픽이 집중되는데 백본 라우터는 OSPF로 연결되어 최단경로만을 라우팅하므로 일부 경로에 부하가 집중되고 있다. 국방전산망에서도 최근 데이터 트래픽의 증가세가 급격해지고 있으므로 일부 경로에 부하가 집중되는 문제는 가중될 것이다. 현재 데이터 트래픽에 할당된 대역폭은 10Mbps로 장차 대폭적인 확장이 요구되므로 이에 MPLS 도입시 정밀한 트래픽 엔지니어링이 가능해져 소규모의 대역폭 확장을 통해서도 큰 효과를 얻을 수 있다.

4. 제안하는 국방전산망에서의 트래픽 엔지니어링

4.1 ATM 기반 국방전산망에서 MPLS 적용

현재 국방망은 IP over ATM 방식으로 기존의 장비를 활용하여 MPLS를 적용할 수 있는데 ATM 기반 MPLS의 적용방안은 기존의 ATM 장비에 소프트웨어 업그레이드와 라우팅 프로세서 모듈만 추가하여 LSR로서 사용하고 MPLS가 적용된 백본 라우터를 LER로 사용하는 방법으로 비용과 시간적인 측면에서 구축이 용이하다[7]. ATM 교환기를 LSR로 사용시 MPLS 헤더의 정보가 ATM 헤더의 정보로 인코딩되어야 하는데 MPLS 헤더의 레이블 필드, LSP, LDP(Label Distribution Protocol)가 ATM



(그림 2) MPLS가 적용된 국방전산망의 구성도

헤더의 VPI/VCI 필드, VP/VC, ATM signaling 프로토콜과 매칭되어야 하는데 이는 SVC Encoding 방법으로 적용 가능하지만[6], EXP, S, TTL 필드는 적용하기가 어려운 문제가 있다. 3bits의 EXP 필드는 ATM 헤더의 1bit CLP(Cell Loss Priority)로 제한적으로 매핑이 가능하지만 S와 TTL 필드는 ATM 망을 벗어나 Egress LER에서만 적용이 가능하다.

Label	EXP	S	TTL
20	3	1	8

Label : Label value      S : Bottom of Stack  
 EXP : Experimental Use    TTL : Time to Live

(그림 3) MPLS Shim 헤더

4.2 트래픽 송신 주소별 명시적 다중 경로 설정

국방전산망은 외부와 차단되어 자체적으로 IP 주소를 할당하여 사용하고 있어서 트래픽 송신 주소에 의한 분류가 가능하다. 또한, 전략적 작전제대가 연결된 용산, 대전, 용인, 원주등의 특정 백본 라우터에서 항상 트래픽의 부하가 집중된다. 이러한 국방전산망의 특성을 이용하여 백본 라우터에서는 트래픽 송신 주소에 의해 트래픽을 작전제대와 작전지원 제대로 분류한다. MPLS의 3bits EXP 필드를 이용하면 최대 8가지로 트래픽을 세밀하게 분류할 수 있으나 LSR 역할을 하는 ATM 교환기와 매핑시 1bit의 CLP 필드를 이용하므로 최대 2가지의 분류만이 가능하겠다. 백본 라우터에서는 LSP 설정과 관련해 라우팅 알고리즘 두 가지를 사용하여 설정[6]하는데 국방부, 합참, 각군본부, 사령부등 전략급 작전제대의 트래픽에 대해서는 기본적으로 최소 홉 수 경로 알고리즘(MHA:Minimum Hop Algorithm)에 의한 LSP를 할당하여 우선적으로 대역폭을 보장하여 주고, 나머지 작전지원제대의 트래픽에 대해서는 대역폭 우선 경로 알고리즘(SWPA:Shortest Widest Path Algorithm)에 의한 LSP를 할당함으로써 트래픽의 전송이 긴급한 작전제대에 대해서는 최단경로를 제공하고 비교적 덜 긴급한 작전지원제대의 트래픽에 대해서는 최단경로는 아니지만 대역폭 우선 경로를 제공하는 것이다. 이를 위해서는 국방전산망에서 LSR 역할을 하는 ATM 교환기와 LER의 역할을 하는 백본 라우터에서 두 가지 종류의 경로 설정 알고리즘을 지원해야하고 백본 라우터에서는 두 가지 종류의 트래픽을 분류하여 LSP 라우팅 알고리즘을 적용시켜 레이블을 할당하여야 한다. 두 종류의 트래픽은 MPLS 헤더의 EXP 필드를 이용하여 표시하고 이를 ATM 교환기에 매핑하기 위해서 ATM cell 헤더의 1bit CLP 필드를 사용한다. LSR 역할을 하는 ATM 교환기에서는 백본 라우터에서 설정한 LSP에 대한 레이블을 이용하여 패킷을 포워딩(forwarding) 시키는데 CLP bit를 참조하여 값이 "1"이면 혼잡(congestion) 발생시 패킷 폐

트래픽 분류	적용 알고리즘	MPLS EXP field value	ATM CLP field value
작전담당 제대	MHA	111	0
작전지원 제대	SWPA	000	1

(표 1) EXP field와 CLP field의 매핑

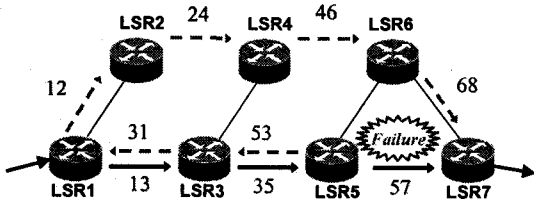
기 우선순위에 따라 대역폭 우선 경로를 따라 전송되는 작전지원 제대의 트래픽에 대해서 혼잡에 대해 기본적인 처리가 가능하다.

