
ATM 액세스망을 위한 공유매체 접속 제어 프로토콜

- II부 : DMR-II 프로토콜의 성능분석 -

황민태*, 김장경*, 이정태**

Shared-medium Access Control Protocol for the ATM Access Network

- Part II: Performance Analysis of the DMR-II Protocol -

Min-Tae Hwang*, Jang-Kyung Kim*, Jung-Tae Lee**

요약

본 논문에서는 다수의 ATM 액세스망 사용자들간에 대역폭을 공유하면서도 동시성 트래픽과 비동시성 트래픽을 동시에 수용할 수 있도록 개발된 DMR-II (Dynamic Monitor Ring - II) 공유매체 접속 제어 프로토콜의 성능을 해석적 방법과 시뮬레이션을 통해 분석하고자 한다.

성능 분석 결과 DMR-II 프로토콜은 ATM 액세스망 환경에서 동시성 트래픽의 지연시간 편차를 일정치 이내로 유지시켜 주며, 비동시성 트래픽에 대해서는 우선 순위 서비스를 통해 높은 우선 순위 트래픽의 지연 시간을 만족시켜 줄 수 있었다. 아울러 DMR-II 프로토콜은 수신측 제거 기법을 사용하므로 130% 정도의 높은 통신망 사용 효율을 보였다.

Abstract

The DMR-II shared-medium access control protocol was developed for the ATM access network users to support the isochronous traffic and the non-isochronous traffic simultaneously under the bandwidth-sharing environment. In this paper we analyze the performance of the DMR-II protocol by using both the analytical analysis and the simulation method.

Under the ATM access network environment, the performance analysis result shows that the DMR-II protocol

* 한국전자통신연구원 표준시험연구팀

** 부산대학교 컴퓨터공학과 교수

접수일자 : 1998년 8월 20일

maintains the delay variation of the isochronous traffic beyond the threshold value, and satisfies the delay time criteria of the non-isochronous traffic by supporting the priority service. Moreover the result shows high network utilization over 130% due to the destination release mechanism of the DMR-II protocol.

I. 서 론

제 I 부에서 소개한 DMR-II 프로토콜은 기존의 공유매체 접속 제어 (Shared-medium Access Control) 프로토콜들이 가지는 문제점을 해결하면서, 데이터 뿐만 아니라 음성과 같은 동시성 트래픽을 동시에 수용할 수 있도록 개발된 프로토콜이다[1].

DMR-II 프로토콜은 슬롯 링형 구조를 사용하며, 비동시성 트래픽에 비해 동시성 트래픽을 우선적으로 전송한다. 동시성 트래픽은 슬롯 예약 기법을 이용하여 전송되며, 통신망의 수용 한계를 초과하는 경우 블럭킹 기법을 적용하여 동시성 트래픽의 자연시간 편차를 일정치 이내로 유지한다. 그리고, 비동시성 트래픽은 윈도우 카운터 기법에 바탕을 둔 리셋 메커니즘을 통해 모든 노드에게 공평한 전송 기회를 제공한다. 이 프로토콜은 주로 테이타 통신을 위한 근거리 통신망(LAN: Local Area Network)과 음성 통신을 위한 사설 전화 교환망 (PABX: Private Automatic Branch eXchange) 기능을 통합한 환경에 사용하기 위하여 개발되었다.

본 논문에서는 이러한 특성을 갖는 DMR-II 프로토콜의 성능을 해석적 분석과 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 제2장에서는 DMR-II 프로토콜의 성능 분석을 위한 인자와 시뮬레이션 환경을 소개하였으며, 제3장에서는 자연 시간에 대한 DMR-II 프로토콜의 성능 분석 결과를 다루었다. 그리고 제4장에서는 자연시간 편차에 대한 특성을 분석하였고, 제5장에서는 통신망 사용 효율 특성을 분석하였으며, 마지막으로 제6장에서 결론을 맺었다.

II. 성능 인자 및 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 이러한 DMR-II 프로토콜을 ATM 액세스망을 위한 공유매체 접속 제어 프로토콜로

이용할 경우의 성능을 분석하였다. 먼저, 본 논문에서 고려한 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

- 노드 수 = 3000개
- 통신망의 크기 = 10 Km (링 상의 물리적 슬롯 수 = 15개)
- 통신망의 속도 = 155.52 Mbps
- 동시성 트래픽은 음성을 고려
- 비동시성 트래픽은 포아송 분포로 발생
- 비동시성 트래픽을 위한 각 노드의 윈도우 카운터는 5로 설정
- 목적지 노드는 랜덤(Random)하게 선택

DMR-II 프로토콜의 성능 인자로는 자연시간, 자연시간 편차, 그리고 통신망의 사용 효율을 들 수 있다. 그리고 이러한 성능 인자에 영향을 끼치는 환경 요소로서는 통신망 크기, 통신망 속도, 노드 수, 트래픽 양, 동시성 트래픽에서 블럭킹 기법의 적용 유무, 그리고 비동시성 트래픽의 윈도우 카운터값 등을 들 수 있다.

성능 인자중에서 자연시간은 노드에 셀이 도착하여 수신측에 도착되기 까지의 시간이다. 이 자연시간은 빈 슬롯을 기다린 후 전송하기까지의 큐잉지연(Queueing Delay)에 전파지연(Propagation Delay)과 윈도우 카운터의 리셋을 위한 대기시간(Rest Delay)이 더해진 값이 된다.

한편 자연시간 편차는 일정 시간마다 전달되어야 할 동시성 트래픽에 관련된 인자로서 이 값이 크면 동시성 트래픽의 서비스 품질이 급격히 저하된다.

