

유무선 통합을 위한 백홀 기술 동향

Technical Trend of Backhaul for Fixed Mobile Convergence

네트워크 기술의 미래 전망 특집

홍승우 (S.W. Hong) 융합네트워킹연구팀 선임연구원

류호용 (H.Y. Ryu) 융합네트워킹연구팀 팀장

목 차

-
- I. 서론
 - II. 백홀 전달망 기술 동향
 - III. 무선 백홀 기술 동향
 - IV. 결론

유선과 무선은 각각의 사업영역에서 개별적으로 성장해 왔으나 최근 유선분야와 무선분야를 통합하여 이용자에게 편리하고 저렴한 새로운 통신서비스를 찾아내고자 하는 유무선 통합이 새로운 화두로 떠오르고 있다. 차세대 유무선통합망은 단순히 유선과 무선을 통합하는 의미를 넘어 IP 기반의 All-IP 망으로서 다양한 접속방법에 제약을 받지 않으며, 유무선의 구별없이 다양한 콘텐츠와 애플리케이션을 통합망을 통해 이용자에게 전달할 수 있는 망이 될 것으로 기대되고 있다. 이러한 통합망의 백홀을 구축하는 기반 기술로 투자비용 및 운용비용에 많은 장점을 가지고 있고, 기존 캐리어급의 견고함, 품질 및 운용관리 기능 등을 제공할 수 있는 패킷 기반의 전달망 기술이 유력한 기술로 부각되고 있다. 본 기고에서는 All-IP 유무선통합망을 위한 패킷 기반의 백홀 전달망 기술에 대한 동향을 소개하고, 최근 많은 관심을 받고 있는 무선 백홀망을 통합하기 위한 필요조건들을 살펴보고자 한다.

I. 서론

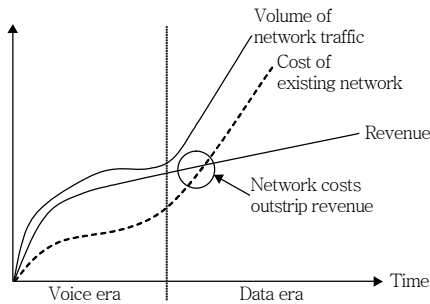
유선통신망과 무선통신망은 그 동안 각각의 사업 영역에서 개별적으로 발전하여 왔으나, 최근 유선분야와 무선분야를 통합하여 이용자에게 편리하고 저렴한 새로운 통신서비스를 찾아내고자 하는 유무선 통합이 새로운 화두로 떠오르고 있다. 유무선 통합의 개념을 간단히 정리하면, 서로 다른 기술을 사용하여 서비스를 제공하던 유선통신망과 무선통신망이 공통적인 기술과 하부구조로 통합되어 궁극적으로 하나의 복합 통신망으로 융합되도록 하는 것이다[1]. 따라서, 유무선통합망은 단순히 유선과 무선을 통합하는 의미를 넘어 IP 기반의 All-IP 망으로서 다양한 접속방법에 제약을 받지 않으며, 유무선의 구별 없이 다양한 콘텐츠와 애플리케이션을 통합망을 통해 이용자에게 전달할 수 있는 망이 될 것으로 기대되고 있다.

이러한 유무선통합망에 대한 요구와 함께 유선통신망과 이동통신망은 모두 회선 교환 기반의 망에서 패킷 교환 기반의 All-IP 통합망으로 발전하고 있다. 유선통신망의 경우 음성 서비스 위주의 PSTN에서 데이터 기반의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 NGN으로 발전하고 있으며, 기존의 고정 사용자뿐만 아니라 이동하는 사용자에 대한 지원을 목표로 하고 있다. 3GPP를 주축으로 하는 이동통신망의 경우 음성 서비스 위주의 GSM에서 패킷 데이터 서비스에 대한 수요의 증가에 따라 2.5세대로 불리는 GPRS 표준이 개발되었으며, 3세대 이동통신 시스템인 UMTS에서는 기존의 GSM 기반의 음성서비스에 GPRS 기반의 패킷 데이터 서비스가 공존하는 형태로 망이 구성되어 패킷 교환 시스템(SGSN/GGSN) 및 고속의 패킷 서비스(HSDPA/HSUPA/LTE)가 가능하도록 하였다. 그러나 3세대 이후부터는 효율적인 IP 기

반의 멀티미디어 서비스 제공을 위하여 회선 기반의 시스템이 완전히 사라지고 패킷 기반의 All-IP 네트워크만으로 구성되도록 하고 있다[2],[3].

유선통신망과 이동통신망의 차세대망인 NGN과 3GPP-SAE는 각각 다른 표준화 기관에 의해 개발되고 있지만 All-IP 기반의 유무선 통합망에 대한 요구로 인하여 통합망 형태로 발전하고 있으며, 발전 과정에서도 서로의 기술들을 참고하여 표준 개발이 이루어지고 있다. 이러한 차세대 유무선통합망은 다양한 유무선 액세스 방식을 모두 포함하는 형태로 구성될 것으로 전망되고 있으며, IP 기반의 All-IP 망으로서 사용자는 유선과 무선을 모두 포함하는 다양한 액세스 망을 통하여 자유롭게 접속하며 단일한 IP 기반의 서비스가 제공될 것이다. 또한 무선 액세스의 활성화로 고정 사용자보다는 이동 사용자가 주가 되어 이동통신망을 주축으로 기존의 유선을 포함하는 망이 될 것이다.