### 4.3 예비경로 설정을 통한 리라우팅

설정된 LSP를 이루고 있는 링크에 장애가 생기거나 혼잡이 발생해 링크의 자원이 부족한 경우 트래픽은 지연이 발생하거나 패킷의 손실을 가져오게 된다. 국방전산망의 특성상 주경로의 장애에 대한 복구 과정에 많은 시간을 필요로 하게 된다면 심각한 결과를 초래할 수도 있다. 특히 전략급 작전제대의 경우 패킷의 손실은 허용되어서는 안 되며 지연이 생기더라도 패킷은 반드시 전달되어야 한다.

이에 EXP 필드가 "111"인 작전제대 트래픽 주경로에 각각에 대해서 예비경로를 설정하여 주경로에 장애가 발생시 미리 설정된 예비경로를 통해 신속하게 리라우팅함으로써 해결하는 것이다.

리라우팅은 Dimitry Haskin에 의해 제안된 방식을 사용한다. 즉, 작전제대의 주경로를 보호받는 LSP로 설정하여 경로의 에러 발생점에서 트래픽의 소스 스위치로 방향을 바꾸는 것이다. (그림 4)에서 한 작전제대의 주경로가 LSR1→LSR3→LSR5→LSR7로 설정되었을 때 주 LSP는 레이블 13, 35, 57



(그림 4) 예비경로의 설정과 리라우팅 과정

로 구성되지만 LSR5→LSR7에서 장애 발생시 예비경로로 리라우팅 되어 레이블 53, 31, 12, 24, 46, 68로 구성된 LSP로 트래픽이 전송되어 복구가 이루어진다. 한 백본 라우터에서 작전제대를 위한 예비경로 설정시 다른 백본 라우터의 주 LSP와 중복이 되

지 않도록 설정하여야하며 예비경로가 비록 최소 흡수 경로 알고리즘으로 인해서 설정되지 않았지만 EXP 필드는 "111"로 표시하여 ATM 교환기에서 혼잡발생시 패킷을 폐기하는 경우가 없어야 한다. EXP 필드가 "000"인 작전지원제대의 트래픽에 대해서는 별도의 예비경로를 설정하지 않는다.

### 5. 결론

본 논문에서는 ATM 기반의 국방전산망에서 망자원의 효율적인 사용을 위하여 MPLS를 이용한 트래픽 엔지니어링으로 트래픽 송신 주소에 의한 명시적 다중 경로 설정 방식과 주경로의 장애에 대비하여 예비경로를 설정하는 방식을 제안하였다. 즉, ATM 기반의 국방전산망에 MPLS를 도입하고 전략급 작전제대와 작전지원제대로 트래픽을 분류하여 각기 다른 알고리즘으로 LSP를 설정하여 부하분산을 통해 망자원의 효율을 높이고 주경로의 장애에 대비하여 예비경로를 설정으로 전략급 작전제대 트래픽에 대한 전송을 보장하는 방식이다. 현재의 국방전산망은 KT의 전용선을 사용하여 고가의 임대료를 지불하고 있어 소규모 대역폭의 확장에도 상당한 비용이 추가된다. 제안한 방식을 이용하면 대규모의 대역폭의 확장이 없이도 링크 사용율을 높여 결과적으로 망자원에 대한 효율을 높이고, 링크에 장애 발생시 신속한 복구가 가능할 것이다. 향후 연구에서는 본 논문에서 제안한 방식에 대한 시뮬레이션을 수행하고자 한다.

### 참고문헌

- [1] 김이한, "한국통신의 MPLS 구축 전망", 한국통신, 2001.
- [2] 백용기, "국방정보화 발전방향", 한국국방연구원, 1999.
- [3] 차영태 외 9인, "국방정보통신망에 VPN 적용시 최적의 통신회선 구축방안 연구", 국방부, 2002.
- [4] Chuck Semeria, "MultiProtocol Label Switching :Enhancing Routing in the New Public Network," Juniper networks, 1999.
- [5] Uyless Black, "MPLS and Label Switching Networks", Prentice hall, 2002.
- [6] 정성권 외 5인, "MPLS 트래픽 엔지니어링에 관한 연구", 한국전자통신연구원, 1999.
- [7] 이상돈, "MPLS의 국방정보통신망 적용방안에 관한 연구", 국방대학교 전산정보학과 석사학위 논문, 2002.