

RPR 기술 동향 및 향후 전망

The Trend and Perspectives on Resilient Packet Ring

남홍순(H.S. Nam)	메트로이더넷팀 책임연구원
이상우(S.W. Lee)	메트로이더넷팀 연구원
성정식(J.S. Sung)	네트워킹기술팀 선임연구원
허재두(J.D. Huh)	네트워킹기술팀 책임연구원, 팀장
이형섭(H.S. Lee)	메트로이더넷팀 책임연구원, 팀장
이형호(H.H. Lee)	액세스기술연구부 책임연구원, 부장

최근 인터넷 트래픽이 폭증하고 서비스 품질에 대한 요구가 증가함에 따라 백본과 가입자 망에 대하여 집중적인 투자가 이루어져 빠른 속도로 고속화되고 있으나, 메트로 영역에 대한 투자가 상대적으로 적어 메트로 망이 전체 네트워크에서 병목이 되는 결과를 초래하고 있다. 메트로 망을 고속화하기 위해서는 초기 설치비가 저렴하고 확장이 용이하여야 할 뿐만 아니라 사용자가 요구하는 대역폭을 신뢰성있게 제공할 수 있는 망 기술이 요구된다. 이러한 요구에 따라 충분한 대역폭을 저렴하고 신뢰성있게 제공하기 위한 RPR(Resilient Packet Ring) 기술이 제안되어 표준화되고 있다. 본 고에서는 향후 메트로 망의 링 기술로 부각되고 있는 RPR에 대하여 기술적 특징, 표준화 동향 및 적용 방안을 살펴보고 향후 기술을 전망해 본다.

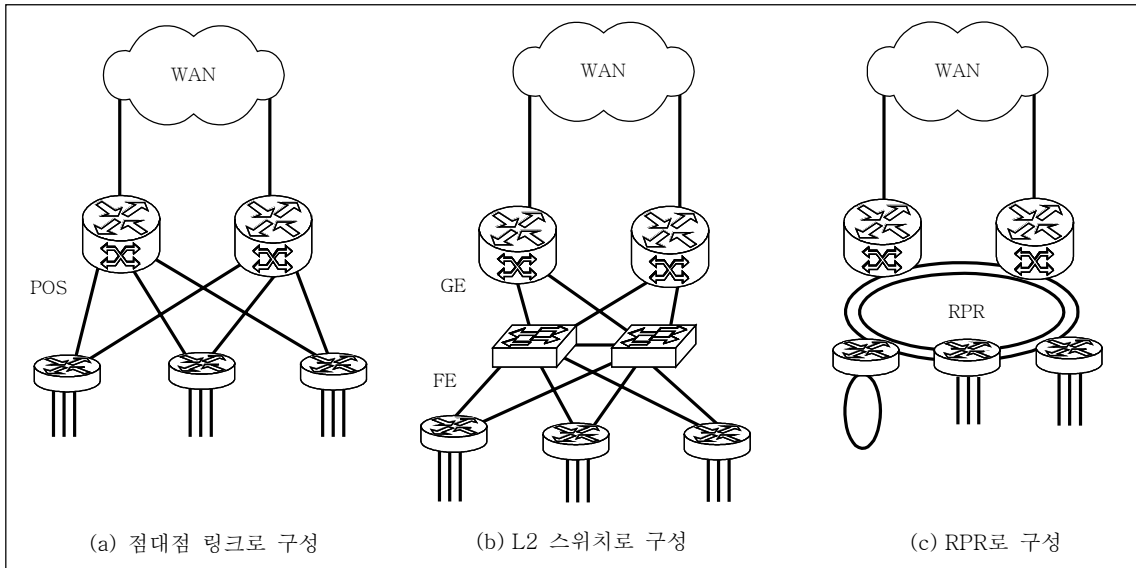
I. 서론

인터넷 인구가 증가하고 그에 따른 트래픽이 폭증함에 따라 최근 몇 년 동안 WDM(Wave Division Multiplex)이나 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)과 같이 백본 및 가입자 망에 대한 집중적인 투자가 이루어졌다[1]-[3]. 이에 따라 백본 및 가입자 망의 속도는 빠르게 증가되었으나 백본과 가입자 망을 연결하는 메트로 영역에 대한 투자가 상대적으로 적어 메트로 망이 전체 네트워크에서 병목(bottle neck)이 되는 결과를 초래하고 있다.

현재 메트로 망에 사용되고 있는 기술은 TDM(Time Division Multiplex)에 기반을 둔 SONET/SDH 링 구조가 주류를 이루고 있다. SONET은 고정 대역폭을 갖는 음성 트래픽에 최적화된 기술로서 현재 트래픽의 대부분을 차지하는 데이터 전송에는

부적합한 구조로 상당한 대역폭의 낭비가 발생된다. SONET의 단점으로는 1) 고정된 회선으로 인한 미사용, 2) 이중링 중 보호(protection) 링을 사용하지 않음으로 인한 대역폭의 낭비, 3) 멀티캐스트에 따른 대역폭의 중복 사용, 4) 망을 논리적으로 완전 메시로 구성하려고 할 때 생기는 구성의 어려움과 대역폭의 낭비가 있다[3]-[5].

이러한 문제점을 보완하기 위하여 메트로 망에 적합한 MAC(Medium Access Control) 기술인 RPR(Resilient Packet Ring)이 제안이 되어 IEEE 및 IETF에서 표준화가 진행중에 있다. RPR은 SONET과 유사한 신뢰성과 레이턴시(latency)를 가지며 가격에 비하여 효과적으로 데이터 서비스를 제공한다. RPR은 2개의 링으로 데이터를 전송할 뿐만 아니라 공간을 재사용(spatial reuse)하므로 SONET에 비하여 적어도 4배 이상 대역폭을 효과



(그림 1) 망 구성

적으로 사용할 수 있다. 이외에도 통계적 다중화로 새로운 노드의 추가가 용이하며 대역폭 효율을 증대시킬 수 있다[6]. 현재 표준화가 진행중이지만 노텔사와 시스코사는 독자 기술로서 RPR 관련 기술을 개발하여 이미 시장에 공급하고 있다[7],[8].

이하 본문에서는 먼저 RPR 기술의 도입 배경 및 기술적 특징, 기술 현황을 소개하고 향후 RPR 기술에 대하여 전망해 본다.

II. RPR 등장 배경 및 특징

1. RPR 등장 배경

인터넷 서비스 제공자는 가입자에게 인터넷 서비스를 제공하기 위하여 다수의 링크를 통합하여 하나의 POP(Point of Presence)와 인터페이스 한다. 다수의 링크를 통합(link aggregation)하는 방법은 (그림 1)과 같이 모든 노드를 직접 점대점 POS(Packet over SONET), GE(Gigabit Ethernet) 혹은 FE(Fast Ethernet)로 연결하는 방법, L2 스위치를 사용하여 노드를 연결하는 방법 그리고 링으로 노드를 연결하는 방법이 있다.