최근 이동통신망을 기반으로 급증하는 패킷 트래픽은 이러한 All-IP 기반의 유무선통합망으로의 진화를 더욱 촉진시키고 있다. 특히 3G(HSPA, LTE)와 4G(LTE Advanced, WiMAX) 데이터 서비스 도입에 따라 무선 인터넷을 이용하는 데이터 트래픽이 음성에 대한 트래픽을 넘어서면서 현재 백홀망에 병목(bottleneck) 현상이 발생하고 있으며 이에 따라 많은 통신사업자들은 CAPEX/OPEX 및 유연성 측면에서 많은 장점을 가지고 있고, IP를 기반으로 효율적으로 유선과 무선을 통합할 수 있는 패킷 기반의 백홀 전달망 시스템의 도입을 적극적으로 고려하고 있다. (그림 1)에서 보는 바와 같이 데이터 트래픽은 이미 음성 트래픽을 넘어서고 있으며, 데이터 트래픽은 음성 트래픽의 경우와 달리 대역폭이 증가함에 따라서 기존의 네트워크 설비 투자에 대한 비용이 증가하는 반면, 그에 따른 revenue는 그만큼 증가하지 못하



<자료>: ETRI, 2010.

(그림 1) 음성 및 데이터 트래픽의 변화

고 있다. 따라서 투자비용을 줄일 수 있고, 설치와 운용이 쉬운 장점을 가지고 있으며, carrier급의 견고함, QoS 및 OAM 기능 등을 제공할 수 있는 새로운 패킷 전달망 기술이 많은 관심을 받고 있는 것이다 [4]-[6].

이에 본 기고에서는 패킷 기반의 백홀 전달망 기술에 대한 개발 및 표준화 동향을 살펴보고, 이러한 백홀 전달망 기술을 사용할 경우 다양한 액세스망(access network), 특히 무선 액세스망 기술을 수용하기 위해 해결해야 할 문제점을 살펴보도록 한다. 이를 위해 II장에서는 이더넷 기반의 유무선통합 패킷 전달망 기술로 부각되고 있는 PBB-TE과 SDH-like한 연결지향형 패킷 전달 기술인 MPLS-TE 기술에 대하여 기술한다. 또한 최근 폭증하는 패킷 트래픽으로 인해 많은 관심을 받고 있는 무선 백홀망에 대한 이슈를 살펴보도록 한다.

II. 백홀 전달망 기술 동향

1. 이더넷 기반 백홀 전달망 기술

이더넷 기술은 전통적으로 근거리 통신망 환경에서 사용되도록 설계되었기 때문에 브리지 및 스페닝 트리의 확장성, 사용자 트래픽의 보안(security), 서비스 품질보장, 장애관리(OAM, protection) 등의 문제

점으로 인해 MAN/WAN 영역의 백홀망을 구성하는 전달망 기술로는 적합하지 않았다. 하지만, 최근 국제 표준화 기구인 IEEE 802, ITU-T 및 민간 포럼인 MEF 등에서는 LAN 기반의 이더넷과 차별화가 가능한 표준화된 서비스, 확장성, 신뢰성, 서비스 품질 및 서비스 관리 등의 특성을 고려하여 전달망 기술로서도 운용이 가능한 이더넷 기술에 대한 표준화 작업을 활발히 진행하고 있다[7]-[10]. 이더넷 관련 표준화를 주관하고 있는 IEEE 802는 이더넷의 취약한 OAM 기능을 보완하여 장애를 관리하기 위한 802.1ag, VLAN 및 MAC 주소를 확장하여 전달망에 사용하기 위한 802.1ad PB 및 802.1ah PBB, 그리고 트래픽 엔지니어링 기능을 추가한 802.1Qay PBB-TE 기술 등의 표준화를 활발히 진행하고 있다. 본 절에서는 이더넷 기반 패킷 전달망 기술로 부각되고 있는 IEEE 802의 PBB-TE 기술에 대해 살펴보도록 한다.

PBB-TE는 브리지 기반의 패킷 전달 기술을 구현하기 위한 방안으로 2007년부터 IEEE 802.1Qay로 표준화가 진행되고 있다. PBB-TE 발전의 기반은 802.1Q Virtual LAN으로부터 시작하여 서비스 제공자와 고객 네트워크를 S-VID와 C-VID로 구분하는 802.1ad Provider Bridge(stacked VLAN)로 진화하고[11], 서비스 제공자 네트워크 도메인과 고객 네트워크 도메인의 제어평면까지 명시적으로 구분하는 802.1ah를 거쳐 백본망에서 사용이 적합하도록 제어평면에서 제어프로토콜을 사용하지 않도록 하는 PBB-TE로 발전하였다[12],[13]. <표 1>은 IEEE 802의 PBB-TE에 관련된 표준을 간략히 정리한 내용이다.

PBB에서 브리지는 STP을 기반으로 경로학습, 포워딩, 필터링 등의 기능을 수행하도록 되어 있다. 하지만, PBB-TE에서는 전송망에 적합하지 않는 기능을 사용하는 STP를 제거하고, GMPLS에서 제시하

는 분산형 제어평면 또는 SNMP 기반의 집중형 관리 평면과 같은 외부 제어시스템을 사용한다. 이러한 외부 제어시스템을 통해 트래픽 엔지니어링이 가능한 점-대-점, 점-대-다중점 터널링 경로를 정적으로 설정할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 PBB-TE에서는 PBB 내에서 PBB를 위한 B-VID와 PBB-TE를 위한 B-VID 영역 분리, 미지의 목적지 주소 프레임 폐기, 정적으로 설정된 트래픽 엔지니어링 경로상의 연결성 장애 관리, 부하분산 및 보호절체 등의 기능을 정의하고 있다. 그러나, 다중점-대-다중점 서비스는 IS-IS Link State 프로토콜을 기반으로 하는 IEEE 802.1aq SPB 제어 평면을 통해 PBB상에서

지원한다[6].

