

공격받은 IEEE802.17 Resilient Packet Ring(RPR) 망의 Resiliency를 위한 신속한 망 복원방안

이영주* · 구도정**

요 약

본 논문은 RPR 망에서 외부의 공격으로 인해 새로운 노드의 추가, 제거 혹은 링크의 단절과 같은 상황이 발생하였을 때, 보다 신속하게 망을 복원할 수 있도록 새로운 방안을 제안한다. 망 복원에 소요되는 시간은 크게 문제를 감지하는데 소요되는 시간과 이를 복원하는데 소요되는 시간으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이러한 시간들을 각각 단축함으로써 신속한 망 복원을 가능하게 하는 방법을 제안한다. 기존의 복구 방식에서는 망 복원용으로 사용되는 프로텍션 메시지의 전송으로 링크 또는 노드의 상태를 지속적으로 보고하며, 이러한 프로텍션 메시지의 전송 간격은 지수증가한다. 프로텍션 메시지의 전송 간격이 지수증가 함으로써 야기되는 문제점은, 프로텍션 메시지의 전송 실패로 인해, 링크 또는 노드의 상태 보고가 지연될 수 있다는 것이다. 이를 해결하기 위해서 본 논문에서는 노드간의 자동 대역조절을 위하여 1ms주기로 전송되는 b형 공평메시지에 링크 또는 노드의 상태 정보를 실어서 전송하는 방법을 제안한다. 또한, 기존의 링크의 단절을 보다 신속히 감지하기 위한 방법도 제안한다.

A new Fast Recovery Scheme for Resiliency of Attacked Resilient Packet Ring(RPR)

Young Joo Lee* · Do Jung Koo**

ABSTRACT

In this paper, we suggest new fast recovery mechanism in RPR network, in case of node addition or removing by exterior attack. A RPR network recovery time is consist of two. Failure detecting time and reporting time are that. In this papser we propose fast recovery mechanism that can reduce each time. In a Legacy recovery mechanism, To report node's state, rpr node transmit protection messages. But interval of this protection messages increase exponentially. Thus A transmission failure of protection message cause delay of reporting of network state. Therefore we propose new node state reporting mechanism that put a node state in type b fairness message. And We also suggest fast failure detecting mechanism.

Key words : Resilient Packet Ring(RPR), Resiliency, 복원

* 용인송담대학 정보미디어학부

** 한국항공대학교대학원 통신정보공학부

1. 서 론

프로텍션 메시지의 전송 실패로 인해, 링크 또는 노드의 상태 보고가 지연되는 문제점을 해결할 수 있는 방법과 노드 또는 링크의 문제를 조기에 감지할 수 있는 방안을 제안하여, 모든 RPR 노드가 보다 신속히 망을 복원할 수 있도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 기존 방법에서의 링크의 단절 감지 방법을 기술하고, 이어서 제 3장에서는 제안 방법에서의 링크의 단절 감지 방법을 소개한다. 마지막으로 제 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 기존의 링크의 단절 감지와 노드의 상태보고방법

RPR 망에서 외부 침입이나 자연적인 발생으로 새로운 노드의 추가, 제거 혹은 링크의 단절과 같은 상황이 생기면, 이를 감지한 노드는 프로텍션 프로토콜을 이용하여 신속하게 망을 복원시킬 수 있다. 새로운 노드의 추가, 제거 혹은 링크의 단절과 같은 상황을 ‘링크의 단절’이라고 정의 하겠다. 이러한 링크의 단절을 감지한 노드는 프로텍션 메시지를 양 링으로 전송하게 된다. 프로텍션 메시지의 전송을 통해 망 내의 모든 노드에게 자신이 링크의 단절을 감지하였다고 보고하는 것이다. 망에서 링크의 단절이 사라지게 되면, 역시 프로텍션

메시지를 전송하여 망에서 링크의 단절이 완전히 사라졌으니 안심하고 데이터를 전송하라는 뜻의 메시지를 모든 노드에게 보고한다. 전송하는 프로텍션 메시지의 구성은 (그림 2)와 같다.