모든 노드를 POS와 같이 점대점으로 연결하는 경우에는 백본 노드의 링크 수가 직접 연결될 노드 수 만큼 필요하며, 또 링크 수 만큼의 포트가 필요하다. 이와 같이 점대점으로 연결되는 경우에는 백본 노드의 시스템 규모가 커지고 복잡한 기능이 요구된다. 한편, L2 스위치로 연결하는 방법은 백본 노드의 기능이 비교적 단순해지며 백본 노드의 포트 수가 L2 스위치 수로 제한된다. 그러나 L2 스위치와 정합 노드간 연결되는 링크 및 포트 수는 정합 노드 수 만큼 필요할 뿐만 아니라 L2 스위치가 추가되어야 한다. 반면 링으로 구성되는 경우에는 백본 노드는 링을 구성하는 정합 노드 수와 관계없이 2개의 링크를 갖

<표 1> 메트로 망 구성 방법 비교

	점대점 링크	L2 스위치	RPR
대역폭 공간 재사용	매우 양호	양호	매우 양호
공평성	곤란	곤란	매우 양호
클래스별 큐잉 및 포워딩	모든 노드, 최대 속도	모든 노드, 최대 속도	액세스 노드, 액세스 속도
통과(transit) 지연	L2/L3	L2 only	L2 only
링에서 패킷 손실	가능	가능	없음
프로텍션	L3	L2 STP, RSTP	L2 IPS(50ms)

는다. 이러한 망 구성에 따른 특성을 <표 1>에 나타내었다. <표 1>과 같이 RPR은 대역폭 공간 재사용, 클래스별 큐잉, 전달 지연, 보호, 및 패킷 손실 측면에서 우수하나 다수의 노드가 링을 공유하므로 데이터 포워딩 속도가 떨어지는 단점이 있다.

현재 링을 구성하는 기술로는 LAN 영역의 토큰 링, FDDI(Fiber Distributed Data Interface), 메트로 및 백본망의 SONET, WDM 기술이 사용되고 있다.

토큰 링이나 FDDI는 송신 노드에서 한 번 전송된 패킷은 수신 노드에서 수신한 후에도 송신 노드에서 제거할 때까지 링 자원을 계속 점유하는 문제점이 있다. 한편 SONET은 높은 신뢰성을 보장하지만 음성 트래픽에 최적화되어 있어 데이터와 같이 버스티한 트래픽 전송에는 비효율적이다. RPR은 이러한 문제점을 개선하고자 서로 반대 방향으로 데이터를 전달하는 2개의 링으로 구성되며, 주요 특징으로는 레질런시(resiliency), 공간 재사용, 노드간 공평성 및 우선 순위 서비스(priority) 등이 있다.

2. RPR 특징

가. 레질런시

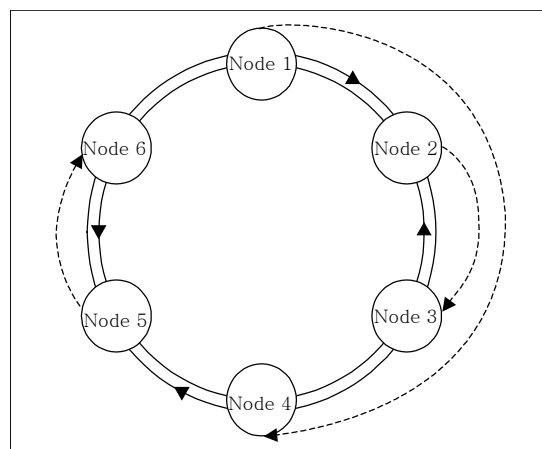
레질런시는 동일한 목적지에 대해 두 개 이상의 경로를 구성하여 노드나 링크의 장애에도 지속적인 서비스의 제공이 가능하도록 한다. RPR은 정상 동작시 두 개의 링을 사용하여 데이터를 전송할 수 있으며 수신 노드까지 최단 경로를 갖는 링을 선택하여 데이터를 전송한다. 이때 노드나 링크에 장애가 발생하면 이를 검출하고 이에 따른 일련의 보호 과정을 수행하여 우회 경로로 지속적인 서비스를 제공한다. 그러나 보호 상태에서는 데이터를 한쪽 링으로만 전달하기 때문에 링 전체 처리율이 다소 저하될 수 있다. RPR은 링이나 노드의 장애시 SONET/SDH 링에서 정의된 50ms 내에 보호될 수 있도록 요구하고 있다. RPR에서 레질런시를 제공하기 위한 보호방법으로는 새로운 경로를 설정해 주는 스티어링(steering)과 반대 링크로 경로를 우회시켜 주는

래핑(wrapping)이 있다. 스티어링은 기본 사항이고 래핑은 선택 사항이다. 래핑방식을 사용하려면 링상의 모든 노드가 래핑 기능을 지원해야만 한다.

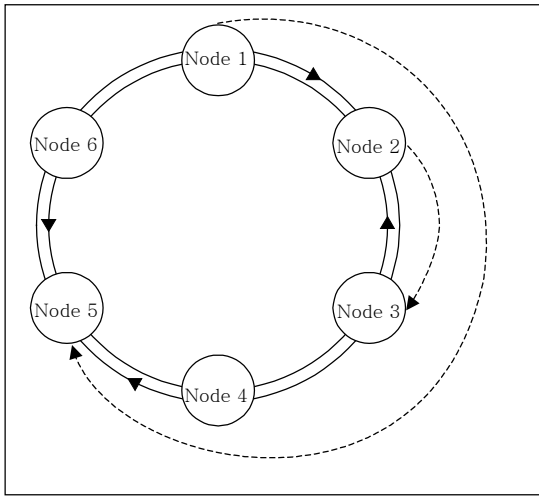
나. 공간 재사용

기존의 토큰 링이나 FDDI에서는 송신 노드로부터 발생된 유니캐스트 패킷은 수신 노드를 거쳐 전체 링을 경유한 후 송신 노드에서 제거되는 송신 노드 제거(source stripping) 방식을 사용하지만, RPR에서는 수신 노드에서 제거하는 수신 노드 제거(destination stripping) 방식을 사용한다. RPR은 수신 노드 제거 방식을 사용함으로써 다른 노드가 해당 대역폭을 재사용할 수 있다. 이를 공간 재사용이라고 하며, 공간 재사용은 링의 전체 사용 대역폭을 증가시키는 효과를 갖는다. 공간 재사용의 동작 원리는 (그림 2)와 같다.

(그림 2)에서 노드 1은 노드 4로 패킷을 전송하고, 노드 2는 노드 3으로, 노드 5는 노드 6으로 패킷을 전송한다고 가정한다. 노드 2와 노드 3 사이의 링의 대역폭은 노드 1과 노드 2가 공유한다. 그러나 수신 노드에서 패킷을 제거하므로 노드 1과 노드 2가 발생시킨 트래픽은 노드 4 이후의 링상에는 존재하지 않게 된다. 노드 5와 노드 6사이에는 노드 5가 발생시킨 트래픽 이외의 다른 트래픽은 존재하지 않게 되므로 노드 5는 노드 1, 2와 동시에 트래픽을



(그림 2) 공간 재사용 개념



(그림 3) 공평성 개념도

발생시킬 수 있을 뿐만 아니라 링의 전체 대역폭을 사용할 수 있다.

