

광 인터넷

최준균 | 한국정보통신대학교
이규명 | 한국정보통신대학교

요 약

최근 급속하게 증가하는 인터넷 트래픽을 대용량의 광 통신망을 통하여 전달할 수 있는 광 인터넷에 대한 표준화가 활발하게 진행 중이다. 본 고에서는 광인터넷에 대하여 현재까지 ITU-T 및 IETF를 중심으로 최근에 추진되고 있는 표준화 동향을 살펴본다. 특히, 광 네트워크의 제어 평면 측면에서 기존의 MPLS 뿐만 아니라 SONET/SDH, wavelength 및 fiber를 통합할 수 있는 GMPLS 기술을 중심으로 표준화 동향을 분석한다.

1. 서론

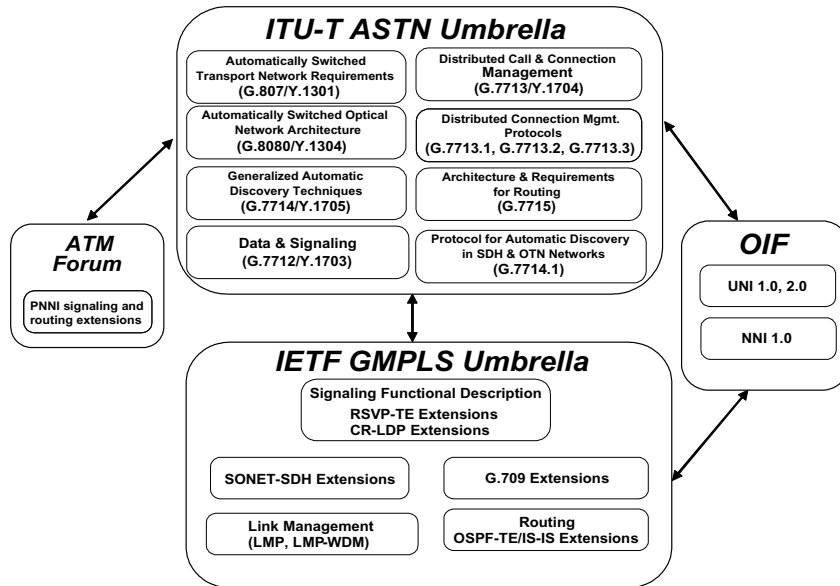
오늘날의 네트워크는 사용자 트래픽의 엄청난 증가와 빠른 전송속도를 요구하는 반면 교환망의 구조는 점차 단순해지고 있다. 따라서 기존 IP가 갖는 범용성 및 규모성과 광의 풍부한 대역제공 능력을 결합하여 폭증하는 인터넷 대역요구를 경제적이고 효과적으로 수용할 수 있게 하는 차세대 통신 네트워크인 광 인터넷에 대한 연구가 활발하다.

앞으로 IP를 기반한 광 네트워크는 값이 비싼 광전 변환 정비를 제거하고 값싸게 패킷을 교환하고자 하는 움직임과 시기적절한 서비스 제공, 광 레벨에서의 트래픽 엔지니어링이 가능해야 하며, 백본 네트워크를 통하여 버스트한 IP 서비스를 수용할 수 있어야 한다. 이를 위해서 모든 서비스를 수용하는 IP와 하부 광 전달망을 가장 최적으로 간단히 결합할 수 있는 강력한 제어 평면이 필요하며, 이는 기존 MPLS(Multi-Protocol Label Switching) 개념을 확장한 GMPLS

(Generalized MPLS) 방식이 될 것이다.

네트워크 제어를 위해서는 장애격리와 성능 모니터링, 보호복구 기능을 가장 비용 효과적으로 수행할 수 있는 OAM(Operation, Administration and Maintenance) 기능과 협상된 대역폭과 QoS(Quality of Service)를 위한 빠른 서비스 제공, 대역폭 제공 시 확장성과 그루밍(grooming), SLA(Service Level Agreement)에 따른 동적 광 VPN(Virtual Private Network) 제공 및 자동환경 설정과 토폴로지 자동 복구기능이 요구된다.