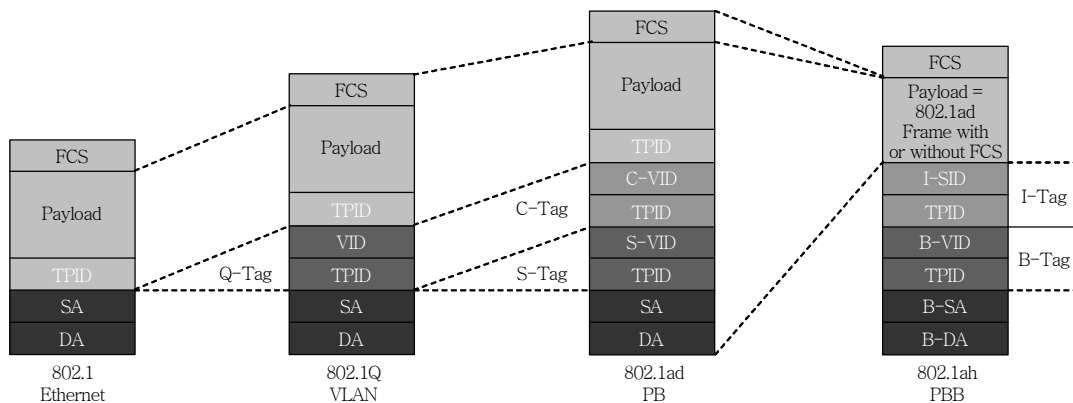
PBB-TE에서는 기본적으로 802.1ah PBB 프레임 형식을 사용한다. (그림 2)는 이더넷 프레임이 전달망에서 사용되기 위하여 진화되어온 흐름을 보여 주고 있다. (그림 2)에서 보는 바와 같이 PBB 프레임 형식은 백본망을 위하여 별도의 구분된 백본망 MAC 헤더를 삽입하는 MAC-in-MAC 프레임 형식을 사용하는데, 삽입되는 MAC 헤더에는 백본망 MAC 주소(B-SA/B-DA), 백본망 VLAN-ID(B-VID) 및 서비스 ID(I-SID)가 포함되어 있다. 백본망 MAC 헤더를 통하여 Untagged, C-Tagged, S-Tagged 서비스 인터페이스를 포함하는 고객망과 서비스 제공자 백본망을 분리하는 것이다[11]. 따라서, PBBN에서 브리지되는 서비스는 S-ID(2^{24} 개) 및 3-Tuple(B-DA, B-SA, B-VID)을 통해 정의되며, TE 단방향 연결 경로를 의미하는 ESP($\sim 2^{59}$ 개), 양방향 서비스 구성을 위해 ESP 그룹 형태로 제공되는 TESI를 이용하여 정의된 서비스를 전달한다[12].

〈표 1〉 PBB-TE 관련 IEEE 표준 요약

Specification	Feature
802.3ah	OAM for Ethernet
802.1ag	Connectivity Fault Management Protection Switching
802.1ad 802.1ah	Grooming and Aggregation (Double Tagging and MAC-in-MAC)
802.1ab 802.1ac 802.1ak	Link Layer Discovery Protocol Multiple Registration Protocol
802.1aq	Shortest Path Bridging
802.1ar	Secure Device Identifier
802.1aj	Demarcation Devices

가. Ethernet OAM & Protection

PBB-TE는 장애 검출 및 통보(fault detection and notification)를 위해 연결성 검사, 루프백, 링크 추적 기능을 정의한 IEEE 802.1ag CFM, 성능 모니터링



(그림 2) MAC-in-MAC 프레임 형식 및 Tag 정의

터링을 위해 프레임 지연, 프레임 지연 편차, 프레임 손실 등을 정의하고 있는 ITU-T Y.1731, 선형 보호 절체를 정의한 ITU-T G.8031 등을 선별적으로 사용하여 이더넷 서비스의 연결성 장애 및 성능 관리를 수행한다[14],[15].

이더넷 OAM에는 물리적인 이더넷 링크상에서 발생하는 장애를 처리하는 ETY Layer OAM과 이더넷 MAC을 이용한 연결 경로상에서 발생하는 장애를 처리하는 ETH Layer OAM이 있다. ETY Layer OAM 관련 표준으로는 IEEE 802.3ah EFM이 있

고, ETH Layer OAM 표준으로는 IEEE 802.1ag, ITU-T Y.1730/1731, MEF 17 등이 있다. ITU-T, IEEE 802 표준화 기구에 대응하는 ETH Layer OAM의 세부 기능 및 관련 프레임은 정리하면 <표 2>와 같다[14].

나. PLSB

PLSB는 PBB상에서 다중점-대-다중점 서비스를 지원하기 위해 Nortel에 의해 제안되었고, 2006년 3월부터 IEEE 802.1aq SPB로 표준화가 진행되고 있다. IEEE 802.1aq SPB에서 정의하고 있는 PLSB의 특성을 요약하면 다음과 같다[13].