다. 공평성

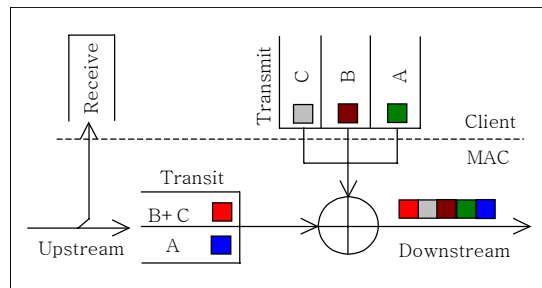
링상에 있는 노드들은 전송 매체를 공유하고 있으므로 각 노드들이 공평하게 링에 접속할 수 있도록 접속 제어가 필요하다. 각 노드의 전체 트래픽은 자신의 노드에서 발생시키는 트래픽(transmit traffic)과 이웃한 노드로부터 입력되어 다음 노드로 전달되는 트래픽(transit traffic)으로 나눌 수 있다. 각 노드에 전달되는 트래픽(transit traffic)이 많을 경우에는 자신의 노드에서 발생되는 트래픽(transmit traffic)을 목적지로 전달하지 못하는 경우가 발생되고 해당 노드는 혼잡(congestion) 상태가 된다.

즉 트래픽을 많이 발생시키는 노드로 인하여 다른 노드들이 자신들의 트래픽을 제대로 전달할 수 없는 경우가 발생한다. 링크의 대역폭을 독점하는 것을 방지하기 위하여 각 노드들은 다양한 공평성 알고리즘(fairness algorithm)을 수행하여 링상의 모든 노드들이 대역폭을 공평하게 사용한다[3]-[7]. (그림 3)의 경우 링크의 대역폭을 초기에 노드 1이 대역폭 모두를 사용하고 있다고 가정하자. 이후 노드 2가 자신의 트래픽을 전달하고자 할 때 이미 노드 1이 링크의 전체 대역폭을 점유하고 있으

로 노드 2에서 혼잡이 발생된다. 혼잡 발생시 노드 2는 자신이 혼잡상태에 있음을 공평성 패킷(fairness packet)을 이용하여 노드 1에 통보한다. 이를 수신한 노드 1은 자신이 발생시키는 트래픽을 줄인다. 노드 1이 트래픽을 줄이면 노드 2에서 사용할 수 있는 대역폭이 증가하게 되므로 노드 2의 트래픽 전달이 가능하게 된다. 이런 과정을 통해 각 노드들은 링의 대역폭을 공평하게 사용하게 된다.

라. 우선 순위 서비스

링상의 노드들은 전송하고자 하는 트래픽이 요구하는 대역폭, 지터(jitter) 및 레이턴시 등의 트래픽 특성에 따라 트래픽의 서비스 등급을 구분함으로써 QoS를 지원할 수 있다. 이러한 서비스 등급을 표기하기 위하여 RPR에서는 프레임 제어 필드에 2비트의 서비스 클래스 필드로서 구분하며, 크게 A, B, C의 3가지 클래스를 지원한다. RPR 노드는 (그림 4)와 같이 서비스 클래스별 버퍼를 관리한다.



(그림 4) 버퍼 관리 구조

III. RPR 프로토콜

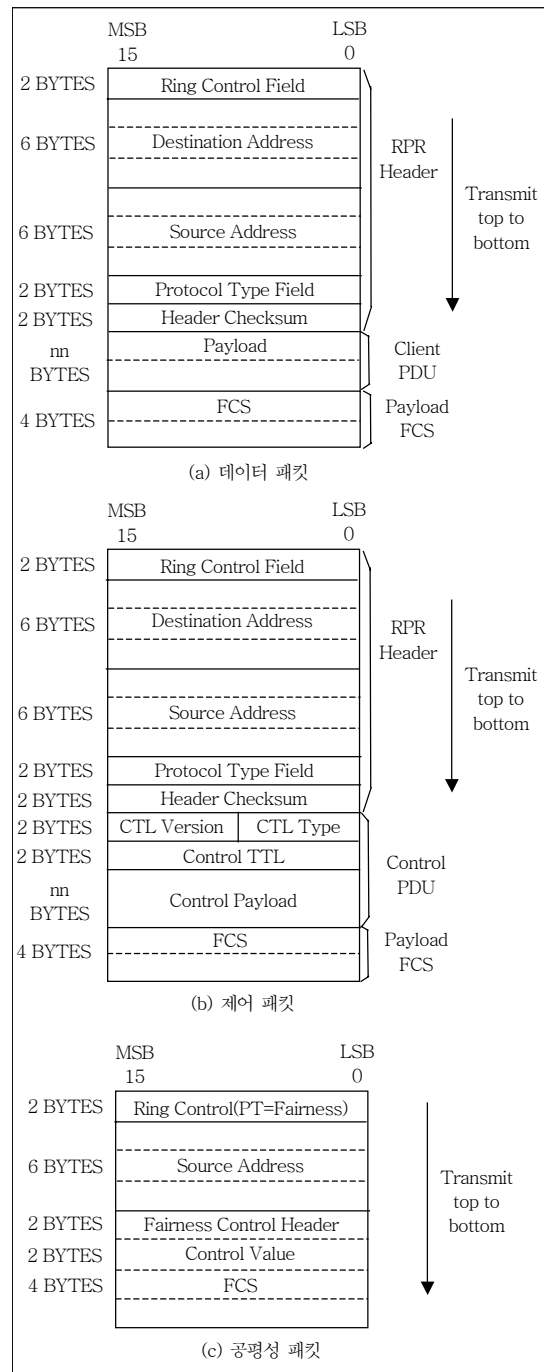
이 장에서는 RPR에서 지원하는 프로토콜에 대해 소개한다. 특히 RPR 패킷 포맷, 동일한 목적지에 대해 2개 이상의 경로를 제공하여 광 케이블 또는 장치가 고장났을 때 레질런시를 제공하기 위한 보호, 토폴로지 디스커버리(topology discovery), OAM (Operation, Administration, and Maintenance) 등에 대해 소개한다[3],[4].

1. 패킷 포맷

RPR 패킷은 다음과 같은 패킷 설계 원칙을 가지고 설계되었다.

- IEEE 802 LAN 구조에 알맞게 설계
- 다른 IEEE 802 LAN 패킷과 구별
- 계층적 설계 접근 방법
- MAC 헤더로부터 응용에 특정한 필드를 분리
- 타입 필드를 두어 미래에 확장 용이
- LLC 타입 1, 2 및 SNAP과 호환
- 링 관련 기능은 앞에 위치(RPR header)
- MAC과 상위 계층 메시지 형태 분리(typed decoupled)

RPR 패킷은 크게 데이터 패킷(data frame), 제어 패킷(control frame), 공정성 패킷(fairness frame)으로 나뉘며 각 패킷의 포맷은 (그림 5)와 같다. RPR 패킷의 MTU(Maximum Transfer Unit) 크기는 9,216바이트이다. 링 제어 필드(ring control field)는 2바이트로 RPR 패킷의 맨 앞에 위치한다. 링 제어 필드는 (그림 6)과 같이 TTL(Time To Live), RI(Ringlet Identifier), FE(Fairness Eligible), PT(Packet Type), SC(Service Class), WE(Wrap Eligible), R(Reserved) 필드로 구성된다. TTL 필드는 링에서 패킷이 목적지에 도착할 때까지의 최대 홉의 수를 나타내는 홉 카운트이며, TTL 필드값이 0이 되면 링에서 제거된다. RI 필드값이 0일 때는 외부(outer) 링을 지시하고, 1일 때는 내부(inner) 링을 지시한다. FE 필드는 패킷이 RPR 공정성 알고리즘에 속하는 것인지를 나타내는 필드로 그 값이 1일 때 공정성에 적합한 패킷임을 나타낸다. PT 필드는 RPR 패킷의 종류를 나타낸 것으로, 제어 패킷(1), 공정성 패킷(2), 데이터 패킷(3), 예비용(0) 등을 표시한다. 괄호 안의 숫자는 필드를 나타낸다. SC 필드는 패킷의 서비스 등급을 표시하는 것으로, Class-C(0), Class-B(1), Class-A, Subclass-A1(2), Class-A, Subclass-A0(3)으로 나타낸다. WE 필드는 패킷이 래핑하기에 적합한지를 표시하