따라서 본 고에서는 (그림 1)에서 나타낸 ITU-T와 IETF(Internet Engineering Task Force) 등의 국제표준화 기구에서 광 인터넷 제어 평면 기능을 중심으로 활발하게 진행중인 표준화와 관련하여 네트워크 구조 및 물리접속과 라우팅 및 신호 프로토콜 그리고 제어 및 망관리 기술 등으로 나누어 최신동향을 분석한다.



(그림 1) 광 제어 평면 표준화

2. 광 인터넷 네트워크 구조 및 물리적 접속 표준화 현황

광 인터넷은 대부분의 응용을 IP 기반으로 통합하고 IP 중심 제어 프로토콜을 이용하여 액세스 지점에서 다양한 서비스 품질별로 트래픽을 분류한 후, 지능화된 대용량 초고속 전달망을 통하여 효율적으로 트래픽을 전달시키는 단순한 네트워크 구조를 지향하고 있다. 현재까지 진행되고 있는 광 인터넷 프레임워크 구조 및 요구사항과 관련된 표준화 작업현황을 보면 다음과 같다.

- 프레임워크와 요구사항 문서
 - IP over Optical Networks: A Framework <draft-ietf-ipo-framework-04.txt>
 - Optical Network Services Requirements <draft-ietf-ipo-carrier-requirements-

05.txt>

- G.807, Requirements for automatic switched transport network(ASTN)

- GMPLS 및 광 네트워크 구조 문서

- Generalized Multi-Protocol Label Switching(GMPLS) Architecture <draft-ietf-ccamp-gmpls-architecture-06.txt>
- G.709, Interface for the Optical Transport Network(OTN)
- G.872, Architecture of Optical Transport Network
- G.astn, Automated Switched Transport Network

IETF에서는 광 네트워크 부하 균형 및 성능과 리소스 이용율을 최적화 하기 위한 광 네트워크에 트래픽

엔지니어링 기능을 가질 수 있고 네트워크 상태 모니터링과 라우팅, 리소스, 트래픽 관리 파라미터들을 피드백 제어하기 위한 동적 제어 메커니즘이 가능한 기존 MPLS 기술을 확장하려는 활동이 진행중이다.

현재 IETF ipo WG에서는 광 네트워크 구조 및 네트워크 서비스 모델과 상호 연결 모델을 바탕으로 광 인터넷을 위한 요구사항을 기술한 프레임워크 문서를 준비하고 있다. ITU-T에서는 G.807과 관련한 ASTN (Automatic Switched Transport Network) 구조 및 관련 프로토콜에 대하여 표준을 진행하고 있으며, OIF(Optical Internetworking Forum)에서는 초기에 고려했던 망 사업자 서비스를 위한 프레임워크 및 고려사항에 대한 논의가 진행되고 있다. 여기서 각 기관에서 광 인터넷 구조에 대하여 먼저 제어 평면에서는 GMPLS를 중심으로 광 계층과 IP 계층의 구조와 각 인터페이스에 대한 기능규격을 다루고 있다.

3. 광 인터넷 라우팅 및 신호 프로토콜 표준화 현황

광 인터넷을 위한 제어 평면은 라우팅과 시그널링으

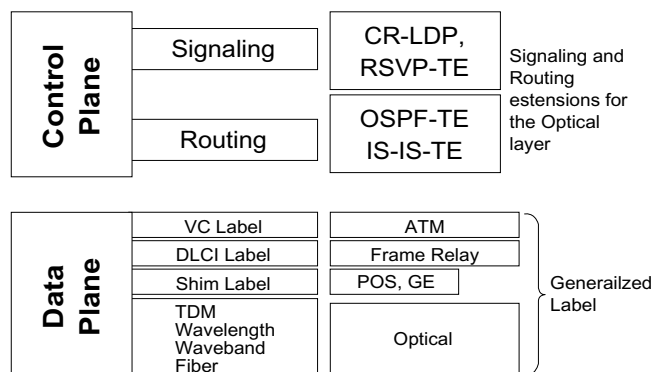
로 구성되는데 광 계층을 위하여 이런 기능들이 확장되어야 한다. 광 인터넷을 위한 통합 제어 평면은 IETF에서 규격을 정하고 있는 GMPLS가 있으며 (그림 2)에 GMPLS의 구조를 제어 평면과 데이터 평면으로 나누어 나타내었다. GMPLS는 시분할(즉, SONET ADM), 파장과 공간 스위칭을 통해 분리된 단위로 대역폭 할당을 수행하며, 라벨은 타임 슬롯, 파장, 혹은 물리적 공간의 위치로서 부호화된다. TDM, 파장, 그리고 파이버 스위칭을 지원하는 광 크로스 커넥터는 입력 포트에 들어오는 광 데이터 스트림을 출력 포트로 교환하고 시그널링과 라우팅 프로토콜을 구현한 제어 평면 프로세서가 사용된다.