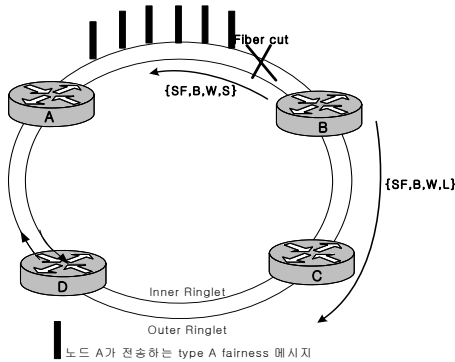
링크가 단절되었을 때, 링크의 단절을 감지한 노드에 의해 전송되는 프로텍션 메시지의 프로텍션 message byte영역의 처음 4비트(request type)의 값은 0x1011(Signal failure)이 된다. Path indicator 비트는 전송될 프로텍션 메시지가 전달될 링 ID를 나타낸다. 마지막으로, Status Code 비트는 노드의 상태가 idle 상태(링크의 단절을 감지하지 않은 상태)인지 wrapping 상태(링크의 단절을 감지한 상태)인지를 나타낸다. Signal 링크의 단절을 감지하기 위한 조건은 모든 RPR 노드가 주기적으로 유니캐스트하는 type A 공평 메시지를 연속으로 16~512개 수신하지 않는 것이다. 여기서, type A 공평 메시지는 모든 RPR 노드에게 대역을 공평하게 할당하기 위한 목적으로 사용되는 메시지이다. 공평 메시지는 주기적으로 전송되는데, 종류는 2 가지로 나뉜다. Type A 공평 메시지와 type B 공평 메시지가 그것이다. Type A 공평 메시지는 양 링으로 유니캐스트되고, 전송 주기는 링크 스피드에 따라 다르고 622Mbps 링크의 경우 100us(10⁻⁴초)이다. 또한, Type B 공평 메시지는 양 링으로 브로드캐스트 되고, 전송 주기는 type A 공평 메시지의 전송 주기의 10배(1.0ms = 10⁻³초)가 된다. 앞서 언급하였듯이, 노드가 type A 공평 메시지를 연속으로 16~512개를 수신하지 않았을 때, 그 노드는 Signal 링크의 단절을 감지하게 된다. 이것을 시간으로 환산하면, 1.6~51.2ms가 된다.

다음 (그림 3)는 노드가 링크의 단절을 감지하고, 프로텍션 메시지를 전송하는 상황을 나타낸다. 노드 A와 노드 B 사이의 외부 링이 단절되어 노드 A가 전송하는 type A 공평 메시지를 노드 B가 연속으로 16~512개 수신하지 못하여, 노드 B는 링크의 단절을 감지하였다고 판단하고, short/long path로 프로텍션 메시지를 전송하게 된다. 이때 전

	RPR 헤더
1 바이트	제어 버전(0x0)
1	제어 타입(0x2)
2	제어 TTL
1	프로텍션 메시지 바이트
1	시퀀스 넘버
4	FCS

(그림 2) 프로텍션 메시지의 구성

송되는 프로텍션 메시지를 예로 들면 다음과 같다. {Request type, MAC 주소, Status Code, Path ID}



(그림 3) 기존 방식에서의 링크 단절의 감지와 노드의 상태보고 예

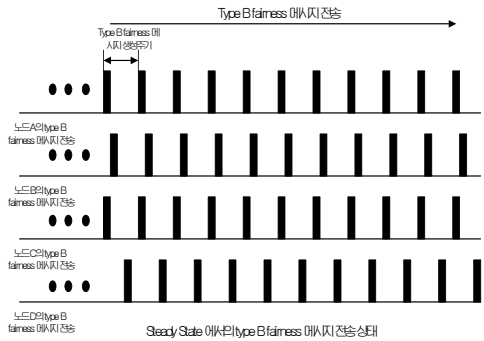
여기서 주목할 점은, 프로텍션 메시지의 전송 간격은 지수 증가하는데, 처음 1ms로 시작하여 매 전송 시 8배씩 증가한다는 점이다. 이는 프로텍션 메시지의 전송 실패로 인해, 링크 또는 노드의 상태 보고가 지연되는 문제점을 가지고 있다.