(그림 5) RPR 패킷 포맷

TTL	RI	FE	PT	SC	WE	R
-----	----	----	----	----	----	---

(그림 6) 링 제어 필드

는 것으로 그 값이 0이면 스티어링에만 사용하고, 그 값이 1일 때 래핑에 사용한다. R 필드는 예비용이다. 링 제어 필드 다음으로 위치하는 목적지 주소(destination MAC address), 소스 주소(source MAC address), 프로토콜 타입 필드는 802 LAN 구조에 맞게 설계된 것이다. 프로토콜 타입 필드는 RPR 제어 타입, customer ID를 가지는 페이로드 타입, 기존의 802.3 타입 필드를 지원한다. RPR에서는 RPR 패킷의 오류 검사를 위하여 4바이트 CRC 이외에 2바이트 HEC(Header Error Control) 필드를 더 두었다. HEC 필드는 링 제어 필드부터 프로토콜 타입 필드까지의 오류 검사에 사용되고, CRC(Cyclic Redundancy Check)는 HEC 필드 이후 옥텟부터 패킷의 끝까지의 오류 검사에 사용된다.

2. 보호

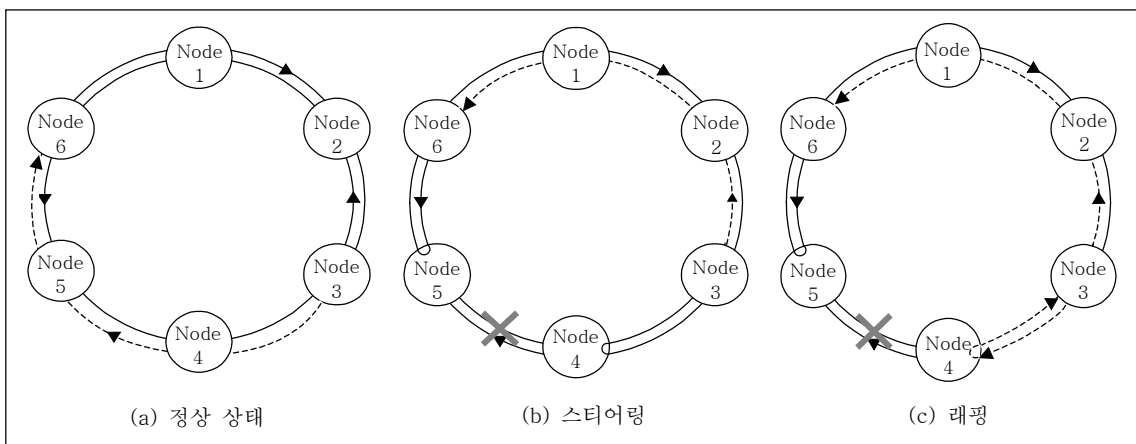
SONET/SDH에서는 링크 장애 발생시 50ms 이내에 보호가 가능한 데 비하여 이더넷에서는 STP, RSTP, 802.3ad의 링크 통합(link aggregation) 등을 이용할 수 있지만 처리 시간이 수 초 이상 걸리는 문제가 있다. IEEE 802.17에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 링 또는 노드 장애시 SONET/SDH 수준의 50ms 이내의 복구를 가능하게 하기 위하여 보호 프로토콜을 제공한다. RPR에서는 보호 프로토

콜로 스티어링과 래핑의 2가지 기법을 제공하는데, 스티어링은 필수적인 보호 메커니즘이고, 래핑은 선택적인 보호 메커니즘이다. 보호 프로토콜이 제공해야 할 서비스와 특징은 다음과 같다.

- 운전자 명령 또는 “hard”, “soft” 장애 발생시 유니캐스트, 멀티캐스트 트래픽을 위해 50ms 이내의 보호 절체
- 링크 장애 발생이나 운전자 명령에 의한 장애 발생시 이를 알리는 정보를 링상에서 빠르게 전달
- 표준화된 계층적인 보호 지원
- 메시지 손실의 최소화와 최소한의 오버헤드
- 링에 임의의 노드의 추가 및 제거 지원
- 한 노드에서 128 노드까지 확장 가능
- 링에서 마스터 노드 없이 동작

동일한 RPR 링 내의 모든 노드들은 동일한 보호 메커니즘을 선택해야 한다. 모든 RPR 노드는 토폴로지 디스커버리 패킷에서 래핑 프로텍션 지원 여부에 대해 알려야 하고, 모든 노드가 래핑 프로텍션을 지원하면 보호 메커니즘은 래핑 또는 스티어링 중 하나를 선택할 수 있으며, 그렇지 않은 경우는 RPR 링 내에서 보호 메커니즘으로 스티어링이 선택된다.

보호 메커니즘의 동작은 (그림 7)과 같다. (그림 7(a))와 같이 노드 3이 노드 6으로 데이터를 전달하고 있다가 노드 4와 5 사이의 링크에 장애가 발생했



(그림 7) 보호 메커니즘

다고 가정하자. 이때 링크의 장애를 감지한 노드 4와 5는 장애관련 메시지를 발생시킨다.

스터어링의 경우 (그림 7(b))와 같이 장애가 발생되면 각 노드들은 자신의 스테어링 데이터 베이스에 따라 데이터를 전달하게 된다.

래핑의 경우 (그림 7(c))와 같이 노드 4와 5는 링크의 장애를 감지한 후 장애가 발생한 링크로의 데이터 전달 경로를 반대 방향으로 우회시킨다. 그 결과 데이터 전달 경로는 노드 3 → 노드 4 → 노드 3 → 노드 2 → 노드 1 → 노드 6으로 바뀐다. 이후 토폴로지 디스커버리 절차를 통해 데이터 전달 경로는 최적화된다.

3. 토폴로지 디스커버리

RPR 각 노드들은 토폴로지 디스커버리 프로토콜을 이용하여 초기 토폴로지와 토폴로지의 변화를 감지할 수 있다. 토폴로지 디스커버리를 통해 각 노드들은 현재 링 상의 노드들의 수와 노드들의 위치 상태를 알 수 있게 된다. 링의 초기 상태인 경우 각 노드들은 자기 노드에 대한 정보만을 갖고 있다. 이때 각 노드들은 자신의 토폴로지 상태 메시지를 링 상에 브로드캐스트한다. 이를 수신한 이웃 노드들은 자신의 정보를 해당 노드에 전송한다. 위에서 언급한 것처럼 토폴로지 상태 메시지는 브로드캐스트되므로 전체 링상에 존재하는 노드들의 정보를 수신하여 링에 대한 토폴로지 이미지를 생성한다. 이후 노드들의 추가나 삭제에 대해서도 같은 방식으로 동작한다.