그리고 통신망 사용 효율은 사용 가능한 셀 수에 대해 실제 정보 전송에 사용된 셀 수의 비율을 의미한다. 이때 송신측에서 정보를 보내고 난 뒤 링을 한바퀴 돌아오면 이를 제거하는 방법으로 통신망 전체 대역폭을 사용하는 경우를 100% 효율로 가정하였다. 따라서 DMR-II와 같은 프로토콜은 수신측 제거 기법을 통해 셀을 재사용하므로 통신망 사용 효율은 다른 프로토콜에 비해 이론적으로는 거의

두배에 가까운 효율을 얻을 수가 있다[2][3].

시뮬레이션을 통한 DMR-II 프로토콜의 성능 분석에는 SLAM(Simulation Language for Alternative Modelling)을 사용하였다[4].

III. DMR-II 프로토콜의 지연시간 특성

이 장에서는 앞서 살펴본 시뮬레이션 환경에서 동시성 트래픽과 비동시성 트래픽의 지연시간 특성을 시뮬레이션과 해석적 분석을 통해 살펴보았다.

1. 동시성 트래픽의 지연시간 특성

DMR-II 프로토콜은 동시성 트래픽에 대해 연결성 서비스를 제공하므로, 동시성 정보의 송수신에 앞서 연결 설정 단계를 거치게 된다. 그리고 연결 설정시에 I 비트가 '0'인 슬롯을 기다리는 지연시간을 이용하여 블럭킹 기법을 적용한다. 이러한 블럭킹 기법에 적용될 임계치 설정을 위해 그림 1과 같이 동시성 트래픽의 지연시간을 측정하였다.

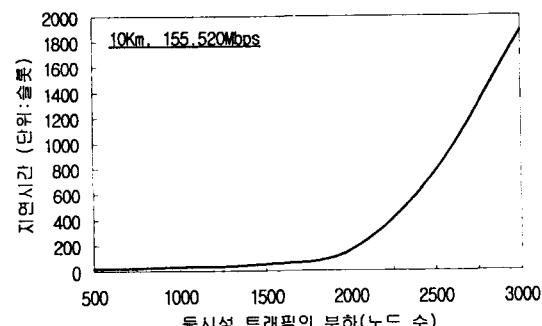


그림 1. 동시성 트래픽의 지연시간

Fig. 1 Delay Time of the Isochronous Traffic

이는 블럭킹 기법을 적용하지 않고 동시성 트래픽 발생 노드 수를 점차 증가시켜 나간 경우 각 노드에 동시성 셀이 도착하여 전송되기까지의 평균 지연시간을 나타낸 것이다.

그림에서 볼 때 지연시간은 부하가 증가함에 따라 서서히 증가하다가 어느 시점부터 급격하게 증가함을 알 수 있다. 동시성 노드는 5.875 msec마다 주기적으로 셀을 발생시키는데, 부하가 적은 경우에는 예약을 위해 기다리는 시간이 거의 발생되지 않

음을 알 수 있다. 부하가 적은 경우에는 새로운 등시성 노드가 발생하여 예약할 슬롯을 가로챈다 할지라도 링을 한바퀴 도는 시간(15슬롯) 후에는 이를 반환하므로 예약을 위해 기다리는 시간은 링을 한바퀴 도는 시간을 초과하지 않게 된다. 하지만 부하가 통신망의 대역폭을 초과하여 발생된 경우에는 반환한 슬롯을 다른 노드가 다시 가로채는 현상이 빈번하게 발생하므로 지연시간이 급격하게 증가하게 된다.

본 논문에서는 블럭킹 기법에 적용될 임계치로서 통신망의 전체 대역폭에 등시성 노드를 최대로 수용하는 경우에 발생되는 평균 지연시간을 적용하였다. 즉 통신망 속도가 155.52 Mbps인 경우 64 Kbps 음성 노드를 최대 2430개까지 수용할 수 있으므로, 그림 1에서 볼 때 시뮬레이션을 통한 2430노드의 지연시간은 약 500슬롯 시간(1 슬롯 시간 = 2.73usec)임을 알 수 있다. 따라서 블럭킹 기법에 적용될 임계치로서 500 슬롯 시간을 설정하였다.

이와 같이 임계치를 500슬롯으로 하여 블럭킹 기법을 적용하면 지연시간이 500 슬롯 시간을 초과하면 초과된 트래픽에 대해서는 블럭킹되므로 동시성 트래픽의 지연시간을 최대 임계치 이내로 유지시켜 준다.

2. 비동시성 트래픽의 지연시간 특성

이 절에서는 DMR-II 프로토콜에서 비동시성 트래픽의 지연시간을 단일 링에 대해 해석적으로 분석하고 타당성 검증을 위한 시뮬레이션을 수행하였다[5~14].

해석적 분석을 위해 통신망에는 N개의 비동시성 노드가 동일한 간격으로 위치하며, 목적지 노드는 랜덤하게 선택되는 것으로 가정하였다. 또한 각 노드의 원도우 카운터 값(W_H 및 W_L)은 동일한 것으로 가정하였다.

DMR-II 프로토콜에서 High 리셋은 H 트래픽의 특성에 따라 달라지므로 이를 해석적 분석에서 고려하기 어렵다. 따라서 해석적 분석에서는 High 리셋은 고려하지 않았으며, 모든 노드는 H 트래픽을 원도우 카운터만큼 보내고 난 뒤에 L 트래픽을 전송하는 것으로 가정하였다. 그리고, 동시성 트래픽

의 경우 일정 시간마다 발생되어 우선적으로 전달되어야 하므로, 비등시성 트래픽의 지역특성 분석에서는 통신망의 전체 대역폭에서 등시성 트래픽의 전달에 사용된 대역폭만큼 제외한 대역폭을 고려하여 분석하면 된다. 따라서 비등시성 트래픽의 지역특성 분석에는 등시성 트래픽을 별도로 고려하지 않았다.