<표 2> OAM 기능 및 프레임

Functions	OAM Frame	ITU-T Y.1731	IEEE 802.1ag
Continuity Check	CCM	Yes	Yes
Loopback	LBM-LBR	Yes	Yes
Link Trace	LTM-LTR	Yes	Yes
Alarm Indication Signal	AIS	Yes	No
Remote Defection Indication	CCM	Yes	Yes
Lock Signal	LCK	Yes	No
Test Signal	TST	Yes	No
Automatic Protection Switching	APS	Yes	No
Maintenance Communication Channel	MCC	Yes	No
Experimental OAM	EXM-EXR	Yes	No
Vendor Specific OAM	VSM-EXR	Yes	No
프레임 손실 측정 Dual-ended	CCM	Yes	No
프레임 손실 측정 Single-ended	LMM-LMR	Yes	No
프레임 손실 측정 One-way	IDM	Yes	No
프레임 손실 측정 Two-way	DMN-DMR	Yes	No
Throughput Measurement	LBT-LBR 또는 TST	Yes	No

<자료>: ETRI, 2009.

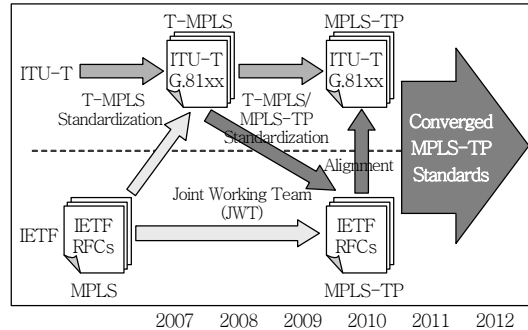
- (1) PBB에서 루프 방지를 위해 적용된 STP 대신 모든 PLSB 노드는 IS-IS 프로토콜로 동작한다.
- (2) IS-IS 프로토콜을 통해 PLSB 네트워크에 속한 모든 노드는 각 PLSB 노드의 고유한 B-MAC 정보(각 노드의 구분자 역할을 함)와 PLSB 네트워크의 에지 노드에 등록된 I-SID 정보를 공유한다.
- (3) PLSB 노드는 각 노드의 B-MAC 정보 공유를 통해 PLSB 네트워크에 속한 모든 노드가 포함된 최단 경로 토폴로지를 알 수 있으며, VPN ID 역할을 하는 I-SID가 어떤 PLSB 에지 노드에 속해 있는지 알 수 있다.
- (4) PLSB 네트워크의 VLAN에 속한 코어 노드는 flooding, broadcasting, source MAC learning을 사용하지 않는다.
- (5) IS-IS를 통해 수집한 각 PLSB 노드의 B-MAC 주소들은 unicast FIB에 자동 저장된다.
- (6) 또한 모든 PLSB 노드는 I-SID와 1:1 매핑되는 multicast FIB 엔트리를 형성하고, 이를 통해 unknown, broadcast, multicast 패킷을 전달한다.

(7) PLSB는 IEEE 802.1ah에서 정의하고 있는 PBB의 데이터 평면을 그대로 사용한다. 즉, PBB의 MAC-in-MAC 인캡슐레이션을 그대로 사용한다.

2. MPLS 기반 백홀 전달망 기술

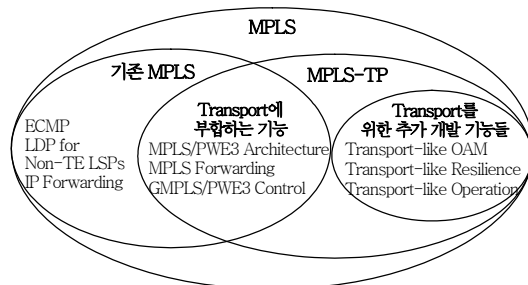
MPLS에 대한 표준의 근간은 2001년에 발표된 IETF RFC 3031로부터 시작하여 많은 IETF RFC가 표준화되어 사용되고 있었다[16]. 그 이후 ITU-T에서 기존의 MPLS를 단순화하여 전달망에서 패킷 전달 기술로 사용하기 위한 방안을 논의하기 시작하여 2006년 T-MPLS(ITU-T G.8110.1)을 발표하였다. T-MPLS는 연결지향형의 패킷 전달망을 구성할 수 있도록 고안한 것으로 MPLS를 기반으로 하긴 하지만 이더넷 기반의 전달망을 중심으로 하고 있었다. 그러나 당시 IETF를 중심으로 MPLS를 개발하였던 진영에서는 T-MPLS가 기존의 MPLS와 동일한 OAM 레이블을 사용하면서도 MPLS와는 다른 새로운 OAM PDU와 프로토콜을 정의하고자 함으로써 기존 MPLS 망과의 상호 운용성 문제를 일으킬 수 있다는 문제를 제기하였다. 이후 IETF는 ITU-T SG15에 이 문제를 논의하기 위한 Joint Working Team 구성을 제의하였고, ITU-T SG15는 2008년 1월 플레너리에서 이러한 문제점을 인정하여 그 동안 진행되던 T-MPLS 관련 권고안 작업을 모두 중지하고 IETF 내에서 MPLS-TP라는 이름으로 새롭게 논의하기로 합의하였다. (그림 3)은 ITU-T와 IETF가 공동으로 MPLS-TP를 표준화하게 된 배경을 간략히 나타낸 것이다.