4. OAM

RPR에서는 신뢰성을 위하여 구성 관리, 장애 관리, 성능관리의 범위에서 관리 기능을 지원한다. 구성관리는 망 구성원(network element) 간의 연결, 망 구성원으로부터 데이터를 수집, 데이터 제공 등의 역할을 수행하며, 망 형상, 프로비저닝 등을 관리한다. 장애 관리에서는 망 구성원 또는 망에서 발생하는 비정상적인 동작을 자동 검출하여 교정하는

역할을 담당한다. 또한 장애가 발생하면 관리시스템에게 장애를 보고하고, 장애를 처리한다. 성능 관리는 서비스를 지원하는 망 구성원과 망의 효율성 및 망 구성원의 성능을 평가한다. 즉, 시스템 성능을 모니터링함으로써 서비스의 질을 측정하는 메커니즘을 제공한다. 또한 측정된 통계 정보를 관리시스템에게 보고하는 역할도 담당한다.

RPR에서는 장애관리나 성능관리 능력을 향상시키기 위해 in-band OAM 기능이 정의될 수 있다. 즉, SONET/SDH와 같이 물리 계층에서 in-band OAM(Operations, Administration, and Maintenance) 기능(ITU G.783에 명시됨)을 가진 경우, IEEE 802.17 RPR은 물리 계층에서 제공하는 in-band OAM 메커니즘을 재사용한다. GE과 10GE LAN용 물리계층 인터페이스는 in-band OAM 기능이 정의되어 있지 않지만 물리계층에서 물리적인 인터페이스가 유효여부에 대해서는 알 수 있으므로 유효하지 않을 때는 이 정보를 신호 장애(signal fail) 등의 MAC 계층 신호로 전환할 수 있다. 그러나 10GE WAN용 물리계층 인터페이스에 대한 in-band OAM 기능은 정의되어 있지 않으므로 정의할 필요가 있다.

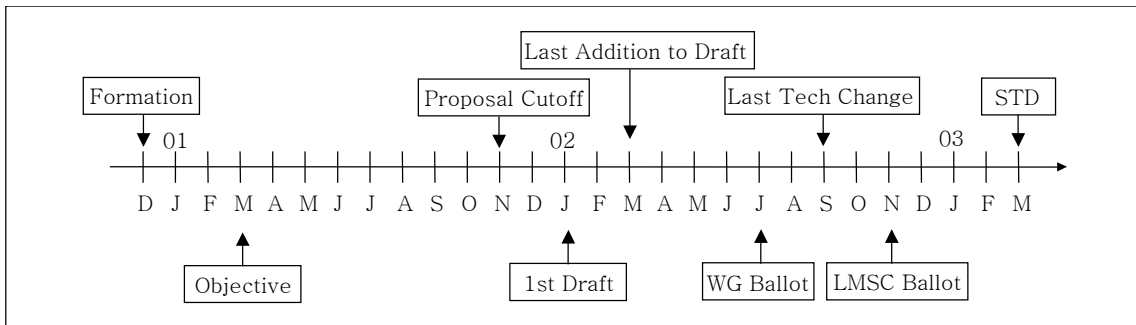
IV. 표준화 동향

본 장에서는 RPR 관련 표준화 기구와 표준화 현황을 살펴본다.

1. IEEE RPRWG

IEEE 802.17 Resilient Packet Ring Working Group(이하 RPRWG)은 LAN, MAN, WAN 영역에서 데이터 패킷의 전송이 용이한 resilient packet ring access protocol의 표준화 작업을 진행하고 있다.

IEEE 802.17 RPRWG은 2000년 11월에 결성돼 2003년 3월에 표준화 작업을 완성할 예정이다. RPR 표준은 크게 시스코를 중심으로 결성된 Gan-



(그림 8) RPR 표준화 일정

dalf 진영의 Gandalf draft와 노텔을 중심으로 결성된 Alladin 진영의 Alladin draft[5]가 제출되어 경합을 벌여 왔다. 2002년 2월 두 draft는 Darwin draft 0.1[3]로 통합되어 제안되었고 2002년 6월 현재 Darwin draft 0.3이 제출되어 있다.

그 동안 RPR 표준 제정 과정에서 논란이 됐던 부분은 크게 대역폭 관리(bandwidth management) 방식과 보호 방식, 두 가지 부분으로 나눌 수 있다. 대역폭 관리 방식은 Gandalf 진영의 폭주 관리(congestion management) 방식과 Alladin 진영의 폭주 회피(congestion avoidance) 방식이 논의되어 왔고 두 방식 모두 Darwin draft에 채택되었다. 또한 보호 방식은 Alladin 진영의 스티어링 방식과 Gandalf 진영의 래핑 방식이 논의되었고 Darwin draft에는 스티어링 방식을 기본사항으로 하고 래핑 방식을 옵션 사항으로 정의하였다. IEEE 802.17 RPRWG에서는 2003년 3월 표준 완료를 목표로 (그림 8)과 같이 표준화 작업을 진행하고 있다.

2. IETF IPoRPR

IETF에서는 2001년 2월에 RPR과 관련하여 IPoRPR(IP over RPR) WG를 만들었으며 2001년 3월 제 50차 미네아폴리스 회의에서 첫 미팅을 가지고, 2001년 8월 제 51차 런던 미팅에서 2차 미팅을 가졌다. IPoRPR WG는 Sub-IP Area 내의 워킹 그룹으로 IEEE 802.17 표준화와 연계하여 IEEE

RPR에서 사용될 요구사항과 프레임워크 문서를 생성하는 데 목적이 있다. IPoRPR WG에서 특히 관심을 가지는 분야는 alarm notification, fast restoration, fast convergence, TE, QoS 등과 관련한 계층 2와 계층 3 간의 상호작용(interaction)에 관한 것이다. IPoRPR에 대한 프레임워크 드래프트가 2001년 6월에 나와 현재 만료된 상태이지만 이 문서는 IEEE 802.17에서 개정될 예정이다. 현재 IPoRPR WG은 활동이 멈춘 상태(52차, 53차 회의 시 미팅 없음)이고, 올해 6월에 Sub-IP Area에서 Internet Area로 옮긴 상태이다.

V. 기술 현황 및 향후 전망

지금까지 RPR 기술의 특징 및 프로토콜을 살펴 보았다. 본 장에서는 RPR 기술 현황과 적용 방안을 살펴 보고, 향후 RPR 기술에 대하여 전망해 보고자 한다.

1. 기술 현황

RPR 표준은 아직도 진행중이지만 노텔과 시스코 두 진영에서는 RPR 관련기술을 이미 제공하고 있다. 노텔은 iPT(inter-WAN Packet Transport)[6]라는 기술로, 시스코는 DPT(Dynamic Packet Transport)[7]라는 기술로 각기 메트로 영역의 시장을 공략하고 있다. 본 절에서는 이들 장비와 시장 적용 방안을 살펴본다.