3. 제안하는 신속한 망 복원 기술

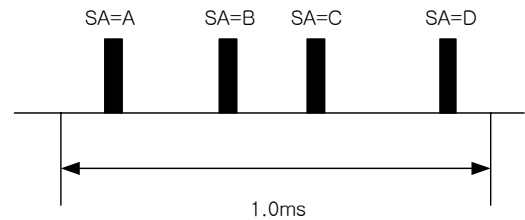
3.1 제안된 방법에서의 링크의 단절 감지시간 단축 방법

앞서 언급하였듯이, 기존 방법에서는 노드가 링크의 단절을 감지하는 데는 최소 1.6ms, 최대 51.2ms의 시간이 소요된다. 하지만 본 고에서는 type B 공평 메시지용 영속 타이머를 추가 적용하여, 노드가 링크의 단절을 감지하는 데 소요되는 시간을 크게 단축 할 수 있는 방안을 제안한다. 결과부터 언급하면, type B 공평 메시지용 영속 타이머를 추가 적용하면, 노드가 링크의 단절을 감지하는 데 소요되

는 시간은 최대 1.0ms로 단축된다. (그림 4)는 정상 상태에서 노드가 전송하는 type B 공평 메시지의 전송을 나타낸다.



(그림 4) 정상 상태에서 각 노드의 type B fairness 메시지 전송 예



(그림 5) 노드 B가 1.0ms 동안 수신하는 type B 공평 메시지의 예

브로드캐스트되는 type B 공평 메시지는 발신지에서 프레임이 제거되는 source release 방식으로 운용되기 때문에, 노드 B가 전송한 type B 공평 메시지를 수신한 노드 A, C, D는 이를 다음 노드로 전달(forwarding)하게 된다. 노드 A와 노드 B사이의 링크가 단절되지 않았다면, 노드 B는 자신이 전송한 type B 공평 메시지뿐만 아니라, 노드 A, 노드 C, 노드 D가 전송한 type B 공평 메시지를 모두 수신하게 된다. (그림 5)은 1.0ms 이내에 노드 B가 수신하게 될 type B 공평 메시지의 종류를 나타낸다. 622Mbps 광 링크를 사용하는 노드 B는 정상

상태에서, type B 공평 메시지 생성 주기인 1.0ms 동안, 노드 A, B, C, D가 전송하는 모든 type B 공평 메시지를 수신하게 된다. 그러므로 노드 B가 type B 공평 메시지의 생성주기인 1.0ms 동안 몇 개의 type B 공평 메시지를 수신하지 않았다면, 노드 A와 노드 B 사이의 링크가 단절되었다고 판단할 수 있을 것이다.

여기서 type B 공평 메시지용 연속 타이머 값은 1.0ms가 된다. 이는 노드 B가 1.0ms 이내에 링크의 단절을 감지할 수 있다는 것을 의미한다. 기존 방법의 경우, 노드 B가 링크의 단절을 감지하기 위해서 최소 1.6ms가 소요되었음을 감안하면, type B 공평 메시지용 연속 타이머를 추가 적용한 노드의 경우, 링크의 단절을 감지하는 데 소요되는 시간은 1.0ms이므로 0.6ms를 단축시킨 것이다. 이 시간은 type A 공평 메시지를 연속해서 6번 전송하는 데 필요한시간이다. 노드 A와 노드 B 사이의 외부 링이 단절되어 노드 A가 전송하는 type B 공평 메시지와 더불어 노드 A가 전달(forwarding)하는 type B 공평 메시지를 노드 B가 여러 개 수신하지 못하여, 노드 B는 링크의 단절을 감지하였다고 판단하고, short/long path로 프로텍션 메시지를 전송하게 된다. 이때, 전송되는 프로텍션 메시지의 request type을 나타내는 4비트는 0×1011 (Signal failure)이다. 그리고 내부 링으로 전송되는 protecion 메시지의 path id는 short path를 의미하는 0×0 이 되고, 외부 링으로 전송되는 프로텍션 메시지의 path id는 long path를 의미하는 0×1 이 된다. 마지막으로 Status Code 비트는 노드가 링크의 단절을 감지하였으므로 wrapping 상태를 나타내는 0×1 이 된다.