3.1 광 인터넷 라우팅

현재까지 진행되고 있는 광 인터넷 라우팅과 관련된 프로토콜 표준화 작업현황은 다음과 같다.

- GMPLS Routing 문서
 - Optical Inter Domain Routing Considerations <draft-ietf-ipo-optical-inter-domain-02.txt>

GMPLS Architecture/Framework



(그림 2) GMPLS의 구조

- Routing Extensions in Support of Generalized MPLS <draft-ietf-ccamp-gmpls-routing-05.txt>
- OSPF Extensions in Support of Generalized MPLS <draft-ietf-ccamp-ospf-gmpls-extensions-09.txt>

IETF에서는 광 네트워크를 위한 라우팅에 대한 표준화를 ipo 및 ccamp WG에서 다루고 있다. 기존 MPLS를 확장한 GMPLS 망에서 기존 라우팅 알고리즘을 확장하여 적용하는 방안을 고려중에 있다. 이를 위해 OSPF(Open Shortest Path First)를 확장하는 내용에 대한 규격이 나와있다. 광 인터도메인 라우팅을 위한 고려사항으로서 안정적이고 트래픽 엔지니어링 목적을 적용시킬 수 있어야 하는데 현재 나와있는 라우팅 프로토콜 중 OSPF, P-NNI(Private-Network Node Interface), BGP(Border Gateway Protocol) 등을 고려하고 있다.

광 인터넷에서의 라우팅 문제를 해결하기 위해 un-numbered 링크, 링크 보호 유형 및 다양한 스위칭 집속을 함께 고려해야 하며, optical subnet 내에서만 적용가능한 Inter Domain 라우팅 방안이 검토중이다.

3.2 GMPLS 신호 프로토콜

현재까지 진행되고 있는 GMPLS 프로토콜과 관련된 표준화 작업현황은 다음과 같다.

- 현재까지 표준화가 완료된 RFC 문서
 - Generalized Multi-Protocol Label Switching(GMPLS) Signaling Functional Description(RFC 3471)
 - Generalized MPLS Signaling - CR-LDP

Extensions(RFC3472)

- Generalized MPLS Signaling - RSVP-TE Extensions(RFC 3473)
- Signalling Unnumbered Links in CR-LDP (RFC3480)
- Signalling Unnumbered Links in RSVP-TE(RFC3477)
- Fault Tolerance for the Label Distribution Protocol(LDP) (RFC 3479)
- Generalized Multi-Protocol Label Switching(GMPLS) Signaling Functional Description(RFC 3471)
- GMPLS Signaling Protocol 문서
 - Framework for GMPLS-based Control of SDH/SONET Networks <draft-ietf-ccamp-sdhsonet-control-02.txt>
 - Generalized Multi-Protocol Label Switching Extensions for SONET and SDH control <draft-ietf-ccamp-gmpls-sonet-sdh-08.txt>
 - Generalized MPLS Signalling Extensions for G.709 Optical Transport Networks Control <draft-ietf-ccamp-gmpls-g709-03.txt>
 - Tracing Requirements for Generic Tunnels <draft-ietf-ccamp-tracereq-02.txt>

GMPLS 신호 프로토콜은 기존 CR-LDP (Constraint-based Label Distribution Protocol) 와 RSVP-TE(Resource Reservation Protocol - Traffic Engineering)를 확장한 형태로 mpls WG과

ccamp WG 함께 표준화가 완료되었다. GMPLS 기능 규격에는 라벨 인코딩, 양방향 LSP 설정, 제어 채널의 분리에 대한 주요 내용이 포함되어 있다. CR-LDP extension, RSVP-TE extension 문서에는 TLV와 오브젝트를 새롭게 정의하였다. 기존 시그널링 프로토콜에 IS-IS 또는 OSPF와 같은 IGP에 TE 확장을 위한 정보전달 및 unnumbered 링크를 정의하여 32비트의 링크 식별자를 이용하여 LSR에서 점대점 링크 인식이 가능하도록 했으며, LDP에서 Fault Tolerance를 제공하기 위한 기능 및 메시지 절차에 대한 정의도 완료되었다.