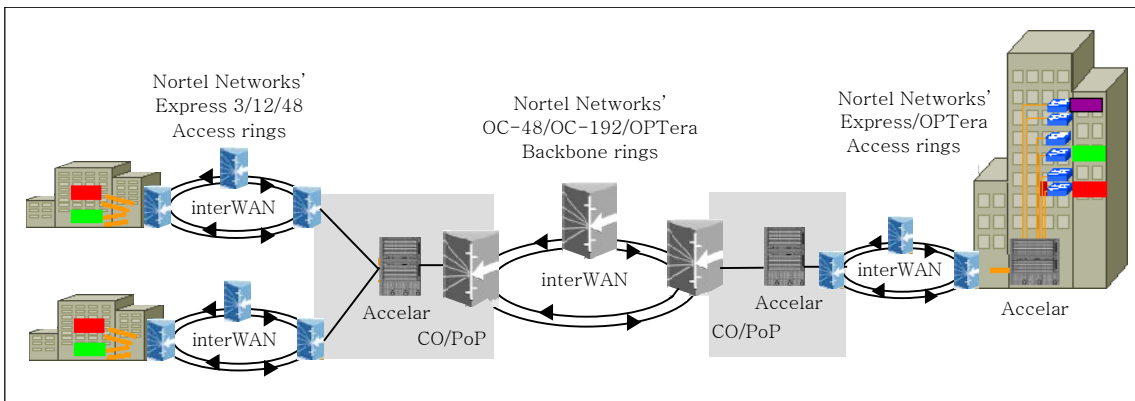
가. 호텔

호텔은 2000년 3월 Bell Nexxia와 OPTera 패킷 에지 시스템(OPTera Packet Edge System: OPES)을 통하여 가장 먼저 RPR 표준과 솔루션을 개발 보급하였다[8]. OPES는 OPTera 메트로 3000 멀티서비스 플랫폼 계열의 시스템에 RPR 기술을 제공하는 인터페이스 모듈이다. OPES 망 사업자에게 호환성과 확장성있는 메트로 망을 저렴하게 구현하고 운용할 수 있도록 한다. 망 사업자는 기존의 인프라를 이용하여 기존의 서비스에 이더넷 서비스를 용이하게 제공할 수 있다. 광 케이블의 대역폭

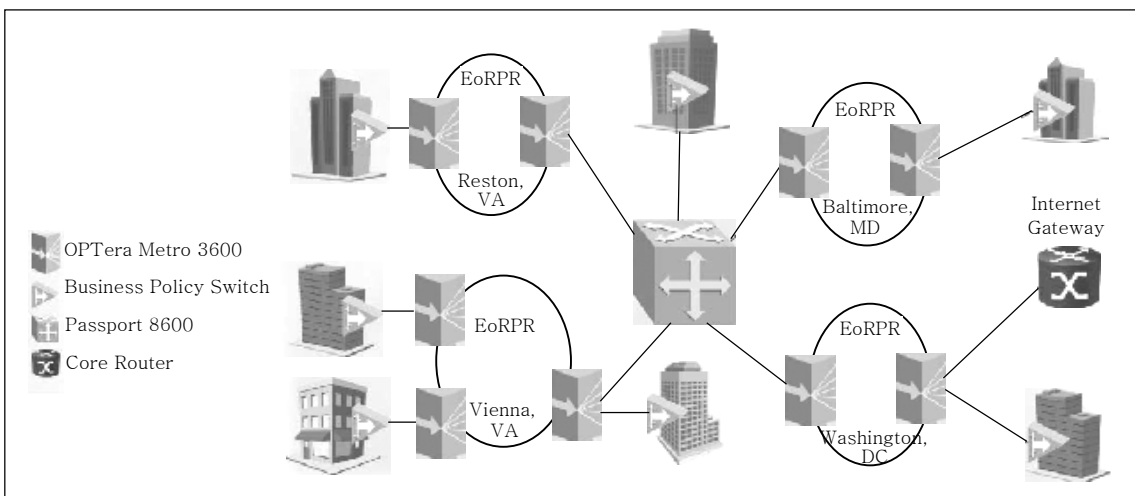
을 공유하여 OPES는 가입자 수와 요구되는 대역폭의 증가에 따른 광 케이블의 효율성을 쉽게 확장할 수 있다. 사용자 측면에서의 OPES는 별도의 장치없이 이더넷 서비스를 제공할 수 있으므로 망 정합을 위한 투자비 및 망 접속 장비를 절약할 수 있다.

(그림 9)와 같이 OPES는 OC-3, OC-12, OC-48, OC-192의 다양한 속도의 인터페이스가 있으며, 중앙 국가에서 메트로 망의 링 구성 및 중앙 국가간 링 구성을 확장성, 호환성, 견고성을 제공하는 솔루션이다.

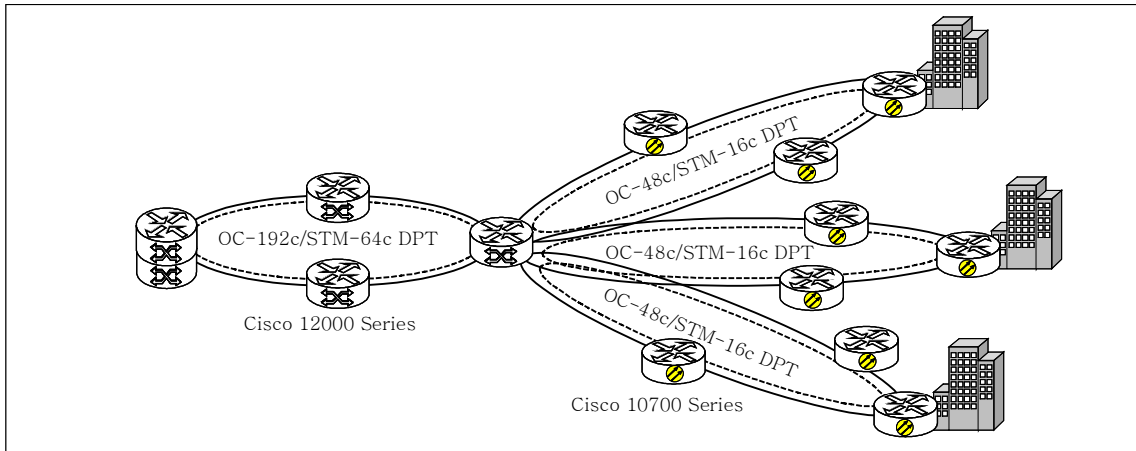
(그림 10)은 월드콤에서 제공하는 메트로 이더넷 망 구성을 나타낸다. 그림의 메트로 이더넷 망은



(그림 9) 호텔의 RPR 솔루션



(그림 10) 월드콤의 메트로 서비스 망



(그림 11) 시스코 RPR 솔루션

EoFiber, EoDWDM, EoRPR으로 구성되어 있으며, 워싱턴을 비롯한 4개 도시에 RPR 링을 구성하여 DWDM 백본에 정합하여 서비스하고 있다. 월드콤은 이러한 시험 서비스에 이어 시카고, 샌프란시스코, 뉴욕 및 달라스까지 RPR 망을 제공하고 있다[9].

나. 시스코

시스코는 (그림 11)과 같이 자체의 DPT라는 기술로 RPR 서비스를 제공하고 있으며, 주요 제품으로는 시스코 12000 시리즈 인터넷 라우터와 시스코 10720 인터넷 라우터용의 DPT 라인 카드와 시스코 7000 시리즈용 DPT 포트 어댑터가 있다[10]. 시스코 12000 시리즈는 IP 백본이나 고속 에지 라우터를 구성할 수 있는 용량과 성능을 가진 차세대 인터넷 라우팅 플랫폼이며, 시스코 10720 인터넷 라우터는 DPT, IP 라우팅 및 이더넷 가입자 정합을 위하여 광 전송에 최적화된 인터넷 클래스 에지 플랫폼이다.