MPLS-TP의 주요한 목적은 전달망의 요구사항을 MPLS에 적용하여 IETF의 MPLS 패킷의 전달(forwarding), 운용 관리(OAM), 망생존성(surviva-

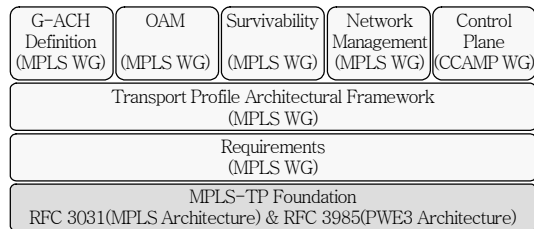


<자료>: MPLS-TP - The New Technology for PTN. (Dieter Beller)

(그림 3) ITU-T/IETF의 MPLS-TP 표준화 배경



(a) MPLS와 MPLS-TP의 기능비교



(b) MPLS-TP 기능개발 범위

<자료>: ETRI, 2010.

(그림 4) MPLS-TP 기능비교 및 범위

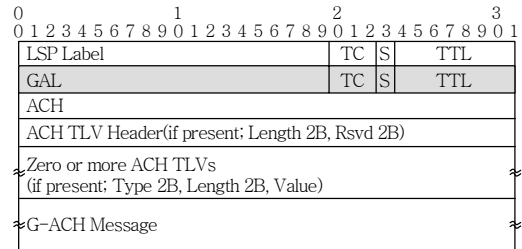
bility) 및 제어평면 프로토콜을 확장하도록 하는 것이다. 따라서, (그림 4a)에 나타낸 것과 같이 기존 MPLS에서 Bi-directional LSP, PHP, LSP Merging Option, 그리고 ECMP와 같은 전송망에 적합하지 않는 기능을 배제하고, 패킷 전송에 부합되는 기능인 MPLS forwarding, MPLS/PWE3 구조 및 GMPLS/PWE3와 같은 기능을 기반으로 하여 OAM 기능, 망 생존성 기능(resilience), 망운용 관리 기능(operation) 등의 추가하는 것을 기본적인 방향으로

하고 있다[17],[18]. (그림 4b)에서 보는 바와 같이 IEEE MPLS WG에서 표준화를 주도하고 있으며 현재까지 10개의 RFC가 승인되었고, 전달평면, OAM, 제어평면, 관리, 망생존성 등에 대한 인터넷 드래프트 50여 건이 논의 중이다.

데이터 평면에서 서비스 context나 OAM을 위해 구분자가 필요한데, MPLS에서는 IP 주소를 사용하는데 반해 MPLS-TP는 포워딩 평면에서 IP 주소가 사용되지 않는 경우에도 동작해야 하므로 G-ACH를 이용한다. 또한, OAM alert 메커니즘의 경우에도 MPLS는 만료 또는 목적지 IP 주소를 사용하는데 반해 MPLS-TP는 G-ACH 내의 GAL을 사용한다. MPLS-TP LSP 포워딩은 MPLS 레이블 스위칭을 사용하여 레이블 스위핑되어 가며 TTL 만료시 스위핑이 중지되고 해당 LSR에서 패킷이 처리되거나 폐기된다[19]. MPLS-TP LSP는 PtP LSP의 경우 단방향 또는 양방향 구성이 가능하고, 양방향 구성의 경우에는 서로 다른 방향의 두 LSP가 동일한 경로를 공유하도록 설정이 가능해야 한다. PtMP LSP는 MPLS와 마찬가지로 단방향으로 구성된다. MPLS-TP는 앞서 언급한 것처럼 패킷별 ECMP 부하 분산 기능과 PHP 기능을 사용하지 않는 것을 기본으로 한다[19]. 그러나 MPLS-TP와 MPLS가 모두 PHP를 사용하는 것은 후속 표준에서 논의될 예정이다.

가. MPLS-TP OAM & G-ACH

MPLS-TP에서는 OAM을 지원하기 위하여 PW OAM 용도로 사용하던 PW-ACH를 LSP, Section 에도 적용할 수 있도록 일반화한 유사한 G-ACH를 이용한다. GAL은 LSP, Section 상에서 G-Arch를 이용하기 위하여 새롭게 정의한 label로 MPLS-TP 패킷의 GAL 이후에 G-ACH 정보들이 나타나도록 되어 있다. (그림 5)는 GAL과 G-ACH를 포함하는



(그림 5) MPLS-TP OAM 패킷 포맷

MPLS-TP LSP OAM 프레임의 형식을 나타낸다. MPLS-TP OAM은 Section, LSP, PW 계층에서 적용 가능하다[20],[21]. MPLS-TP OAM에서 정의하고 있는 ME를 정리하면 다음과 같다.

- (1) SME(Section ME): MPLS-TP section을 모니터링하고 관리(LSR 사이)
- (2) LME(LSP ME): End-to-End LSP를 모니터링하고 관리(LER 사이)
- (3) PME(PW ME): End-to-End SS/MS-PW를 모니터링하고 관리(TPE 사이)
- (4) TLME(LSP Tandem Connection ME): LSP Tandem Connection(또는 LSP segment)를 모니터링하고 관리(LER과 임의의 LSR 사이)
- (5) TPME(MS-PW Tandem Connection ME): SS/MS-PW Tandem Connection(또는 PW segment)를 모니터링하고 관리(TPE와 임의의 SPE 사이)

나. 생존성(Survivability)

MPLS-TP는 선형, 링 및 메시 보호 절체(protection)를 지원한다. MPLS-TP에서의 보호 대상은 Section, LSP 및 PW이며, OAM에 의존한 보호 절체와 APS에 기반한 보호 절체를 지원한다. 또한, MPLS-TP 보호 절체는 서버 계층의 메커니즘과의 race condition 발생을 방지하기 위해 홀드-오프(hold-off)와 같은 메커니즘을 가지고 있으며 복원

및 비복원 동작 모드도 지원한다.

