

# 통합링크기능을 가진 매체접근제어기용 프레임 분배방식의 성능분석

정회원 전 우 정\*, 윤 종 호\*

## Performance of Frame Distribution Schemes for MAC Controllers with the Link Aggregation Capability

Wu-Jeong Jun\*, Chong-Ho Yoon\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 LAN의 대역폭을 증가 시키기 위하여, 여러 개의 링크를 논리적인 하나의 링크처럼 동작하도록 하는 다중링크통합(link aggregation)기술에 대한 것이다. 우리는 망 구성에 따라 이 기술의 동작방식이 상이함에 착안하여, 두 가지의 새로운 프레임 분배방식을 제안하고 SIMULA를 이용한 모의실험으로 성능을 분석하였다.

먼저, LAN스위치와 스위치간에 적용 가능한 동적 프레임 분배방식을 제안하였다. 이 방식은 특정 포트로 집중되는 프레임들을 분산시키기 위하여 가장 이용율이 낮은 링크를 동적으로 추가하는 것으로서, 링크 추가시 프레임들의 전달순서를 지킬 수 있도록 특별한 플러쉬 버퍼를 사용하였다. 모의실험 결과, 프레임간의 순서가 유지되면서도 스위치의 내부 버퍼에서의 프레임 폐기율이 기존 방식에 비해 감소됨을 확인하였다.

그리고, 단말과 단말간에 다중링크가 사용된 경우, 수신된 프레임들 간의 순서 뒤바뀜 문제에 대한 해결책으로 패딩 방법과, 태깅 방법, 프레임 분할 방식 등의 세가지의 프레임 분배방식을 제안하고 성능을 분석하였다. 이러한 세가지 방법 중에서 프레임 분할방식이 가장 성능면에서 우수함이 모의실험결과에서 알 수 있지만, 패딩 방식도 구현관점에서 장점이 있다.

### ABSTRACT

This paper deals with the IEEE802.3 link aggregation technology which enables to increase the bandwidth of LAN by emulating several physical links as a single link. Noting that the operation of the technology is depending on LAN configurations, we propose two tframe distribution schemes, and analyze their performance using SIMULA.

For the link aggregation between switches, or between a switch and a server, we first present a dynamic frame distribution scheme. When a specified port encounters a heavy traffic, this method allocates the least utilized link to handle the traffic in parallel. To keep the frame order while the new link being allocated, we employ a special flush buffer. From the simulation results, we can show that the proposed scheme can achieve lower frame loss rate than the generic technology.

For the link aggregation between end systems, we also note that the out-of-order frame delivery might be the crucial problem. To keep frame orders, we present three methods such as padding, tagging, and segmentation. From the simulation results, one can see that the segmentation method outperforms among others, and the padding method might also be advantageous on its feasibility.

\* 한국항공대학교 항공통신정보공학과  
논문번호: 00107-0323, 접수일자: 2000년 3월 23일

## I. 서론

최근 기가비트 이더넷이 등장함으로써 고속의 네트워크가 가능하게 되었다<sup>1)</sup>. 그러나, 네트워크가 고속으로 진화됨과 동시에 네트워크에 제공되는 데이터의 양도 폭발적으로 증가하게 되어 기가비트망에서도 여전히 네트워크상의 병목현상이 남아있다.

따라서, 현재 사용할 수 있는 고속 이더넷이나 기가비트 이더넷을 활용하여 보다 고속의 네트워크를 구현하기 위하여, IEEE802.3에서 표준화를 진행중인 다중링크 통합(link aggregation)방식은 여러 개의 고속 이더넷 및 기가비트급의 링크를 통합하여 마치 하나의 링크로 이루어진 것처럼 사용하는 기술이다. 이것은 스위치 또는 라우터 사이, 서버와 연결된 스위치나 라우터, 또는 단말사이의 연결에서 적용될 수 있으며, 실제 상용화된 제품도 있다 [3-5][8].