다. RPR MAC 소자 개발

RPR MAC 소자 개발업체는 Mindspeed 사, Infinion 사, AMCC 사가 있다. RPR MAC 소자의 개발 현황을 <표 2>에 정리하였다. <표 2>와 같이 2.5Gbps SRP 소자는 양산중이며 10Gbps SRP 소

<표 2> RPR MAC 소자 개발 현황

업체	주요 소자	개발 현황
Mindspeed	2.5Gbps SRP 10Gbps SRP	양산중 개발중
AMCC	2.5Gbps SRP 10Gbps SRP	샘플 개발중
Infinion	10Gbps SRP	샘플

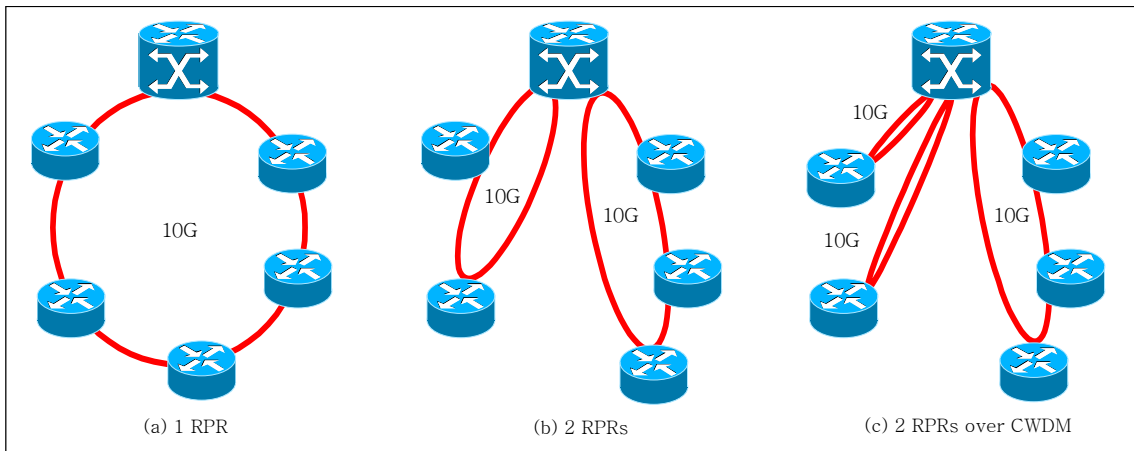
자도 샘플 제작중이므로 조만간 10Gbps RPR MAC 소자가 상용화될 전망이다.

2. RPR 적용 방안

IEEE 802 RPRSG에서 RPR을 적용하고자 하는 시장은 다음과 같다[11].

- ISP intra-POP LANs
- Inter-POP MANs and WANs
- Enterprise Campus LAN Backbone
- Multi-provider customer access MANs

RPR은 새로운 망에 신규로 설치되거나 기존 망에 적용될 수 있다. 신규로 설치되는 경우 초기 설치비가 저렴해야 하며, 향후 확장성이 용이하여야 한다. 기존 망에 적용되는 경우에는 기존의 라우터 등의 노드 장비를 계속 활용할 수 있어야 하며, 또 향후 속도 혹은 용량 증대에 따른 확장이 용이하여야 한다. 이외에 망의 변화에 따른 새로운 노드의 추가와 기존



(그림 12) 노드 트래픽 증대에 따른 링 분할

노드의 삭제가 용이하여야 한다. 이러한 관점에서 RPR을 적용하면 다음과 같은 장점을 갖는다.

가. 노드의 추가 및 삭제

RPR은 서비스의 중단없이 plug-and-play 형태로 새로운 노드를 추가하거나 기존 노드를 삭제할 수 있다. 링이 추가되거나 삭제될 경우에는 링이 보호 상태로 되었다가 토폴로지 디스커버리를 통하여 새로운 토폴로지로 망이 형성된다.

나. 링의 전송 속도 증대

RPR은 전송속도에 따라 기존의 라우터를 사용하면서 RPR MAC 어댑터를 교체함으로써 필요한 링의 전송 속도를 제공할 수 있다. 예를 들면 초기 1Gbps 링을 설치하여 운용하다가 트래픽이 증가되어 10Gbps 링으로 대역폭을 증가시키려면 10Gbps RPR MAC 어댑터를 교체하여 용이하게 변경할 수 있다.

다. 링 분할

링의 트래픽이 증대됨에 따라 링의 속도를 증가시키는 방법 외에 (그림 12)와 같이 하나의 링을 몇 개의 작은 링으로 분할하여 요구되는 트래픽을 제공한다. 한 노드의 트래픽이 하나의 링크 대역폭을

요구하면 점대점 링크와 같이 RPR을 CWDM (Course Wave Division Multiplexing)을 적용한다. RPRoCWDM(RPR over CWDM)은 두 노드간 2개의 광 케이블로 점대점으로 노드를 연결하는 경우와 유사하지만 정상 동작 상태에서 제공되는 대역폭은 2배로 된다.

라. 저속 및 이종 속도 노드 수용

하나의 RPR 링에는 다수의 노드가 접속될 수 있으며, 각 노드에 접속되는 장비는 기존의 장비가 운용되거나 새로운 장비가 설치될 수 있다. 하나의 링에 정합되는 노드의 속도에 따라 고속 링에 저속 노드가 정합되는 경우, 동일 속도의 노드가 정합되는 경우 및 이종 속도 노드가 정합되는 경우가 있다. 예를 들면, 스위칭 속도가 1Gbps인 라우터가 10Gbps의 고속 링에 정합이 되는 경우와 스위칭 속도가 1Gbps의 라우터와 10Gbps의 라우터가 10Gbps의 링에 정합되는 경우와 같이 이종 속도의 노드들이 하나의 링에 연결되어 운용될 수 있다. 따라서 링을 초기 설치하거나 확장할 때에 노드에 수용되는 장비를 교체하지 않아도 되며 반대로 필요에 따라 노드 장비의 교체가 용이하다.

이와 같이 RPR은 링이 확장되거나 노드의 트래픽이 증가하는 경우, 노드 장비의 교체 등에 용이하

게 적용될 수 있다. 따라서 RPR은 망의 확장이 용이하므로 초기 설비에 과도하게 투자하지 않더라도 요구되는 트래픽에 따라 적합한 망을 용이하게 구성하여 계속적으로 서비스를 제공할 수 있다.

3. 향후 전망

RPR의 경제성을 살펴보기 위하여 (그림 1)과 같이 망을 구성하는 경우 소요되는 장비 가격을 비교해 보자.

우선 장비 가격의 일관성을 유지하기 위하여 시스코사 제품으로 가정하고, (그림 1)과 같이 L2 스위치로 구성하는 경우와 RPR로 구성하는 경우 망 구축 비용을 산출하면 <표 3>과 같다. <표 3>의 가격은 정합노드 수를 6개 가정하였으며, 링크 및 공통 장비 가격을 제외한 가격이다[12],[13]. <표 3>과 같이 RPR 망의 가격은 L2 스위치 망에 비하여 초기 설치비가 15% 저렴하며, 노드를 추가하거나 삭제하는 경우와 링크의 속도를 변경하는 경우에도 저렴하다. L2 스위치를 SONET/SDH 혹은 WDM 링으로 설치하는 경우에는 L2 스위치 및 광 케이블 가격은 절약되지만 SONET/SDH 혹은 WDM 장비 가격이 추가된다.

