

RPR MAC Fairness 알고리즘의 성능 분석

이상연, 이강복, 이형섭

한국전자통신연구원 네트워크연구소 액세스 H/W 팀

Analyzing the Performance in the RPR MAC Fairness Algorithm

Lee sang-yeoun, Lee Kang-Bok, Lee heyung-sub

Access H/W Team,

Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail: lsyeyoun@etri.re.kr

Abstract

이중 링을 기반으로 하는 통신 연결망은 공간적인 대역폭 재사용과 링 매체의 고장이나 광섬유의 단절에도 빠른 시간 내에 링의 연결망을 재구성하여 데이터 전송을 유지할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이중 링을 기반으로 하는 망에서 최선형 서비스의 데이터들에 대해서 링의 스테이션들간에 대역폭을 공정하게 분배하는 여러 알고리즘들이 RPR 802.17 에 제안되고 있다. 본 논문에서는 이러한 방식들을 서로 비교 분석하고 스테이션간의 공정성과 링크 이용 효율을 개선한 새로운 알고리즘을 제시하였다.

해서 여러 방식들이 현재 제안되고 있으며 이러한 방식들은 최선형 서비스에만 적용된다. 본 논문에서는 기 제안된 방식의 성능을 여러 환경에서 분석하였으며 특히, 혼잡이 발생한 스테이션에서 데이터 전송량이 제한적인 경우에 상위 스테이션으로 전송되는 공정한 전송율이 이를 반영하지 못하여 전체 링크 이용 효율이 저하됨을 보였다.

I. 서론

이중 링 구조를 기반으로 하는 망 구조는 IEEE 802.17 에서 RPR(Resiliency Packet Ring)로 명명되어 현재 표준화 진행 중에 있으며 그 근본은 Cisco 사의 SRP(Spatial Reuse Protocol)에 두고 있다. 링 구조상에 존재하는 공간적인 대역폭 효율의 이득과 스테이션의 실패와 같은 상황에서도 이중 링 구조로 인하여 목적지까지 패킷이 도달이 가능한 이점이 있다[1, 2, 3]. 링에 전송중인 패킷들은 중간 스테이션에서 우선적으로 전송되기 때문에 상위 스테이션에서 전송율을 제한하지 않는다면 하위 스테이션의 전송율이 제한되어 스테이션간의 공정한 대역폭 분배가 이루어지지 않는다. 이러한 링 구조에서 스테이션간의 대역폭을 공정하게 분배하기 위

II. RPR MAC 의 구성 및 문제점

RPR 에서 제안하는 링 구조는 그림 1 에서처럼 이중 링을 사용하며 두 개의 링을 구분하기 위해서 Ringlet 0 와 Ringlet 1 으로 분류한다.

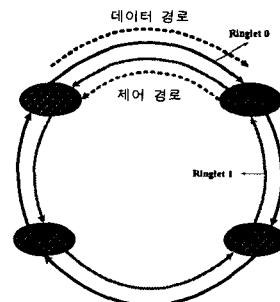


그림 1. 이중 링 구조

한 방향으로 데이터 트래픽을 전송하면 이에 상응하는 제어 정보는 반대 링으로 전송된다. 이러한 링 구조에서 데이터는 어떠한 링으로도 데이터의 전송이 가

능하며 일반적으로 가장 짧은 경로를 통하여 데이터를 전송한다. 또한, 토큰링이나 FDDI 와는 달리 목적지 스테이션에서 패킷을 제거하기 때문에 높은 대역폭 효율을 얻을 수 있다. 이와 같은 이중 링 구조는 사용하지 않는 공간의 대역폭을 활용할 수 있어서 전체 대역폭 효율이 증가하고, 목적지까지 도달할 수 있는 경로가 두 개 존재하여 한 경로 상에서 광 또는 장비 실패가 발생한 경우에 다른 경로로 데이터 전송이 가능한 이점이 있다.