다. 망 관리(Network management)

MPLS-TP의 망 관리 요구사항은 ITU-T 권고안 G.7710/Y.1701의 일반 규정에서 도출한 내용으로 정의하고 있다[22]. MPLS-TP에서 제공되는 망 관리 기능으로는 장치 관리(equipment management), 장애 관리(fault management), 구성 관리(configuration management), 성능 관리(performance management) 등이 있다[23].

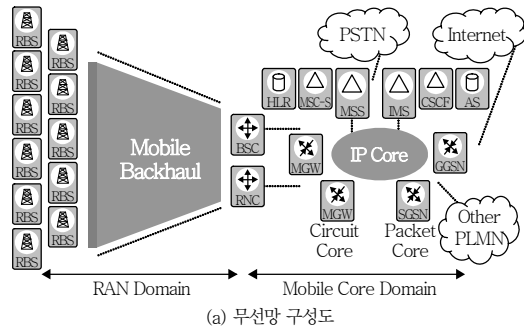
라. 제어평면(Control plane)

MPLS-TP에서 제어평면은 필수 사항이 아니며, 사용되더라도 ITU-T에서 정의한 ASON 구조와 호환이 될 수 있도록 권고하고 있다. 대부분의 제어평면 프로토콜 등은 GMPLS 제어평면 프로토콜인 RSVP-TE, OSPF-TE 및 ISIS-TE 등을 기반으로 하고 있다.

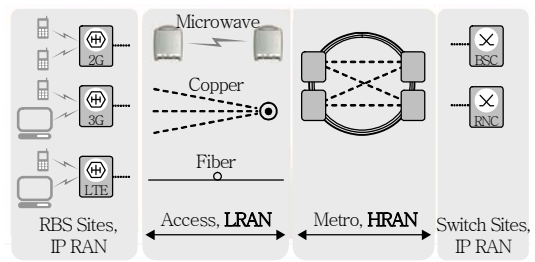
III. 무선 백홀 기술 동향

1. 무선 백홀망 개요

무선 백홀은 (그림 6a)에 나타난 바와 같이 임의의 coverage 내에서 무선 기지국(RBS)을 네트워크 제어기(BSC(2G), RNC(3G))에 연결하는 RAN 영역을 의미한다. 다수의 무선 기지국에서 들어오는 음성 및 패킷 트래픽은 전화국사의 BSC 또는 RNC에서 aggregation하고, 음성 트래픽은 MGW를 통해서 PSTN core 네트워크로 연결되고 데이터 트래픽은 SGSN과 GGSN을 통해 인터넷으로 연결된다. RAN 영역의 무선 백홀망은 (그림 6b)와 같이 다시 L-RAN과 H-RAN로 구분할 수 있다. L-RAN은 microwave, copper 또는 광(fiber)과 같은 다양한 접속 기술을 포



(a) 무선망 구성도



(b) 무선 백홀망 구성도

<자료>: Ericsson white paper, 2009.

(그림 6) 무선망 구조

합하는 무선 접속영역을 의미하고, H-RAN은 BSC/RNC로 트래픽을 aggregation하여 core 망으로 연결하는 망을 의미하는데, 일반적으로 무선 백홀은 RAN 영역 전체보다는 H-RAN 영역을 의미하는 경우가 많다.

최초 무선망은 백홀망에 해당하는 무선 기지국에서 네트워크 제어기까지는 E1, T1 회선을 갖는 TDM 망으로 구성되고, 네트워크 제어기에서 백본망으로 SONET/SDH 망을 통해서 음성 트래픽을 전달하도록 설계되었다. 2.5G 무선망의 출현과 함께 등장한 GPRS 데이터 서비스로 인해 백홀망도 기존의 TDM 망을 기반으로 frame relay, ATM, IP 등을 수용할 수 있도록 진화해 왔으나, 최근 3G/4G 데이터 서비스 도입에 따른 급속한 패킷 트래픽의 증가로 인해 패킷 전송에 적합하지 않은 기존의 TDM 기반의 백홀망을 업그레이드하여 기존의 서비스 품질을 유지하고 새로운 데이터 서비스에 적합한 가격 경쟁력 있는 차세대 무선 백홀 기술 도입이 요구되고 있는 상

황이다. 일반적으로 차세대 무선 백홀망은 다음과 같은 세 가지 문제점을 해결할 수 있도록 요구되고 있다[24].

- (1) 비용(cost) 문제: 급증하는 패킷 트래픽을 수용하기 위해서는 용량(capacity)을 증설하여야 하며, 이러한 용량의 증설은 전체적인 비용(CAPEX/OPEX)의 증가로 이어진다. 따라서 차세대 백홀망으로 진화하면서, 기존의 백홀 전달망 기반을 수용하면서 적절한 수준의 망구성 자동화 및 OAM 기능을 제공하여 효율적인 망 구성이 가능하도록 해야 한다.
- (2) 유무선통합(convergence) 문제: 차세대 백홀망은 유선과 무선 서비스를 모두 수용할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 2G/3G/4G 등 무선망의 진화에 따른 모든 종류의 무선기술을 수용할 수 있어야 한다.
- (3) 유연성(flexibility) 문제: 차세대 백홀망은 비즈니스 모델에 따라서 자체의 전달망을 구성할 수도 있고, 다른 사업자로부터 필요한 용량만큼을 임대하여 사용할 수 있어야 하며, 미래의 용량증대에 대하여 유연한 확장성을 제공하여야 한다.