SONET(Synchronous Optical Network)과 SDH(Synchronous Digital Hierarchy)를 위한 GMPLS 확장부분과 G.709 광 전달망을 위한 GMPLS 확장을 위한 기능규격에 대해 활발히 논의 중이다. SONET/SDH 망의 경로계산 및 운용을 위해 MPLS 라우팅 프로토콜을 확장 적용하며 Restoration이나 multi-layer 경로설정을 위해 MPLS 제어 평면 기능이 추가될 예정이다. 또한 traceroute와 유사하게 터널 경로를 진단하기 위한 generic route tracing 응용을 지원하기 위한 요구사항을 분석 중에 있다.

4. 광 인터넷 제어 및 망 관리 기술표준화 현황

광 인터넷에서 라우팅 프로토콜과 신호 프로토콜 외에 링크 관리를 위한 새로운 프로토콜로서 IETF에서 링크 관리 프로토콜(LMP)과 스위치 제어를 위한 GSMP 그리고 ITU-T에서는 망 관리를 위한 기능규격을 만들고 있다.

4.1 OAM 및 보호/복구 프로토콜

ITU-T에서는 Y.1710, Y.1711 및 Y.1720 규격이 MPLS 레벨의 보호 절차까지 포함하여 최종 승인되었고 IETF에서는 보호 및 복구 방법은 MPLS/GMPLS 프레임워크 및 요구사항 정리가 끝나고 세부적인 프로토콜 규격을 정할 예정이며, LMP는 현재 기본적인 운영관리를 포함하여 세부적인 사항을 진행 중이다. 이를 위해 out-of-band까지 포함하여 데이터 및 제어 채널의 연결성을 유지하는 방향으로 진행 중이며, WDM 채널에 대한 링크 관리는 LMP 규격과 동일한 포맷을 채택하고 있다.

현재까지 진행되고 있는 광 인터넷 운영관리를 위한 신호 절체 및 링크관리 프로토콜의 표준화 작업현황은 다음과 같다.

- GMPLS OAM 프로토콜 관련 문서
 - Link Management Protocol(LMP) <draft-ietf-ccamp-lmp-08.txt>
 - A Framework for MPLS User Plane OAM <draft-allan-mpls-oam-frmwk-04.txt>
 - Requirements for OAM in MPLS Networks <draft-ietf-mpls-oam-requirement-00.txt>
- GMPLS 보호/복구 관련 문서
 - Framework for MPLS-based Recovery <RFC3469>
 - Recovery(Protection and Restoration) Terminology for Generalized Multi-Protocol Label Switching(GMPLS) <draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-terminology-02.txt>

- Analysis of Generalized MPLS-based Recovery Mechanisms(including Protection and Restoration) <draft-ietf-ccamp-gmpls-recovery-analysis-00.txt>
- Generalized MPLS Recovery Functional Specification <draft-ietf-gmpls-recovery-functional-00.txt>

현재 IETF에서는 광 크로스 커넥터와 광 크로스 커넥터 사이의 링크 관리와 광 크로스 커넥터와 전송장비 사이의 링크 관리를 위한 규격을 만들고 있다. 기존의 OXC (Optical Crossconnect)나 라우터의 링크 관리기능을 강화시키며, OXC와 DWDM 시스템이 이 종의 광 네트워크에서 지능적으로 상호호환이 될 수 있도록 규정하고 있으며, 검증단계의 Test 메시지를 제외한 모든 LMP 메시지들은 IP 패킷에 실려서 제어채널로 송수신된다. LMP의 주요 기능은 제어 채널 관리 기능, 링크 속성 교환기능, 연결성 검증기능과 링크의 장애관리 기능이 있다.

MPLS 기반 Recovery에 대한 문서는 표준화가 완료되었으며, GMPLS 망에서 발생가능한 오류에 대한 복구를 위한 절차를 규정한 일련의 문서들은 IETF ccamp WG내의 Protection/Restoration 디자인팀에서 표준화를 담당하고 있다. 현재 관련 용어정의 및 분석문서와 기능명세 규격이 진행중에 있다.