앞서 설명한 바와 같이 비등시성 트래픽의 지역시간은 식 (1)과 같이 표시될 수 있다.

$$\text{지연 시간} = \text{큐잉 지연} + \text{전파 지연} + \text{리셋 대기 시간} \dots (1)$$

식 (1)에서 큐잉 지연(Queueing Delay)은 그림 2와 같이 도착한 트래픽이 전송되기까지 큐에서 대기하는 시간(W)을 의미하며, 전파 지연(Propagation Delay)은 송신측에서 수신측까지 트래픽이 전달되는 시간(P)을 의미한다. 그리고 리셋 대기 시간(Reset Delay)은 윈도우 카운터(W_c)가 0이 되고 나서 다음 리셋셀이 도착하기 까지의 대기 시간(R)을 윈도우 카운터로 나눈 값이며, 이것은 각 셀당 평균 대기 시간을 의미한다.

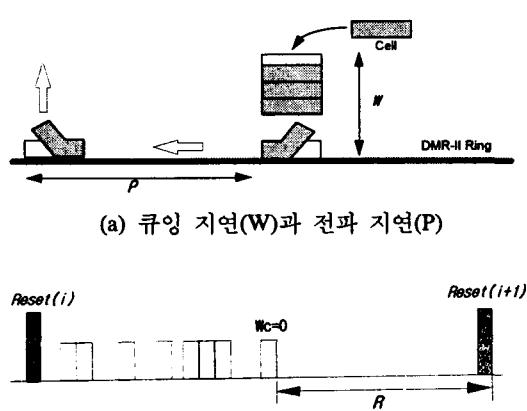


그림 2. 비등시성 트래픽의 지연시간 구성 인자
Fig. 2 Delay Time Parameters for the Non-isochronous Traffic

DMR-II 프로토콜에서 큐잉 지연은 먼저 우선 순위를 고려하지 않은 상태에서 분석하고, 이를 토대로 우선 순위를 고려한 큐잉 지연을 분석하였다. 그

리고, 해석적 분석에 적용된 인자들은 그림 3에 제시된 바와 같다.

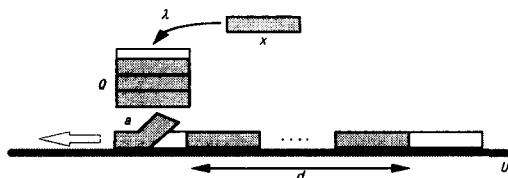


그림 3. 지역시간 해석을 위한 인자

Fig. 3 Parameters for the Delay Time Analysis

각 노드에 셀 도착률은 λ 이며, 셀의 길이는, 큐의 평균 길이는 Q 이다. 그리고, 현재 전송중인 셀의 평균 남은 길이를 a , 빈 슬롯의 대기 시간을 d , 통신망 사용률을 U 라고 하자.

여기서 셀의 길이는 1로 가정하며, 해석적 분석 결과로 얻어지는 지역시간의 단위는 셀로 정의한다. 각 노드의 트래픽 도착 패턴은 평균 셀 도착률이 λ 인 포아송 분포를 따르는 것을 가정하였으며, 링 사용률(U)은 평형 상태의 경우 단위 시간동안 전체 노드에서 생성되는 셀의 총 수로서 전체 노드수(N)와 셀 도착률의 합수로 표시될 수 있다. 따라서 평형 상태에서 링 사용률은 수식 (2)로 표현된다.

$$U = \frac{\lambda N \Delta t}{\Delta t} = \lambda N \dots (2)$$

그리고 링 사용률이 U 인 경우 큐의 헤더에 있는 셀이 빈 슬롯을 기다리는 시간(d)는 식 (3)과 같이 구해진다.

$$d = \sum_{i=0}^{\infty} i U^i (1-U) = \frac{U}{1-U} \dots (3)$$

이는 개의 정보가 담긴 슬롯이 지나간 다음 빈 슬롯을 만나게 될 확률인 $U^i(1-U)$ 의 평균값을 구한 것이다.

따라서 큐잉 지연은 식 (4)와 같이 새로운 셀이 도착할 때에 현재 전송중인 셀의 평균 남은 길이와 큐에서 기다리고 있던 셀들의 전송에 소요되는 시간, 그리고 자신이 전송되기 위해 빈 슬롯을 기다리는 시간의 합으로 표시된다.

$$W = a + Qd + d \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

리틀 법칙(Little's Law)[11]에 의해 큐에 저장된 셀의 수(Q)는 셀 도착률(λ)과 큐에서의 대기 시간(W)의 곱으로 계산된다. 즉, 식 (4)에 $Q = \lambda W$ 를 적용하여 큐잉 지연을 구하면 식 (5)와 같이 표시된다.

$$W = \frac{a+d}{1-\lambda d} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

송신측에 셀이 도착하여 수신측에 전달되기까지의 총 지연시간은 큐잉 지연과 전파 지연의 합이 되므로 $W+r/2\sigma$ 된다. 여기서 r 은 링의 크기이고, 송신측에서 수신측까지의 전파 지연은 평균 $r/2\sigma$ 된다.