여기서 노드 B가 링크의 단절을 감지하는 데 소요된 시간은 1.0ms이다.

3.2 제안 방법에서의 노드의 상태 보고시간 단축 방법

본 논문에서 제안하는 RPR 노드가 링크가 단절

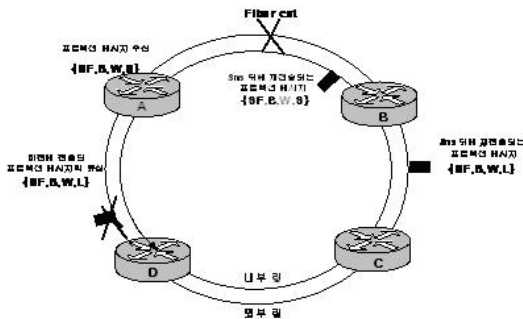
된 사실을 신속하게 알리기 위한 방안은 프로텍션 메시지 대신, type B 공평 메시지를 사용하여 링크의 상태를 알리도록 하는 것이다. 이는 프로텍션 메시지의 재전송 시간 간격이 지수 증가하여 발생하는 문제점을 해결하기 위함이다. 프로텍션 메시지의 재전송 시간은 처음 1ms를 시작으로 8ms, 64ms ... 최고 1024ms 까지 그 시간이 증가하게 된다. (그림 3)에서, 링크의 단절을 감지한 노드 B가 전송하는 프로텍션 메시지, {SF, B, W, S} {SF, B, W, L}가 연속해서 전송이 실패될 경우, 인접 노드 C뿐만 아니라 모든 노드는 노드 A와 노드 B간의 외부 링이 단절된 사실을 한참 뒤에야 감지할 수 있을 것이다. 또한, 노드 B가 wrapping 상태에서 idle 상태로 천이 하였음에도 불구하고 망 내의 다른 노드가 그 사실을 알아차리지 못한다면, 노드 C를 비롯한 나머지 노드들은 노드 B의 상태가 여전히 wrapping 상태라고 인식하여, 노드 B로의 데이터 전송을 시도하지 않을 것이다.

하지만, 재전송 시간이 지수 증가하는 프로텍션 메시지를 사용하는 대신, 주기적으로 전송되는 type B 공평 메시지를 사용하여 링크의 상태를 알린다면, 이와 같은 문제점을 해결할 수 있을 것이다. Type B 공평 메시지를 프로텍션 용도로 사용하기 위해서는 공평 메시지의 구조를 수정할 필요가 있다. 기존 방식의 경우, 자신의 상태변화를 감지한 노드가 전송하게 되는 프로텍션 메시지의 핵심내용은 다음과 같다. {Request_type, SELF, State, Path_ID} 위의 4가지 정보를 type B 공평 메시지에 추가하기 위해서는 공평 메시지의 예약된 영역을 이용한다. 망 복원용으로 사용할 type B 공평 메시지의 예약 영역을 구체화하면 아래의 표와 같다. 여기서 프로텍션 메시지를 전송하는 노드의 주소영역은 type B 공평 메시지의 발신지 주소 영역을 사용하면 된다. 다음 (그림 4)는 type B 공평 메시지의 공평 제어 헤더 영역의 일부 예약된 영역을 일부 수정한 예이다.

다음 (그림 6)는 프로텍션 메시지가 재전송되는

상황을 도시한 것으로, 노드 B가 SF를 감지하고, 전송하는 프로텍션 메시지의 전송실패로 인해 노드 A가 노드 B가 wrapping 상태임을 늦게 감지하는 상황을 보여준다. (그림 6)의 상세한 동작 절차는 다음과 같다. 노드 B는 노드 A가 전송하는 type A 공평 메시지를 연속으로 16~512개를 수신하지 못하여, 프로텍션 메시지를 short path와 long path로 전송한다. 이때 전송되는 메시지는 다음과 같다.