2. All-IP 기반 RAN 백홀망

차세대 무선 백홀망의 요구사항을 실현하기 위한 새로운 후보기술로서 패킷 전달망 기술을 사용하여 All-IP 기반의 RAN 백홀망을 구축하는 방안이 유력하게 부각되고 있다. MEF에서는 2009년 Mobile Backhaul Implementation Agreement Phase 1을 공식적인 표준으로 승인하여 이터넷 기반의 전달망 기술을 사용하는 무선 백홀 구조에 대한 표준을 제공하였으며, 3GPP, ITU-T, IEEE 및 IETF와 같은 표

준화 단체에서도 무선 백홀망에서 패킷 전달망 기술을 사용하는 방안에 대하여 검토중에 있다. 패킷 전달망 기술을 사용하여 All-IP 기반의 RAN 백홀망을 지원하기 위해서 다음과 같은 요구사항들이 고려되고 있다[24].

가. 네트워크 동기(Clock synchronization)

일반적으로 무선기술에는 FDD 또는 TDD 방식을 이용하여 채널을 분리하고 있기 때문에 기지국간에는 클럭이 동기화되어 있어야 한다. 기존의 TDM 기반의 백홀에서는 TDM 망을 통해 클럭을 동기화 할 수 있었지만, All-IP 기반 패킷망에서는 클럭 동기 정보를 얻을 수 있는 대안이 필요하다. 해결방안으로 주파수 동기를 지원하는 Synchronous Ethernet 방식과 주파수, 위상 및 시각 동기를 지원할 수 있는 IEEE 1588v2 방식에 관한 표준안이 ITU-T와 IEEE SG 15에서 추진되고 있으며, 정확한 타이밍을 요구하는 응용서비스 또는 LTE TDD와 MBSFN 같은 위상 동기화에 대해서는 GPS를 사용하는 방안도 논의되고 있다.

나. 보안(Security)

보안은 전달망에서 아주 중요한 요소이며, 특히 다계층 보안은 All-IP 기반의 전달망에서 핵심적인 요소로서 풀어야 할 과제이다. 침입(intrusion)의 위협을 최소화하기 위해서 액세스 영역을 하나의 영역에서 다른 영역을 분리하는 firewall을 이용하여 액세스를 제한하는 방법을 사용할 수 있으며 public 망을 통과하는 RAN traffic에 대해서 IPSec VPN을 사용하여 안정성을 보장할 수 있고, IPSec protocol은 인증(authentication)과 무결성(integrity)을 다양한 레벨에서 제공할 수 있는 방안일 수 있다. 또한, MPLS 기반 VPN을 사용하여 트래픽을 분할하거나 다른 레벨

의 보안성을 제공하는 것이 가능하여 보안 게이트웨이를 BSC, RNC 및 RBS 등에 설치하는 방법도 존재한다.

다. 품질보장(QoS)

다양한 형태의 트래픽을 전달하는 전달망에서 차별화된 QoS를 제공하는 것은 매우 중요한 요소이며 기존 라우터 제품에서와 같이 트래픽의 형태를 IP 계층의 DSCP 또는 MAC 계층의 Ethernet priority 비트로 표시하고 DSCP 또는 priority에 따라서 지연, 대역폭 또는 drop probability 등에 대한 차별화를 제공할 수 있다. 데이터의 손실 및 지연 등에 민감한 멀티미디어 데이터의 전송의 경우에는 좀 더 세밀한 플로우 단위의 QoS 제공이 요구될 수도 있다.

라. 서비스 운용관리(OAM)

패킷 기반 전달망에서도 기존의 회선 기반 전달망에서와 유사한 회선의 장애검출, 생존 및 운용을 위한 FCAPS 기능이 제공되어야 하며, Ethernet OAM 및 MPLS OAM 기술 등이 논의되고 있다.

많은 관심을 받고 있다. 본 기고에서는 패킷 기반의 전달망 기술의 핵심 기술로 부각되고 있는 PBB-TE와 MPLS-TP의 기술 및 표준화 동향을 기술하였다. 또한, 무선 백홀망의 특징을 살펴보고 All-IP 기반의 유무선 통합망에서 무선망을 수용하기 위해 필요한 여러 고려사항에 대하여 살펴보았다. 최근, 무선망의 비약적인 발전과 함께 폭증하는 패킷 트래픽은 이러한 All-IP 기반의 유무선 통합망으로의 진화를 더욱 가속화 할 것으로 기대된다.

● 용어해설 ●

백홀(Backhaul): 사용자 데이터 트래픽을 통신사업자의 백본망까지 집결하는 것을 의미하며, 백홀망은 다수의 액세스망을 하나의 백본망으로 집결하기 때문에 병목현상이 발생하는 주요한 지점이기도 하다.

유무선융합(FMC: Fixed-Mobile Convergence): 유선과 무선, 음성과 데이터 및 다양한 접속단말의 구분 없는 컨버전스 통신환경. 통신망의 종류에 상관없이 일관되고도 끊기지 않는 통신서비스를 저렴하게 사용자에게 제공하는 것을 목표로 한다.