DMR-II 프로토콜에서 비동시성 트래픽은 원도우 카운터를 이용하여 공평성이 제공되며, 각 노드는 원도우 카운터만큼 정보를 보낸 후에는 리셋셀을 기다리게 된다. 이때 링 사용률이 일정한 것으로 가정한다면, 이러한 리셋 대기 시간(R)은 최소의 리셋 대기 시간과 최대의 리셋 대기 시간을 이용하여 평균 리셋 대기 시간을 구할 수가 있다. 그리고 다음 리셋까지 평균 대기 시간을 각 셀의 평균 지연에 고려하기 위해서는 이를 원도우 카운터로 나눈 값을 사용해야 할 것이다. 따라서 평균 리셋 대기 시간은 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{평균 리셋 대기 시간} = \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2W_c} \quad \dots \dots \dots (6)$$

여기서 R의 최소값(R_{min})은 임의의 노드가 자신이 마지막으로 원도우 카운터가 0이 된 다음 모니터 노드가 생성한 리셋 셀을 받는 경우이므로 이는 링을 한바퀴 도는 시간인 r_i 된다.

그리고 R의 최대값(R_{max})은 임의의 노드가 제일 먼저 원도우 카운터 값만큼 셀을 보내고난 뒤에 나머지 노드에서 원도우 카운터만큼 셀을 보내고서 리셋이 발생하는 경우이다. 이는 먼저 보낸 노드를 제외한 나머지 N-1개의 노드에서 W_c 개씩의 셀을 전달하는 데 소요되는 시간이다. 그러나 링 상의 슬롯 갯수를 S라고 가정하면, N-1개의 노드는 동시에 S개의 셀을 전송할 수 있다. 그리고 이 때의 링 사용률은

일정하다고 가정하였으므로 각 노드는 큐의 헤더에
도착한 셀을 보내기 위해 평균 d 만큼의 시간을 기다
리게 된다. 따라서 $(N-1)W_c$ 개의 셀을 보내는데 걸리
는 시간은 식 (7)과 같이 표시할 수 있다.

$$R_{\max} = \frac{(N-1)dW_c}{S} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

식 (7)을 이용하면 따라서 평균 리셋 대기 시간은 식 (8)과 같이 구해진다.

$$\text{평균 리셋 대기 시간} = \frac{(N-1)d + rS}{W_c} \quad \dots \dots (8)$$

식 (1)에서 제시된 바와 같이 셀의 평균 지연시간은 큐잉 지연, 전파 지연, 그리고 리셋 대기 시간의 합임을 알 수 있다. 식 (5)와 식 (8)를 이용하여 DMR-II 프로토콜에서 셀의 평균 지연시간을 구하면 식 (9)와 같이 표현된다.

$$D = \frac{a+d}{1-\lambda d} + \frac{r}{2} + \frac{(N-1)d + rS}{2S} \quad \dots \dots \dots (7)$$

가. H 트래픽의 평균 자연시간

DMR-II 프로토콜은 비등시성 트래픽중에서 H 트래픽에 우선권을 부여하여 전송한다. 따라서 H 트래픽과 L 트래픽의 두가지 우선순위를 갖는 DMR-II 프로토콜의 경우 각 우선순위에 따른 지연 시간을 별도로 분석하였다. 본 해석적 방법에서는 전체 노드의 H 트래픽이 윈도우 카운터만큼 전송이 끝난 후 L 트래픽을 윈도우 카운터만큼 전달하는 것으로 가정하였으며, 각 노드에서의 트래픽 전송량 과는 상관없이 통신망 사용률은 일정한 것으로 가정하였다.

H 트래픽의 평균 지연시간(D_H)은 앞서 우선순위를 고려하지 않은 경우와 마찬가지로 식 (10)과 같이 큐잉 지연(W), 전파 지연(P), 그리고 H 트래픽의 평균 리셋 대기 시간(R/W_H)의 합수로 표현된다. 여기서는 W_H 트래픽의 윈도우 카운터값을 의미한다. 그리고 통신망 사용률이 일정한 것으로 가정하였으므로 평균 리셋 대기 시간은 앞서 식 (6)에서 살펴본 바와 같이 최소값과 최대값을 이용하여 계산될

수 있다.

$$D_H = W + \frac{r}{2} + \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2W_H} \quad \dots \dots \dots (10)$$

먼저 H 트래픽의 리셋 대기 시간의 최소값(R_{\min})은 자신이 H 트래픽을 마지막으로 전송하여 원도우 카운터가 0이 된 다음, 링상의 모든 노드가 L 트래픽을 보낸 후 리셋이 발생되는 경우이다. 따라서 전체 노드가 L 트래픽을 원도우 카운터값(W_L) 만큼 내보내는 시간은 앞서 식 (7)에서 살펴본 바와 유사하게 구할 수가 있으며, 식 (11)과 같이 표현된다.

$$R_{\min} = \frac{NdW_L}{S} \quad \dots \dots \dots (11)$$

H 트래픽의 리셋 대기 시간의 최대값(R_{\max})은 자신이 H 트래픽을 가장 먼저 원도우 카운터 값만큼 보내고 난 뒤에 나머지 노드가 H 트래픽을 전송하고, 아울러 전체 노드에서 L 트래픽을 모두 원도우 카운터 값만큼 전송하기를 기다리는 시간이 된다. 따라서 최대값 R_{\max} 는 식 (12)와 같이 표현된다.

$$R_{\max} = \frac{d(W_H(N-1) + W_L N)}{S} \quad \dots \dots \dots (12)$$

따라서 우선순위를 고려한 경우 H 트래픽의 평균 지연시간은 식 (13)과 같다.

$$D_H = \frac{a+d}{1-\lambda d} + \frac{r}{2} + \frac{d(W_H(N-1) + 2W_L N)}{2W_H S} \quad \dots \dots \dots (13)$$

나. L 트래픽의 평균 지연시간

앞서 설명한 바와 같이 해석적 분석에서는 모든 노드가 H 트래픽을 모두 보낸 후 L 트래픽이 전송되는 것으로 가정하였다. 따라서 L 트래픽의 평균 지연 시간은 H 트래픽을 원도우 카운터만큼 보내는 지연시간을 기본적으로 포함하게 된다.