4.2 트래픽 제어 및 개방형 관리 프로토콜

현재까지 진행된 트래픽 제어 및 서비스 품질 관련 주요 작업문서는 다음과 같다.

- 트래픽 제어 및 서비스 품질문서
 - ITU-T Recommendation Y.1540(Internet

Protocol Data Communication Service - IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters)

- ITU-T Recommendation Y.1541(Network performance objectives for IP-based services)
- Recommendation Y.1221(Traffic Control and Congestion Control in IP based Networks)
- Requirements for Traffic Engineering Over MPLS(RFC 2702)

광 인터넷에서의 트래픽 제어 관련 표준과 관련하여 IP 성능에 대한 표준안은 ITU-T SG13에서 완성되었으나 MPLS 성능에 대한 표준은 작업시작 예정이고 IETF에서의 MPLS에 대한 트래픽 제어는 요구사항 단계에 있다.

현재까지 GSMP(General Switch Management Protocol) 프로토콜에 대한 표준화 작업은 다음과 같다.

- 현재까지 표준화가 완료된 RFC 문서
 - General Switch Management Protocol (GSMP) V3(RFC3292)
 - GSMP Packet Encapsulations for ATM, Ethernet and TCP(RFC 3293)
 - General Switch Management Protocol (GSMP) Applicability(RFC3294)
 - Definitions of managed objects for the General Switch Management Protocol (GSMP) (RFC3295)

- 표준화 진행중인 GSMP Protocol 문서

- Requirements for the Dynamic Partitioning of Switching Elements <draft-ietf-gsmp-dyn-part-reqs-03.txt>
- Requirements For Adding Optical Support To GSMPv3 <draft-ietf-gsmp-reqs-05.txt>
- General Switch Management Protocol (GSMP) v3 for Optical Support <draft-ietf-gsmp-optical-spec-01.txt>
- GSMPv3 Base Specification <draft-ietf-gsmp-v3-base-spec-01.txt>
- GSMPv3 Packet Capable Switch Support <draft-ietf-gsmp-packet-spec-00.txt>

GSMP는 IETF에 gsmp WG에 표준화한 것으로 개방형 ATM 스위치를 제어하기 위해 개발된 것이다. 즉 ATM 스위치 내부에 스위치 슬레이브(Slave)를 두고 컨트롤러(Controller)를 분리해서 개방형으로 호의 연결관리 및 자원관리를 하는 것이다. GSMP 프로토콜은 기존의 교환기를 원거리에서 구성 정보를 관리하고, 연결, 상태·통계, QoS를 제어하도록 구성되어 있기 때문에 광과 같은 특정 새로운 기술에 대한 대처방안이 부족한 상태였다. “Label”의 속성에 Lambda를 추가하는 작업뿐만 아니라, 포트타입, 서비스 정의, 트래픽 매개 변수 등에 대한 새로운 작업도 요구되었으며, 최근에는 광 스위치를 제어하기 위한 요구사항 분석이 완료되었으며 광을 지원하기 위한 GSMP 규격이 한국에서 제안되어 표준화 완료단계에 와 있다.

4.3 망 관리 프로토콜

현재까지 진행되고 있는 광 인터넷의 망 관리 프로토콜과 관련된 표준화 작업현황은 다음과 같다.


- 표준화 진행 중인 MPLS Management 문서
 - Multiprotocol Label Switching(MPLS) Management Overview, <draft-ietf-mpls-mgmt-overview-04.txt>
 - Link Management Protocol Management Information Base <draft-ietf-ccamp-lmp-mib-05.txt>
 - Multiprotocol Label Switching(MPLS) Traffic Engineering Management Information Base <draft-ietf-mpls-te-mib-09.txt>
 - Multiprotocol Label Switching(MPLS) Label Switching Router(LSR) Management Information Base <draft-ietf-mpls-lsr-mib-09.txt>
 - Traffic Engineering Link Management Information Base <draft-ietf-mpls-telink-mib-01.txt>
 - Multiprotocol Label Switching(MPLS) Traffic Engineering Management Information Base for Fast Reroute <draft-ietf-mpls-fastreroute-mib-01.txt>
 - Definitions of Managed Objects for the Multiprotocol Label Switching, Label Distribution Protocol(LDP) <draft-ietf-mpls-ldp-mib-10.txt>

ITU-T에서 G.709(Network node interface for the Optical Transport Network)에서 광 전달 네트워크에 대한 관련 주제로 표준화를 진행하고 있으며, 망 관리측면에서 G.874에서 광 전달 네트워크를 클라이언트 네트워크와 분리하여 독립적인 관리방식을 적용할 수 있도록 장애, 구성, 그리고 성능 등에 대한 규

격을 만들었다. 또한 G.875는 G.874에 적용될 망 관리 요소의 정보관리 모델에 대하여 규격을 만들었다.