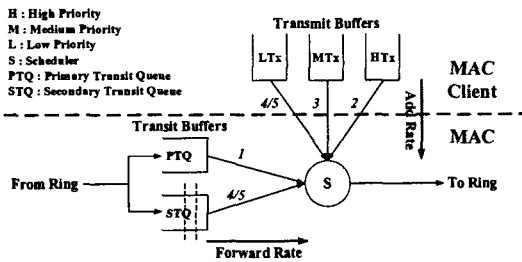


그림 2. 스테이션내의 버퍼 구성

그림 2 는 스테이션내의 버퍼 구조를 보여주고 있다. 스테이션내에는 스테이션을 통과하는 패킷을 저장하는 Transit buffer 와 스테이션이 전송하는 패킷을 저장하는 Transmit buffer 로 분류된다. Transmit Buffer 는 우선순위에 따라서 세 개의 버퍼로 분류되며 Transit buffer 는 높은 우선순위를 위한 버퍼를 별도로 관리하는 두 개의 버퍼를 두는 방식과 우선순위의 구분 없이 하나의 버퍼에 데이터를 저장하는 방식이 존재한다. 하나의 Transit buffer 로 구성되면 우선순위에 상관없이 Transit buffer 가 항상 처음에 전송이 되며 그 이후에 Transmit buffer 가 우선순위에 따라서 전송이 된다[3]. 본 논문에서는 두 개의 Transit buffer 로 구성된 방식을 다루었으며 스테이션에서 패킷이 전송되는 순서는 다음과 같다.

1. 높은 우선순위(PTQ)의 Transit buffer
2. STQ 가 High Threshold 를 초과하지 않으며 HTx Transmit Buffer, 초과하며 STQ
3. MTx Transmit Buffer
4. STQ 가 Low Threshold 를 초과하지 않으며 LTx Transmit Buffer, 초과하며 STQ

Transmit Buffer 는 혼잡이 발생한 스테이션으로 전송되는 패킷으로 인해 Head-of-Line 블로킹을 방지하기 위해서 VDQ(Virtual Destination Queuing)로 구성이 가능하다.

공정성은 링에 존재하는 모든 스테이션들이 공정한 전송율을 갖게 하는 것에 그 목적을 두고 있다. 이를 구현하기 위한 방법으로는 Cisco 사에서 제안한 SRP 에 적용된 방법과 IEEE 802.17 에서 제안된 방법으로 여러 구간의 혼잡을 고려한 방법이 있다. RPR 과 IEEE 802.17 의 Draft 에 제안된 Gandalf 의 공정성 알고리즘은 크게 세 가지 요소로 분류된다. 혼잡의 발생 여부, 스테이션에서 혼잡이 발생한 경우에 상위 스테이션의 전송율을 제한하기 위한 공정한 전송율(rcvd_rate)의 계산과 스테이션의 전송율을 제한하는 허락된 전송율(allowed_usage)이다. 스테이션에서 혼잡이 발생하면 반대 링을 통하여 상위 스테이션으로 공정한 전송율을 주기적으로 전송한다. 이를 수신한 상위 스테이션은 공정한 전송율을 초과하지 않도록 스테이션의 전송율을 조절한다(그림 3). 이러한 알고리즘으로 스테이션들은 목적지 스테이션에 도달하기 위해서 데이터가 통과하는 스테이션들 중에 가장 혼잡이 심한 구간의 공정한 전송율을 수신하여 그 구간이상으로 패킷이 전송되는 경우에 스테이션의 전송율을 공정한 전송율에 적합하도록 조절하여 링내에서 공정성을 유지하는 방법으로 구현이 간단한 이점이 있다[1, 2, 3].