H 트래픽을 고려하지 않은 경우 L 트래픽의 리셋 대기 시간 R 의 최소값(R_{\min})은 자신이 마지막으로 L 트래픽의 원도우 카운터가 0이 된 다음부터 시작하여 리셋 셀을 받는 시간까지이므로 이는 링을 한바퀴 도는 시간인 r 이 된다.

그리고 R 의 최대값(R_{\max})은 전체 노드가 H 트래

픽을 내보내고 난 뒤에 자신이 가장 먼저 L 트래픽을 보내고서 나머지 노드들이 L 트래픽을 모두 전송하기를 기다리는 시간이 된다. 따라서 최대값은 식 (14)와 같이 표현된다.

$$R_{\max} = \frac{(N-1)dW_L}{S} \quad \dots \dots \dots (14)$$

따라서 H 트래픽을 원도우 카운터만큼 보내는 자연시간을 고려하는 경우 L 트래픽의 평균 전달 자연시간은 식 (15)와 같이 구해진다.

$$D_L = D_H W_H + \frac{a+d}{1-\lambda d} + \frac{r}{2} + \frac{(N-1)d + rS/W_L}{2S} \quad \dots \dots \dots (15)$$

다. 시뮬레이션을 통한 해석적 분석의 타당성 검증

그림 4는 분석한 비등시성 트래픽의 지연시간에 대한 해석적 분석 결과의 타당성을 확인하기 위해 링 상의 노드 수는 100개, 그리고 슬롯 수는 10개로 가정한 경우의 시뮬레이션 결과와의 비교 그래프이다. 이때 H 트래픽과 L 트래픽의 원도우 카운터 값은 모두 10으로 가정하였다.

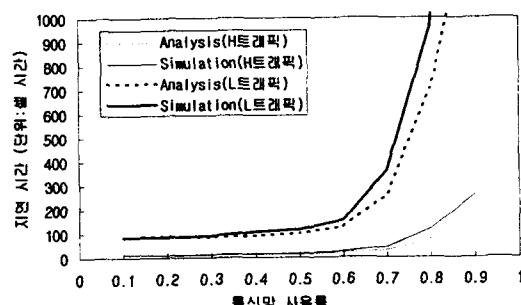


그림 4. 비등시성 트래픽의 지연시간 분석
Fig. 4 Delay Time Analysis of the Non-isochronous Traffic

먼저 H 트래픽의 해석적 분석과 시뮬레이션 결과를 비교하여 보면, 통신망 사용률이 낮은 경우에는 해석적 결과와 시뮬레이션 결과가 비슷하게 나타나고 있으나, 통신망 사용률이 높아짐에 따라 시뮬레이션 결과와 해석적 분석의 결과에 약간의 차이가 발생하고 있다. 이는 통신망 사용률이 높아짐에 따

라 시뮬레이션에서는 포화 상태가 되어 H 트래픽의 지연시간이 더욱 증가하게 된다. 그러나 해석적 분석에서는 통신망 사용률이 일정한 것으로 가정하였기 때문에 실제 링 사용률이 높은 경우에는 시뮬레이션보다 지연시간이 약간 낮게 나타나게 된다.

한편 L 트래픽의 경우도 H 트래픽의 경우와 마찬가지로 통신망 사용률이 낮은 경우에는 해석적 결과와 시뮬레이션 결과가 비슷하게 나타났다. 그러나 통신망 사용률이 높아짐에 따라 그 차이가 다소 높게 나타났다. 이것도 해석적 분석에서는 통신망 사용률이 트래픽 양과는 관계없이 일정한 것으로 가정했기 때문이다.

IV. 지연시간 편차

1. 블럭킹 기법의 적용 여부에 따른 특성

음성 트래픽과 같이 주기적으로 발생되는 등시성 트래픽은 지연시간 편차(CDV: Cell Delay Variation)가 서비스 품질에 큰 영향을 미친다. 즉, 주기적으로 발생되는 트래픽이 매번 일정한 지연시간을 갖고 전달되는 경우는 수신측에서 첫 셀에 대해서만 해당 지연시간만큼 저장한 다음 상위 계층으로 주기적으로 전달하면 등시성 트래픽의 서비스 품질에 아무런 영향을 미치지 않게 된다. 따라서 DMR-II 프로토콜에서 등시성 트래픽 수용을 위한 특성 파악은 지연시간 편차를 분석함으로써 알 수 있다.

그림 5는 통신망에 등시성 트래픽(I 트래픽)과 비등시성 트래픽(H, L 트래픽)이 모두 발생하는 경우, H와 L 트래픽의 부하를 각각 0.3으로 고정시키고 I 트래픽 발생 노드를 점차 증가시킨 경우의 시뮬레이션 결과이다.

그림에서 H 트래픽과 L 트래픽에 해당하는 그래프는 지연시간을 나타내며, I 트래픽에 해당하는 그래프는 지연시간 편차를 표시하고 있다. I 트래픽의 지연시간 편차는 부하가 증가함에 따라 서서히 증가하나 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있다. 그리고 블럭킹 기법이 적용되어 통신망의 허용 대역폭 이내로 I 트래픽 발생 노드수를 유지하게 되므로 지연시간 편차는 더 이상 증가하지 않고 일정치 이내로 유지됨을 알 수 있다.