5. 결론 및 주요 검토 이슈

지금까지 IETF와 ITU-T를 중심으로 광 인터넷과 관련된 표준화현황을 정리하였다. 광 인터넷을 위한 시그널링 프로토콜로서 CR-LDP 확장과 RSVP-TE 확장문서는 제정이 완료되었지만 물리접속, GMPLS 링크 및 경로 정의, 링크 및 경로 보호에 대한 세부적

인 표준화 작업이 진행 중이다. 따라서 현재 표준화 작업이 이루어지고 있지 않은 Multiple Region에 대한 GMPLS 접속규정과 Load Balancing과 Multicast에 대한 방안이 필요하다. 또한 WDM이나 space division 다중화 스위치를 위한 가상 레벨 할당, 다단계 스위칭 단위별 또한 광 버스트 스위칭(Optical Burst Switching-OBS)의 라벨에 대한 규격이 정의되어야 하며, 서비스 측면에서 사용자와 사업자간의 요구사항 정리를 통한 Optical VPN의 주요 기능 정의 및 기준 모델에 대한 검토 작업이 필요하다. 

WPA 인증 제품 쏟아져 네트워크시장 격전 예고

지난달 4월 27일 미국 라스베이거스에서 열린 네트워크 전문 전시회인 '넷월드+인터롭2003'이 개막되어 5월 2일까지 열린 넷월드+인터롭2003 행사에서는 특히 와이파이(Wi-Fi) 보안 관련 표준인 WPA 인증제품의 봇물 출사와 델이 네트워크장비 3종을 내놓으면서 향후 네트워크 시장의 새로운 격전을 예고했다.

◇ WPA 표준 채택제품 잠재력 주목=와이파이의 새 보안표준으로 주목받고 있는 'WPA(Wi-Fi Protected Access)' 표준을 채택한 제품들이 쏟아졌다. 브로드컴이 '802.11g 카드버스 레퍼런스 디자인 BCM94306CB'를, 시스코가 '액세스 포인트 AIR-AP1230B'를, 인텔이 '프로/와이어리스 2100 랜 3B 미니-PCI 어댑터' 등을 내놓았다. 이들은 WPA 표준을 주도하는 와이파이 얼라이언스가 공식 인증한 첫 모델이다. 전문가들은 "WPA가 와이파이 시장의 약점인 보안을 보완해 시장을 폭발적으로 성장시켜줄 잠재력을 갖고 있다"고 분석했다. 와이파이로 불리는 IEEE802.11b 무선 랜 규격은 운영자의 허가 없이 네트워크에 접속할 수 있어 치명적 약점으로 지목돼 왔다.

◇ 델, 네트워크 시장의 변수=이미 엔터프라이즈 네트워킹 시장 진입을 공식화한 델이 언제, 어떤 형태로 시장공략의 포문을 열지 주목된다. PC제조업체인 델컴퓨터가 28일 관리기능과 멀티미디어 지원능력을 향상시킨 네트워크 제품 3개 모델을 내놓았다. 선보인 제품은 12포트 기가비트(Gb) 이더넷 스위치와 24포트 및 48포트 10·100Mbps 이더넷 스위치다. 그러나 델은 올해 선보이겠다고 공언한 레이어3급 라우팅 스위치를 전시회에 출품하지 않았으며 엔터프라이즈 네트워킹의 중심인 모듈러 새시 플랫폼도 소개하지 않았다. 델의 네트워킹 사업을 담당하는 김 구드먼 부사장은 "델은 PC·서버 등에서 시장확대를 위해 총력을 다하고 있다"며 "따라서 델은 대규모 수요가 예상되는 제품을 먼저 팔 것"이라고 밝혀 여운을 남겼다.