다중링크 통합방식은 <그림 1>과 같이, 이 방식을 지원하는 시스템 사이에 여러 개의 물리적 링크가 연결되어 있고, 이를 논리적으로 하나의 링크처럼 사용하기 위한 하나의 매체 접근 제어(Medium Access Control:MAC) 계층을 갖는다.

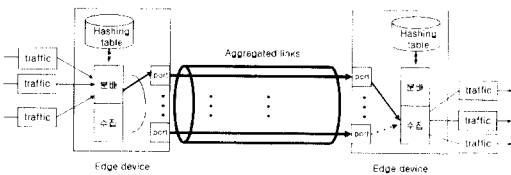


그림 1. 다중링크 통합 기능부의 동작.

이러한 다중링크 통합방식을 사용하는 경우, 데이터를 전송하고자 하는 사용자 측면에서는 논리적으로 통합된 다중링크를 하나의 링크로 인식하므로, 다중링크 통합방식을 지원하는 시스템에서는 링크계층에 다중링크 통합기능부를 두어 적절한 분배방식을 이용하여 프레임들을 다중의 물리적 링크로 분배하여 전송해야 한다. 하지만, 현재 진행되고 있는 다중링크 통합 표준안에서는 이 통합기능부용으로 특정한 프레임분배 및 수집방식을 규정하지 않기로 하였기 때문에 임의의 프레임분배방식이 적용될 수 있다. 본 논문은 바로 이점에서 착안한 것이다<sup>2)[6][9]</sup>.

다중링크 통합방식에 대하여 검토한 결과, 우리는 이러한 다중링크 통합방식이 두 가지의 망구성방식, 즉, LAN스위치간 연결의 경우와 단말간 연결에 각

각 사용될 경우에 상이한 프레임 분배방식이 필요함을 알았다.

먼저, LAN 스위치와 LAN스위치간 연결에서는, 다수의 단말로부터 수신되는 이더넷 프레임들간 순서를 지키면서 다중링크기능의 장점을 활용하기 위해서는 이 프레임들의 최종 수신 단말의 MAC주소에 따라 프레임을 각 링크로 분배하면 된다. 즉, 스위치의 통합링크분배부의 분배기능부는 중계할 프레임의 송신측 단말의 MAC 주소에 대한 해싱 함수를 통하여 6바이트의 MAC주소를  $N$ 개의 출력링크 중 한개를 선택하도록 하여 이 프레임을 전송하는 방법이다<sup>7)</sup>. 이때 사용되는 해싱함수는  $48:N$ 의 매핑함수로서, 예를들어, 48비트의 MAC주소에 대한  $\log_2 N$  비트의 Exclusive OR함수를 사용하면 된다. 이상적인 경우,  $M(M>N)$ 개의 단말들이  $N$ 개의 링크로 통합된 스위치에 접속되어 있을 때,  $M/N$ 개의 단말들은 하나의 호스트 그룹으로 묶여지고, 이 그룹에 속한 MAC프레임들은 최종 수신단말측 주소에 따라  $N$ 개의 링크 중 하나를 통하여 순서가 유지되면서 송신된다. 이러한 MAC주소에 의한 프레임 분배 방법은 간단하기는 하지만, MAC 주소 분포가 균등하지 않은 경우, 특정 링크로의 프레임 집중화 현상이 발생하여 링크의 효율이 떨어지는 문제가 있다. 또한, 특정 단말로부터의 전송이 아주 많은 경우, 이 단말은  $N$ 개의 링크 중에서 1개만 고정적으로 할당받게 되므로, 사용자 입장에서는 통합링크에 의한 장점을 실감할 수 없는 문제점이 있다.