DMR-II 프로토콜은 비등시성 트래픽에 우선하여

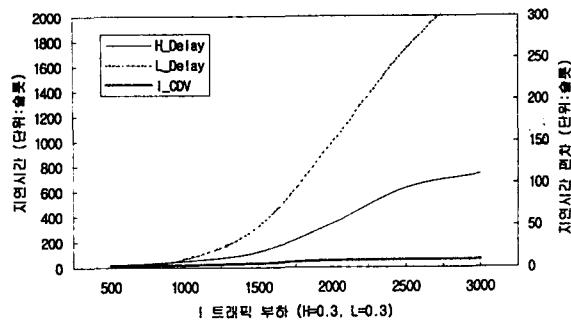


그림 5. I 트래픽 증가에 따른 지연 특성

Fig. 5 Delay Characteristics against the I-Traffic Increment

등시성 트래픽을 전송하므로, I 트래픽 부하가 증가하는 경우 H 트래픽과 L 트래픽의 전송은 억제되어 지연시간이 급격히 증가됨을 알 수 있다. 그러나 H 트래픽은 L 트래픽보다 우선하여 전송되고, 지연시간이 길어지는 경우 High 리셋이 발생하여 L 트래픽의 전송을 억제하게 되므로 H 트래픽의 지연시간은 L 트래픽에 비해 그 증가율이 낮은 편이다. 한편, I 트래픽이 블럭킹이 발생되는 시점부터는 I 트래픽 발생 노드수가 더 이상 증가하지 않으므로 H 트래픽의 지연시간도 포화되어 일정 수준을 유지함을 알 수 있다.

그림 6은 I 트래픽 발생 노드수를 1000 노드, 그리고 L 트래픽의 부하를 0.3으로 고정시킨 다음 H 트래픽의 부하를 점차 증가시킨 경우의 지연시간 및 지연시간 편차를 살펴본 그래프이다.

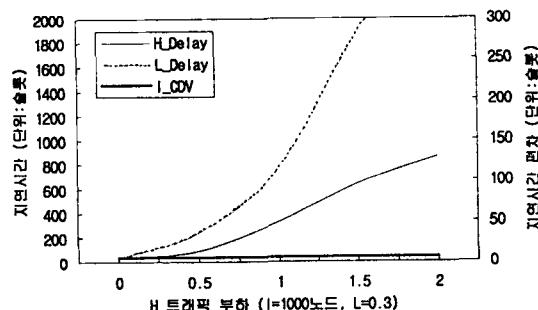


그림 6. H 트래픽 증가에 따른 지연 특성

Fig. 6 Delay Characteristics against the H-Traffic Increment

그림에서 DMR-II 프로토콜은 H 트래픽 부하가

증가하더라도 I 트래픽의 지연시간 편차는 일정한 값을 유지함을 알 수 있다. 이는 DMR-II 프로토콜의 특성상 I 트래픽의 지연시간 편차는 H 트래픽 부하의 영향을 전혀 받지 않음을 의미한다. 즉, DMR-II 프로토콜에서 I 트래픽은 지나는 슬롯에 H 트래픽이나 L 트래픽 정보가 담겨 지나갈지라도 I 비트가 '0'이기만 하면 슬롯 예약을 통하여 우선적으로 사용할 수 있으며, I 비트가 '1'인 예약 슬롯에 대해서는 빈 슬롯일지라도 H나 L 트래픽을 전송할 수가 없기 때문이다.

한편 H 트래픽의 지연시간은 부하가 증가함에 따라 점차 증가한다. 이는 H 트래픽이 I 트래픽을 위해 필요한 대역폭을 제공하고, 남은 대역폭에 대해 L 트래픽의 전송을 억제하면서 우선적으로 전송되기 때문에 지연시간을 일정치 이내로 보장받을 수 있다. 그러나 통신망에 H 트래픽이 과도하게 발생하는 경우에는 H 트래픽의 지연시간은 계속 증가하게 된다. 아울러 DMR-II 프로토콜은 I 트래픽과 H 트래픽을 우선적으로 보내므로 H 트래픽의 부하가 증가함에 따라 L 트래픽의 지연시간은 급격히 증가하게 된다.

그림 7은 I 트래픽 발생 노드수를 1000 노드로, H 트래픽 부하를 0.3으로 고정시킨 다음 L 트래픽의 부하를 점차 증가시킨 경우 지연시간 및 지연시간 편차를 보여주는 그래프이다.

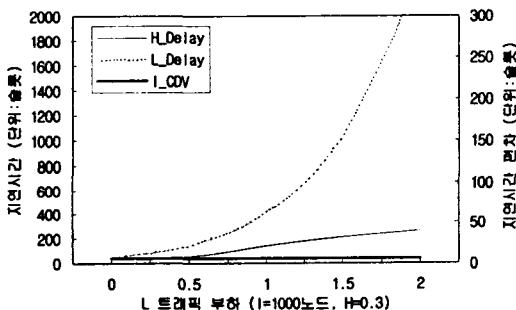


그림 7. L 트래픽 증가에 따른 지연 특성
Fig. 7 Delay Characteristics against the L-Traffic Increment

이 그림에서 볼 때 DMR-II 프로토콜은 L 트래픽의 부하가 증가할지라도 I 트래픽의 지연시간 편차는 전혀 영향을 받지 않고 일정한 값을 유지함을

알 수 있다. 그리고 H 트래픽의 지연시간도 L 트래픽의 전송 억제를 통하여 우선적으로 전송되므로 L 트래픽의 증가에 관계없이 낮은 지연시간을 보여주고 있다. 아울러 가장 낮은 우선순위를 갖는 L 트래픽의 지연시간은 L 트래픽의 증가에 따라 급격히 증가하였다.