{SF, B, W, S}, {SF, B, W, L} 노드 B가 전송하는 long path를 메시지가 노드 D와 노드 A간의 외부링에서 유실되었다. 노드 A는 노드 B가 전송한 long path 메시지 (여기서, {SF, B, W, L})를 수신하지 못하여,노드 A 자신의 상태를 wrapping 상태로 천이하지 못한다. 8ms 뒤에, 노드 B는 동일한 프로텍션 메시지 {SF, B, W, S}와 {SF, B, W, L}를 재전송하게 된다. 노드 B로부터 재전송된 프로텍션 메시지 노드 A가 정상적으로 수신하면, 노드 A는 자신의 상 또한 wrapping 상태로 천이하고, short path와 longpath로 프로텍션 메시지를 전송한다. 이때, 전송된 프로텍션 메시지는 다음과 같다({SF, A, W, S}, {SF, A, W, L}).



(그림 6) 프로텍션 메시지의 재전송 과정 예

4. 결 론

다수의 노드들로 구성된 양방향 이중 링 네트워크

크인 Resilient Packet Ring(RPR)에서 622Mbps 링크를 사용하는 노드가 링크의 단절을 감지하기 위해 소요되는 시간은 1.6~51.2ms가 된다. 노드가 인접 노드로부터 주기적으로 수신하게 되는 type A 공평 메시지를 연속해서 16~512개 수신할 수 없을 때, 링크의 단절을 감지하게 된다. 이때 소요되는 시간이 1.6~51.2ms이다. 그리고 이렇게 링크의 단절을 감지한 노드는 망에 프로텍션 메시지를 방송함으로써, 인접 노드의 링크 상태를 알리는데, 이때, 전송하는 프로텍션 메시지의 재전송 시간은 지수 증가하여 전송한 프로텍션 메시지가 전송이 실패할 경우, 노드의 상태 정보를 신속하게 망에 알릴 수 없는 단점이 있다.

본 문에서는 이러한 노드의 망 고장 감지시간을 단축하기 위하여 TYPE B 공평메시지가 1ms 이내에 하나이상 수신되지 않을 경우 링크가 단절되었다 판단하는 방법을 제안하였다. 그리고 노드의 상태보고를 보다 신속하게 하기 위하여, 프로텍션 정보를 type B 공평 메시지의 공평 제어 헤더 영역의 예약된 영역에 추가 삽입하여, 노드의 상태 정보를 망에 알리도록 하는 방법을 추가로 제안하였다. 이 경우, 노드 또는 링크의 상태를 방송하는데 소요되는 시간이 크게 단축됨을 알 수 있다. 본 논문에서 제안하는 두 가지 방안은 패킷 교환방식을 사용하는 링형 망에서의 resiliency를 크게 향상시킬 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.17, "초안 3.3", LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society.
- [2] F. Davik, M. Yilmaz, S. Gjessing, and N. Uzun, "IEEE 802.17 resilient packet ring tutorial", IEEE Commun. Mag., Vol. 42, No. 3, Mar. 2004.
- [3] P. Yuan, V. Gambiroza, and E. Knightly, "The IEEE 802.17 media access protocol for high

- speed metropolitan area resilient packet rings”, IEEE Network, Vol. 18, No. 3, May/Jun. 2004.
- [4] G. Suwala and G. Swallow, “SONET/SDH like resilience for IP networks : A survey of traffic protection mechanisms”, IEEE Network, Vol. 18, No. 2 Mar./Apr. 2004.
- [5] S. Spadaro, J. Solé Pareta, D. Careglio, K. Wajda, and A. Szymański, “Positioning of the RPR standard in contemporary operator environments”, IEEE Network, Vol. 18, No. 2, Mar./Apr. 2004.
- [6] N. Ghani, J. Y. Pan, and X. Cheng, “Metropolitan optical networks”, in Optical Fiber Telecommunications, vol. IVB. San Diego, CA : Academic, 2002.



이 영 주

한국항공대학교대학원 항공통신
정보공학과 박사수료
한국산업기술원
성균관대학교, 경민대학
(주)삼성전자
(주)글로벌한넷
용인송담대학

관심분야 : Wireless Security, Web Based
Instruction, Rule Engine



구 도 정

1998~2002 한국 항공대학교 항
공전자공학과 졸업
2002~2004 한국 항공대학교 정
보통신과 석사
2004~2006 한국 항공대학교 정
보통신과 박사수료

관심분야 : 무선랜 보안, 메트로 이더넷, 센서 네트워크