한편 가트너사가 분석한 향후 RPR 소자의 시장 규모는 <표 4>와 같다[14]. <표 4>는 각각의 인터페이스별로 예상되는 숫자를 나타내며 단위는 [K]를 나타낸다. <표 4>와 같이 가트너사는 RPR 시장 규모가 2005년까지 연평균 150% 이상 확장되어 2005년에는 175백만 달러에 이를 것으로 예상하고 있다.

광 케이블 망이 대기업이나 공공기관의 LAN 뿐만 아니라 FTTC(Fiber-To-The-Curb)나 FTTH(Fiber-To-The-Home) 등으로 점점 더 가입자 영역으로 확장되고 있다. 이에 따라 메트로 영역의 트래픽은 더욱 증가될 것이다. 폭증되는 트래픽을 수용하기 위하여 고속의 메트로 망과 고신뢰성의 망 뿐만 아니라 각각의 서비스가 요구하는 종단간 전송 품질(QoS)을 경제적으로 지원하여야 한다.

<표 3> L2 스위치 망과 RPR 망의 장비 가격 비교

L2 스위치		RPR	
정합장치	가격(달러)	정합장치	가격(달러)
FE 노드 포트	36,00	정합 노드 포트	108,000
FE 스위치 포트	16,000	고속 노드 포트	56,000
GE 노드 포트	20,000		
CE 스위치 포트	230,000		
전체 가격	192,000	전체 가격	164,000

주) 정합노드 수를 6개로 가정

<표 4> RPR SRP 소자 예상 규모 (단위: K)

	2001	2003	2005
OC-12 622Mbps	24.5	97.8	179.3
OC-48 2.5Gbps	11.2	144.0	394.6
OC-192 10Gbps	1.2	43.6	155.7
OC-768 10Gbps	0.0	0.2	1.0
전체 시장규모(\$M)	5.5	69.8	175.5

종단간 QoS를 지원하기 위해서는 종단간 사용자 사이의 모든 망 요소들이 QoS를 지원하는 메커니즘을 구비하여야 한다. 사용자와 SLA(Service Level Agreement) 협상에 따른 자원예약 혹은 개별 플로브 폴리싱(policing)이나 셰이핑(shaping) 등은 RPR 보다 상위계층에서 수행된다. 이러한 관점에서 RPR은 이더넷 망이나 MPLS 망과 연동하기 위한 브리지 기능이 필요하며 이에 따른 파라미터 매핑 과정이 필요하다. 특히 트래픽의 증가로 종단간 QoS를 지원하기 위해서는 메트로 영역뿐만 아니라 LAN 영역에서부터 RPR과 같이 서비스 클래스별로 차별화된 서비스를 제공할 필요가 있다.

가트너사는 현재 대부분의 지하 광 케이블 망이 링 구조를 갖고 있으며, 완전 메시망은 링크 전체의 대역폭을 하나의 노드가 사용할 수 있으나 레질런시, 확장성, 레이턴시 등을 고려해야 하므로 적어도 2008년까지는 링 구조가 지속될 것으로 전망하고 있다[14]. RPR은 적어도 TDM이 완전 메시망으로 진화할 때까지 중간 기술로서 지속될 것이며, 향후 메트로 영역뿐만 아니라 LAN 영역에도 활용될 것으로 기대된다.

VI. 결론

인터넷 가입자 및 트래픽의 증가와 함께 경제적인 메트로 망의 고속화 및 고신뢰성이 요구되며, 신뢰성있는 고속의 메트로 망을 경제적으로 수용하기 위하여 RPR 기술이 제안되었다. RPR은 장애 발생 시 50ms 내에 복구할 수 있는 레질런시, 링크의 효율성을 증대시키는 공간 재사용, 노드간 공평성 및 MAC 계층에서 서비스 클래스별 우선순위 서비스 등의 기능을 제공한다. 특히 QoS를 지원하기 위하여 MAC 계층에서 버퍼를 분리하여 우선 순위 서비스를 제공함으로써 우선 순위가 높은 트래픽의 레턴스를 최소화한다.

이러한 장점뿐만 아니라 RPR은 초기 설치 및 기존 망에 plug-and-play 형태로 적용하기 용이하며, 링의 노드 수 및 링의 트래픽 증대에 따른 확장성이 우수하다. 또, 노드의 트래픽 증가에 따라 링에 접속되는 노드 장비의 용량이나 전송 속도가 증가되는 경우에도 용이하게 적용될 수 있다. 특히 링으로 망을 구성하므로 통계적 다중화 및 링크 통합으로 경제적인 망 구성이 용이하다.

RPR은 아직 표준화가 진행중이지만 LAN으로부터 WAN에 이르기까지 광범위하게 활용될 수 있다. 이러한 시장 전망에 따라 노텔과 시스코는 IPT와 DPT라는 자사의 RPR 관련 기술로 시장을 공략하고 있다. 우리나라도 RPR 기술을 조기에 상용화하면 경제적인 메트로 망 구축에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 이종현, 전경표, 이형호, 김해근, 양재우, “광인터넷 기술동향 및 진화전망,” ETRI, 주간기술동향, 1000호, June 2001, pp. 53 - 75.
- [2] 유광숙, 임광선, “메트로 이더넷 시장 현황 및 전망,” ETRI, 주간기술동향, 1056호, July 2002.
- [3] IEEE Draft P802.17/D0.3, “Resilient Packet Ring Access Method and Physical Layer Specifications - MAC Parameter, Physical Layer Interface and Management Parameter,” June 10, 2002. <http://grouper.ieee.org/groups/802/17/documents.htm>
- [4] D. Tsiang, G. Suwala, The SRP MAC Layer Protocol, draft-tsiang-srp-00.txt, (<http://www.ietf.org>), June 1999.
- [5] IEEE Draft P802.17/D0.4, “Resilient Packet Ring Access Method and Physical Layer Specifications-Gandalf,” Nov. 8, 2001. <http://grouper.ieee.org/groups/802/17/documents.htm>
- [6] Herry Pang, “iPT fairness Controlled Access Protocol Simulation Report,” <http://www.ieee802.org/rprsg/public/presentations/may2000/>
- [7] BJ Lee and Donghui Xie, “Resilient Packet Ring Solution(Rationale and Performance),” <http://www.ieee802.org/rprsg/public/presentations/may2000/>
- [8] 노텔사, <http://www.nortelnetworks.com/>
- [9] “Worldcom Extends Its Service Leadership with Optical Ethernet,” <http://www.nortelnetworks.com/>
- [10] 시스코사, <http://www.cisco.com/>
- [11] “RPRSG 5 Criteria,” <http://www.ieee802.org/rprsg/public/presentations/may2000/>
- [12] Cisco White Paper, “Dynamic Packet Transport Technology and Application Overview,” <http://www.cisco.com/>
- [13] Cisco White Paper, “The Economics of CISCO’s Metro-IP Solutions,” <http://www.cisco.com/>
- [14] J. Donovan, “Technology Analysis Resilient Packet Ring Semiconductor Opportunity,” Gartner, Inc., Oct. 30, 2001.