V. DMR-II 프로토콜의 효율

통신망의 사용 효율도 프로토콜의 성능을 나타내는 중요한 인자이다. 그림 8은 H 트래픽과 L 트래픽의 부하를 각각 0.3으로 고정시키고, I 트래픽 발생 노드 수를 점차 증가시킨 경우 통신망 사용 효율을 나타낸 그래프이다.

이 그림에서 볼 때 I 트래픽의 부하에 따라 효율도 점차 증가하게 되며 약 130% 정도에서 포화 상태가 되었다. DMR-II 프로토콜은 수신측에서 정보를 수신한 다음 빈 셀로 만들게 되므로 셀의 재사용이 가능하다. 따라서 송신측 제거 기법으로 통신망 대역폭을 최대로 사용하는 경우를 100% 효율로 가정할 때, DMR-II 프로토콜은 100% 이상의 효율을 보이게 된다. 만약 DMR-II 프로토콜의 특징으로 언급된 양방향 통신 기능, 즉 하나의 슬롯을 예약하여 두 등시성 노드간에 양방향 통신이 이루어지는 점을 별도로 취급하는 경우에는 통신망의 사용 효율은 더욱 증가하게 될 것이다.

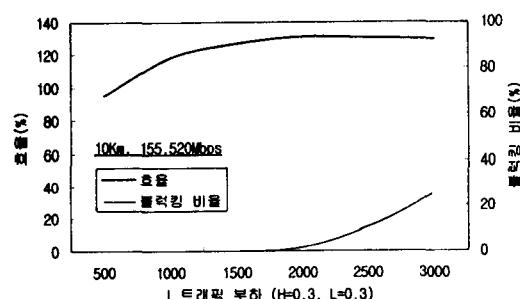


그림 8. I 트래픽의 증가에 따른 효율 및 블록킹 비율
Fig. 8 Network Utilization and Blocking Rate against the I-Traffic Increment

I 트래픽 발생 노드수가 점차 증가하여 통신망 대역폭 이상으로 트래픽이 발생되는 경우, DMR-II 프

로토콜은 블럭킹 기법을 적용하여 새로운 연결 설정 요구를 받아들이지 않게 된다. 따라서 블럭킹 되는 비율은 그림 8에 제시된 바와 같이 약 2000노드 근처에서 점차 증가하였다.

이러한 블럭킹 비율은 블럭킹에 적용되는 임계치에 따라 달라지게 된다. 즉 임계치를 낮은 값으로 설정하는 경우에는 블럭킹 확률이 높아지는 반면, 연결 설정된 서비스에 대해서는 고품질의 서비스를 제공할 수 있다. 이와 반대로 임계치를 높은 값으로 설정한 경우에는 블럭킹 확률은 낮아지지만 동시성 트래픽에 대한 서비스 품질을 저하시키게 된다. 따라서 블럭킹 기법에 적용될 임계치 설정은 사용자에게 제공하고자 하는 서비스 품질에 따라 적절한 값을 선택하여야 할 것이다.

그림 9는 H 트래픽의 증가에 따른 효율을 나타낸 그래프이다. I 트래픽 발생 노드 수를 증가시킨 경우와 마찬가지로 효율은 점차 증가하다가 135% 정도에서 포화됨을 알 수 있다. 한편, 이 경우에는 동시성 트래픽 발생 노드 수가 1000이고, 동시성 트래픽은 비동시성 트래픽의 증가에 대해 아무런 영향을 받지 않으므로 블럭킹이 발생하지 않았다.

그리고 그림 10은 L 트래픽의 증가에 따른 효율을 나타낸 그래프이다. 이 경우에도 마찬가지로 부하가 증가함에 효율은 점차 증가하게 되며 125% 정도에서 포화 상태가 발생되었다. 또 동시성 트래픽은 비동시성 트래픽의 증가에 영향을 받지 않으므로 동시성 트래픽에 대한 블럭킹 현상은 발생되지 않았다.

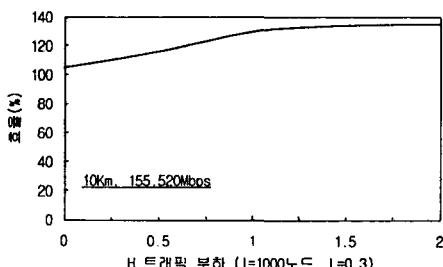


그림 9. H 트래픽 증가에 따른 효율
Fig. 9 Network Utilization against the H-Traffic Increment

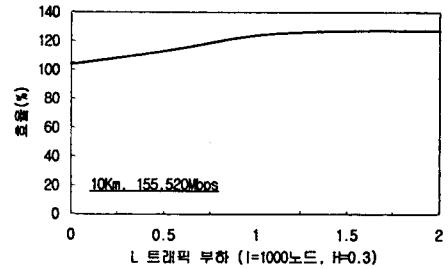


그림 10. L 트래픽 증가에 따른 효율

Fig. 10 Network Utilization against the L-Traffic Increment

VI. 결 론

본 논문에서는 제 I 부에서 제시한 DMR-II 공유 매체 접속 제어 프로토콜을 ATM 액세스망 환경에 이용하는 경우를 고려하여 시뮬레이션과 해석적 방법을 통해 지연시간, 지연시간 편차, 그리고 통신망의 사용 효율 특성을 분석하였다.