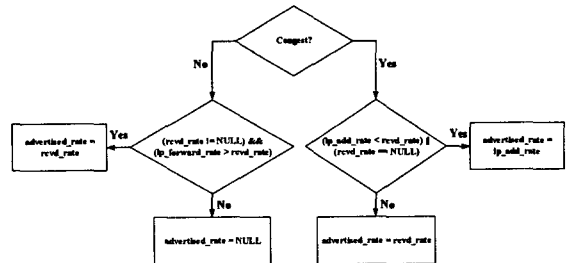


그림 3. RPR 의 공정한 전송율의 흐름도

그러나, 위의 알고리즘들은 혼잡이 발생한 스테이션의 전송율을 바탕으로 한 정보를 상위 스테이션으로 전송하기 때문에 전송하는 데이터의 양이 작은 스테이션에서 혼잡이 발생하면 공정성을 유지하기 위해서 스테이션의 작은 전송율을 상위 스테이션으로 전송하여 상위 스테이션의 전송율을 필요 이상으로 제한하게 된다. 상위 스테이션이 전송율을 감소하는 동안에 혼잡이 발생한 스테이션에서는 혼잡이 해소되어 데이터의 전송이 가능하지만 전송할 데이터의 양이 제한적이므로 전체 링크 이용 효율이 저하되는 문제점이 발생한다. 또한, 혼잡이 발생한 구간으로 데이터를 전송하는 스테이

선들중에서 가장 상위 스테이션이 다른 스테이션들에 비해 더 높은 성능을 갖는 망의 상황도 발생할 여지가 있다.

본 논문에서는 위와 같은 문제점을 개선하기 위해서 RPR Draft 에 제안된 Gandalf 알고리즘을 기반으로 한 새로운 방안을 제시하였다. 제안한 방식의 동작원리는 Aging_Interval 마다 Transit Buffer 를 통과하는 활동적인 스테이션의 수를 확인하고 스테이션의 전송율이 공정한 전송율(전체 대역폭 / 활동적인 스테이션의 수)의 2/3 이하로 떨어지는 경우에 현재 스테이션이 제한적인 전송율을 갖는 것으로 판단한다. 스테이션에 혼잡이 발생하고 위의 경우에 해당한다면 "(전체 대역폭 - 혼잡이 발생한 스테이션의 전송율) / 활동적인 스테이션의 수" 만큼의 대역폭을 공정한 대역폭(Advertised_rate)으로 설정하여 상위 스테이션으로 전송함으로써 링크 이용 효율의 저하를 방지한다. 또한, 가장 상위 스테이션이 다른 스테이션들에 비해 높은 성능을 갖는 문제점을 개선하기 위해서 스테이션들중에서 상위 스테이션이 하나뿐인 스테이션은 수신한 공정한 전송율을 무조건 상위 스테이션으로 전송하도록 하여 스테이션들간의 공정성을 개선한 방안이다(그림 4). 혼잡이 발생하지 않거나 스테이션의 전송율이 공정한 전송율(전체 대역폭 / 활동적인 스테이션의 수)의 2/3 보다 큰 경우에는 Gandalf 알고리즘과 동일한 방법으로 동작한다.

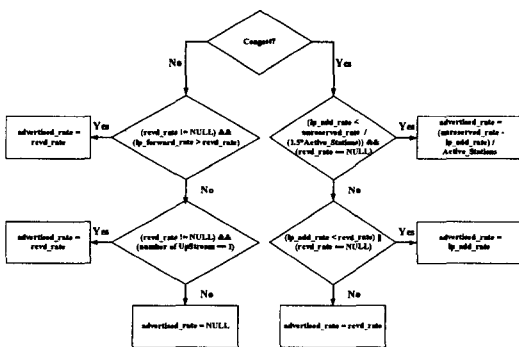


그림 4. 제안한 방식의 공정한 전송율의 흐름도

활동적인 스테이션의 수를 확인하는 방법으로 두 가지 방법을 제시하였다. 첫 번째 방법으로는 스테이션을 통과하는 데이터의 소스 MAC 주소를 확인하여 해당 소스 스테이션을 활동적인 상태로 판단하는 방법으로 일정한 간격마다 이 상태를 초기화하여 주기적으로 갱신한다(Method 1). 두 번째 방법으로는 스테이션을 통

과하는 데이터의 소스 MAC 주소를 확인하여 소스 스테이션별로 전송율을 계산하는 방법으로 스테이션들의 전송율로 활동적인 상태를 파악하는 방법이다(Method 2). 두 번째 방법은 첫 번째 방식에 비해 스테이션에서 계산되는 계산량이 증가하는 단점이 있다.