약어 정리

IV. 결론

All-IP 기반의 유무선 통합망은 단순히 유선과 무선만을 통합하는 것에 그 의미를 두는 것이 아니라 다양한 콘텐츠와 애플리케이션을 유무선의 구별이 없는 통합 네트워크를 통해 다양한 단말 및 접속방법에 제약을 받지 않고 사용자에게 전달하도록 하는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 All-IP 기반의 유무선 통합망을 위한 기반 기술로서 기존의 TDM 기반의 전달망과 비교하여 경제성에 있어 많은 장점을 가지고 있고, 기존 carrier급의 견고함, 품질 및 운용관리 기능을 제공할 수 있는 패킷 기반의 전달망 기술이

2G	Second-generation wireless networks
3G	Third-generation wireless networks
4G	Fourth-generation wireless networks
BSC	Base Station Controllers
BTS	Base Transceiver Station
DSCP	Diff-Serve Code Point
ECMP	Equal Cost Multiple Path
EV-DO	Evolution-Data Optimized
FDD	Frequency Division Duplex
FRR	Fast Re-Route for MPLS
G-ACH	Generic Associated Channel
GAL	Generic Alert Label
GFP	Generic Framing Procedure
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMPLS	Generalized MPLS
GPRS	General Packet Radio Services
GPS	Global Positioning System

GSM	Global System for Mobile Communications
HRAN	High Radio Access Network
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
LDP	Label Distribution Protocol
LRAN	Low Radio Access Network
LSP	Label Switched Path
LSR	Label Switched Router
MBSFN	Multicast/Broadcast Single Frequency Networks
MG	Media Gateway
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MSC	Mobile Switching Center
MSO	Multiple Service Operator
NGN	Next Generation Networking
OAM	Operations Administration Maintenance
PBBN	Provider Backbone Bridged Network
PBB-TE	Provider Backbone Bridges Traffic Engineered
PDSN	Packet Data Service Node
PHP	Penultimate Hop Popping
PLSB	Provider Link State Bridging
PTP	Precision Timing Protocol
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RBS	Radio Base Station
RNC	Radio Network Controllers
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SGSN	Serving GPRS Support Node
SONET	Synchronous Optical Network
STP	Spanning Tree Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Systems
VLAN	Virtual Local Area Network
VPN	Virtual Private Network
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

참고 문헌

[1] 박호영, 김진기, “유무선(FMC) 서비스의 해외 동향 및 확산 요인 분석,” ICT Standardization Road-

map, KEIT 기술동향, 제21권 제3호, 2009년 2월, pp.32-53.

[2] 정희영, 박우구, “차세대 유무선통합망에서의 IP 이동성 기술 표준화 동향,” 전자통신동향분석, 제24권 제3호, 2009년 6월, pp.13-23.

[3] Ericsson, “Why Test the Next Generation Wireless Network with Your Grandfathers Internet Protocols?,” Cross Forum Meeting, 26 Mar. 2008.

[4] Adul Kasim et al., “Delivering Carrier Ethernet: Extending Ethernet Beyond the LAN,” McGRAW Hill, Oct. 2007.

[5] BROCADE, “Technical Brief: Next Generation Wireless Backhaul Solutions,” Brocade Communication Systems white paper, 2009.

[6] David Allan et al., “Ethernet as Carrier Transport Infrastructure,” *IEEE Comm. Mag.*, Feb. 2006, pp.134-140.

[7] <http://www.metroethernetforum.org/>

[8] MEF Technical Specification-MEF10.1, “Ethernet Services Attributes Phase 2,” Nov. 2006.

[9] MEF Technical Specification-MEF6.1, “Ethernet Services Definition Phase 2,” Apr. 2008.

[10] K. Kompella and Y. Rekhter, “Virtual Private LAN Service(VPLS) Using BGP for Auto-Discovery and Signaling,” RFC 4761, Jan. 2007.

[11] IEEE Std. 802.1ad-2005, “IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 4: Provider Bridges,” May 2005.

[12] IEEE P802.1Qay/D4.5, “IEEE Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment: Provider Backbone Bridges-Traffic Engineering,” Oct. 2008.

[13] IEEE P802.1aq/D1.5, “IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 9: Shortest Path Bridging,” Dec. 2008.

[14] ITU-T Y.1731, “OAM Functions and Mechanisms for Ethernet based Networks,” Feb. 2008.

[15] IEEE Std. 802.1ag-2007, “IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 5: Connectivity Fault Management,” Dec. 2007.

[16] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, “Mul-

- tiprotocol Label Switching Architecture,” RFC 3031, Jan. 2001.
- [17] L. Martini, N. El-Aawar, and G. Herson, “Encapsulation Methods for Transport of Ethernet over MPLS Networks,” RFC 4448, Apr. 2006.
- [18] S. Bryant and L. Andersson, “JWT Report on MPLS Architectural Considerations for a Transport Profile,” RFC 5317, Feb. 2009.
- [19] M. Bocci, S. Bryant, and L. Levrau, “A Framework for MPLS in Transport Networks,” draft-ietf-mpls-tp-framework-00, Nov. 27, 2008.
- [20] M. Vigoureux, D. Ward, M. Betts, M. Bocci, and I. Busi, “Requirements for OAM in MPLS Transport Networks,” draft-vigoureux-mpls-tp-oam-requirements-01, Nov. 2008.
- [21] M. Vigoureux, D. Ward, M. Betts, M. Bocci, and I. Busi, “Requirements for OAM in MPLS Transport Networks,” draft-vigoureux-mpls-tp-oam-requirements-01, Nov. 2008.
- [22] ITU-T Rec. G.7710/Y.1701, “Common Equipment Management Function Requirements,” July 2005.
- [23] S. Mansfield, K. Lam, and E. Gray, “MPLS TP Network Management Requirements,” draft-gray-mpls-tp-nm-req-01, Oct. 2008.
- [24] ERICSSON, “High-speed Technologies for Mobile Backhaul,” Ericsson white paper, Oct. 2008.