성능 분석 결과 DMR-II 프로토콜은 ATM 액세스망 환경에서 동시성 트래픽의 지연시간 편차를 일정치 이내로 유지함을 알 수 있었다. 이는 통신망 내에 동시성 트래픽이 증가하게 되면 블럭킹 기법이 적용되어 동시성 트래픽의 양을 통신망의 허용 대역폭 이내로 유지할 뿐만 아니라 슬롯 예약 기법을 적용함으로써 지연시간 편차를 일정하게 유지하기 때문이다. 비동시성 트래픽에 대해서는 두 단계의 우선 순위 서비스를 제공하여 높은 우선 순위 트래픽에 대해서는 낮은 우선 순위 트래픽을 다소 억제하여 지연시간을 어느 정도 만족시켜 줄 수 있었다. 그리고 DMR-II 프로토콜은 수신측 제거 기법을 사용하기 때문에 통신망의 사용 효율은 통신망 부하가 증가함에 따라 점차 증가하여 최대 120~130% 정도에서 포화됨을 알 수 있었다.

이러한 특성을 갖는 DMR-II 프로토콜은 기존 프로토콜에 비해 비교적 간단하므로 음성과 데이터 서비스를 위주로 하는 ATM 기반의 액세스망 환경에서 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 황민태, 이정태, “음성/데이터 통합서비스용 DMR-II 프로토콜의 설계 및 구현,” 한국정보과학회 논문지(C), Vol. 1, No. 1, pp 88~100, 1995.
- [2] K. Imai, “ATMR: Ring Architecture for Broadband Networks,” Proceedings of GLOBECOM '90 San Francisco, USA, pp 1734 ~ 1738, June 1990.
- [3] J. S. Chen and I. Cidon, “A Local Fairness Algorithm for Gigabit LAN's/MAN's with Spatial Reuse,” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 11, No. 8, pp. 1183~1192, Oct. 1993.
- [4] B. Prisker, Introduction to Simulation and SLAM, Halsted Press Book and System Publishing Corporation, 1979.
- [5] B. W. Abeysekara and A. E. Kamal, “High-Speed Local Area Networks and their Performance: A Survey,” ACM Computing Surveys, Vol. 23, No. 2, June 1991.
- [6] I. Cidon and I. Gopal, “MetaRing - A full-duplex ring with fairness and spatial reuse,” IEEE Trans. of Communication, Vol. 41, No. 1, pp. 110~120, Jan. 1993.
- [7] Y. Fuwa and S. Tasaka, “Register-Insertion Type Slotted Rings: A Performance Analysis,” IEEE Infocom'91, pp 191~201, 1991.
- [8] L. Georgiadis, R. Cuerin, and I. Cidon, “Throughput Priorities of Fair Policies in Ring Networks,” IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 1, No. 6, pp. 718~728, Dec. 1993.
- [9] A. Kamal and V. Hamacher, “Utilizing Bandwidth Sharing in the Slotted Ring,” IEEE Transactions on Computers, Vol 39, No. 3, pp 289~299, Mar. 1990.
- [10] P. King and I. Mitran, “Modeling a Slotted Ring Local Area Network,” IEEE Transactions on Computers, Vol. C-36, No. 5, pp 554~560, May 1987
- [11] I. Rubin and H. T. Wu, “FECCA - A New Access Algorithm for an ATM Ring Network with Destination Removal,” IEEE INFOCOM'93, pp 368~375, 1993.
- [12] M. Z. Vukotic and I. G. Niemegeers, “Performance Modelling of the Orwell Basic Access Mechanism,” ACM SIGCOMM'87, Vol. 17, No. 5, pp 35~48, Aug. 1987.
- [13] M. Z. Vukotic, I. G. Niemegeers and D. S. Valk, “Performance Analysis of Slotted Ring Protocols in HSLAN's,” IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 6, No. 6, pp 1101~1024, July 1988.
- [14] M. Z. Vukotic and I. G. Niemegeers, “Performance Modelling of a HSLAN Slotted Ring Protocol,” Proc. ACM SIGMETRICS'88, Santa Fe, NM, May 1988.



황 민 태(Min-Tae Hwang)

1990년 부산대학교 전자계산기
공학과(학사)

1992년 부산대학교 컴퓨터공학과
(공학석사)

1996년 부산대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1996년~현재 한국전자통신연구원 표준시험연구팀
선임연구원

관심분야: 고속통신망 프로토콜 표준 및 상호운용성 시
험, 맥내 통신망 프로토콜, ATM 프로토콜



김 장 경(Jang-Kyung Kim)

1980년 연세대학교 전자공학과(학사)
1989년 Iowa State Univ. Computer
Engineering (M.S.)

1992년 Iowa State Univ. Computer
Engineering (Ph.D.)

1980년~1986년 국방과학연구소 연구원

1994년~1995년 미국 Univ. of Maryland 파견 국제
공동연구 수행

1992년~현재 한국전자통신연구원 표준시험연구팀
팀장/책임연구원

관심분야: 고속통신망 프로토콜 표준, 맥내 통신망
프로토콜, 고성능 시스템 구조, 컴퓨터
통신 프로토콜 상호운용성 시험



01 정 태(Jung-Tae Lee)
1976년 부산대학교 전자공학과
(학사)
1983년 서울대학교 컴퓨터공학
과(석사)
1988년 서울대학교 컴퓨터공학
과(박사)

1976년~1984년 한국전자통신연구소 선임연구원
1985년~1988년 동아대학교 전산공학과 조교수
1988년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
1992년~1993년 일본 NTT 연구소 초빙연구원
관심분야: 고속통신망 프로토콜, 하드웨어 기반 TCP/IP
프로토콜, ATM 프로토콜