III. 모의 실험

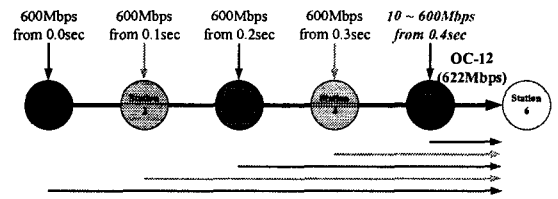


그림 5. 실험 환경

모의실험은 NS-2 를 이용하였으며 각 공정성 알고리즘에 사용되는 모든 계수 값들은 RPR 에서 제안된 값들로 적용하였다[3]. 첫 번째 모의실험 환경은 그림 5 와 같이 6 개의 스테이션으로 구성되며, 스테이션 1 ~ 5 의 스테이션들은 600Mbps 의 일정한 전송율로 UDP 데이터를 스테이션 6 으로 전송한다. 데이터 패킷의 크기는 1000 바이트이며 반대 링으로 전송되는 공정성 알고리즘의 제어 패킷의 크기는 16 바이트이다. 제어 패킷이 상위 스테이션으로 주기적으로 전송되는 기간은 Aging_interval 보다 크고 MTU(Maximum Transfer Unit: 9216 바이트) 전송 시간보다 작은 110μ s 로 정하였다. 전송되는 스테이션간의 거리는 100Km 이며 링크 전송 속도는 OC-12 인 622Mbps 이다. STQ Transit buffer 의 크기는 256KB 로 설정하였으며 High threshold 는 64KB 로, Low threshold 는 32KB 로 설정하였다[3]. 각 스테이션들의 데이터 전송이 시작되는 시간은 그림 5 와 같이 시작되며 실험 결과는 0.6 초 동안 각 스테이션들이 전송한 데이터를 근거로 작성되었다.

첫 번째 실험에서 모든 스테이션들이 충분한 데이터 전송량을 갖는 경우에는 RPR 과 같은 모든 방식에서 스테이션들간의 공정성과 링크 이용 효율 면에서 좋은 성능을 보여주므로 내용을 생략하였다.

두 번째 실험은 그림 5 의 실험 환경에서 혼잡이 가장 심한 스테이션 5 가 10Mbps 의 제한된 속도로 데이터를 전송하는 경우로 혼잡이 가장 심하게 발생한 스테이션이 전송하는 데이터의 양이 제한된 경우에 해당한다. 그림 6, 7 은 두 번째 실험의 RPR 과 Method 1 의

실험 결과이다. 0.4 ~ 0.6 초 구간에서 RPR 은 상위 스테이션(1 ~ 4)의 전송율이 급한 변화를 보이면서 스테이션의 전송율이 일정한 주기로 감소하는 반면에 제안한 방식에서는 상위 스테이션의 전송율이 일정한 전송율 아래로 감소하지 않음으로써 링크 이용 효율면에서 성능이 향상되었으며 또한, RPR 방식에서는 스테이션간에 전송율이 각기 다른 성능을 나타내어 스테이션들간의 공정성이 저하되는 반면에 제안한 방식에서는 상위 스테이션들이 일정한 전송율을 나타냄으로써 스테이션들간의 공정성면에서도 좋은 성능을 보여주고 있다. 그림 8 은 스테이션 5의 전송율에 따라서 각 방식의 링크 이용 효율을 나타낸 것이다. 스테이션 5가 30Mbps로 데이터를 전송하는 경우에 RPR 과 제안한 방식간의 링크 이용효율의 차이가 30Mbps 정도로 현저히 발생하며 스테이션 5의 전송율이 30Mbps 이상으로 증가할수록 두 방식간의 성능의 차이가 줄고 있음을 나타내고 있다.

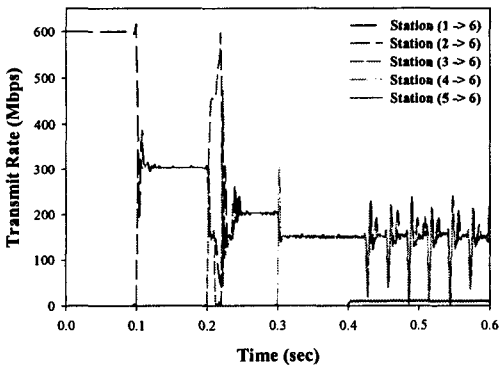


그림 6. 실험 환경 (2)에서 RPR의 실험 결과

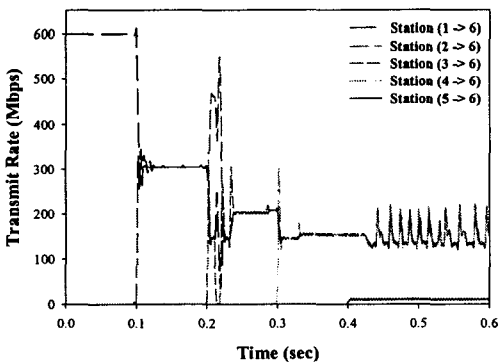


그림 7. 실험 환경 (2)에서 Method 1의 실험 결과

위의 실험 결과에서와 같이 RPR의 공정성 알고리즘은 혼잡이 가장 심한 스테이션의 전송율이 제한적인

경우에 현 스테이션의 전송율을 고려하지 않고 상위 스테이션의 전송율을 제한함으로써 스테이션들간의 공정성의 감소와 링크 이용 효율이 감소를 초래한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 혼잡이 발생한 스테이션의 상황에 따라서 상위 스테이션의 전송율을 제한함으로써 스테이션들간의 공정성을 개선할 뿐만 아니라 전체 링크 이용 효율면에서도 성능을 향상시킬 수 있음을 보였다.

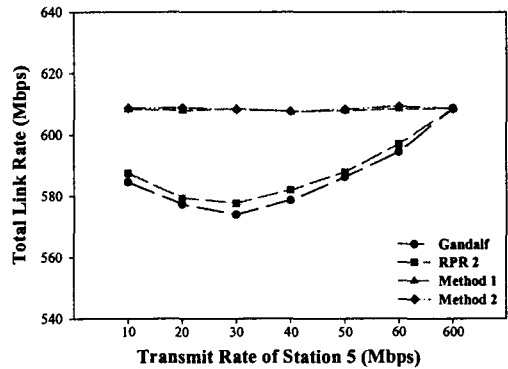


그림 8. 각 방식의 링크 이용 효율

V. 결론

이중 링 구조를 바탕으로 한 공정성 알고리즘들은 모든 스테이션들이 전송할 데이터의 양이 충분한 경우에는 스테이션간의 공정성과 링크 이용 효율면에서 좋은 성능을 보이고 있는 반면에 혼잡이 발생한 스테이션이 전송하는 데이터의 양이 제한적인 경우에는 링크 이용 효율이 저하될 뿐만 아니라 RPR 알고리즘은 스테이션들간의 공정성도 저하되는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 혼잡이 발생한 스테이션의 전송율을 고려하여 공정한 전송율을 계산하는 방안을 제시하였다.

참고문헌

1. D. Tsiang, G. Suwala, "The Cisco SRP MAC Layer Protocol", RFC2892.txt, Aug. 2000
2. http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/wnty/dpty/tech/srpmc_wp.htm
3. <http://www.ieee802.org/17/documents.htm>
4. http://www.ieee802.org/17/documents/presentations/jan2002/jan_2002_presentations.htm