반면에, 단말과 단말간 연결 즉, 일대일 연결에 다중링크 통합기술을 적용하는 경우, MAC주소에 따른 첫번째 분배방식을 사용하는 경우 특정링크 하나만 할당받기 때문에 다중링크통합기술의 장점을 활용할 수 없다. 이에 해결방안의 하나로서, 송신측의 분배기능부는 자신의 상위계층 프로토콜 종류에 따라 분배하는 방법을 고려해 볼 수 있다. 하지만, 대용량의 파일을 전송하는 경우, 즉 단일 상위계층 프로토콜만 연속 사용될 경우, 역시 하나의 물리적 링크만 이용될 수 밖에 없다.

이 방법 대신에, 상위계층 종류와 무관하게 송신 단말과 수신단말간에  $N$ 개의 물리적링크 전체에 순차적으로 프레임을 송신하도록 하여, 모든 링크를 동시에 사용하는 방법도 고려해 볼 수 있지만, 각각의 링크를 통하여 전송되는 프레임의 길이에 따라서 수신측 단말에 도착하는 프레임의 순서가 보장받지 못하는 문제가 발생하므로 이것을 해결해야 한다.

본 논문에서는, 이러한 두가지 망 구성 방식에 대하여, 다중링크통합방식이 적용될 경우에 대한 앞의 문제점을 해결할 수 있는 방안을 각각 제시하고 성능을 분석하였다.

먼저 LAN 스위치와 LAN스위치간에 다중링크통합방식이 사용될 경우에 적용 가능한 동적 프레임 분배방식을 제안하였다. 이 방식은 특정 포트로 집중되는 프레임들을 분산시키기 위한 링크를 동적으로 추가하는 것으로서, 링크 추가시 프레임들의 전달순서를 지킬 수 있도록 특별한 플러쉬 버퍼를 사용하였다. 그리고, 단말과 단말간에 다중링크가 사용된 경우, 수신된 프레임들 간의 순서 뒤바뀔 문제에 대한 해결책으로 패딩 방법과, 태깅 방법, 프레임 분할 방식 등의 세가지의 프레임 분배방식을 제안하고 성능을 분석하였다.

본 서론에 이어, 제 II 장에서는 LAN 스위치와 LAN스위치간에 적용 가능한 동적 프레임 분배 방식을 제안하였으며, 이어서 단말과 단말간 연결에서의 프레임 전송시 순서 뒤바뀔 문제에 대한 3가지 해결방안을 제 III장에서 제시 한다. 제 VI장에서는 제안된 두가지 방식들에 대한 성능분석을 하고, 마지막으로 제 V 장에서 결론을 맺는다.

## II. 스위치와 스위치간의 효율적인 동적 프레임 분배 방식

먼저, MAC주소에 따른 분배방식이 적용 가능한 스위치와 스위치 간의 통합링크 연결시, 특정 단말로 부터의 전송이 아주 많은 경우 이 단말로 부터의 프레임들이 N개의 스위치 출력 링크중 한 링크로만 집중되거나, MAC주소 분포의 불균형에 따라 고정된 해싱함수에 의해 특정링크만 선택되어 통합링크기술의 잇점을 살릴 수 없다. 이 경우에 대한 해결책으로서, 동적프레임 분배방식을 제안한다.

제안된 동적프레임 분배방식은 특정 링크에 MAC프레임들이 집중되는 경우 해당 호스트그룹에 대하여 추가의 출력링크가 더 할당되도록 한다. 이때, 추가되는 링크는 N-1 개의 출력링크 중 일정기간 동안 링크의 이용율이 가장 낮은 것이 선택되도록 한다.

이때, 고려해야 할 사항은 다음과 같다. 1) 지금까지 한 링크로 전송되던 한 호스트 그룹에 속하던 MAC프레임들을 두개의 링크상에 재 분배하여 전송하기 위하여, 추가의 해싱기능이 필요하다. 2) 지금까지 한 링크로 전송되던 MAC프레임들의 흐름

을 두개의 흐름으로 나눌 때, 전송되는 프레임의 순서가 뒤바뀔 수 있으므로, 프레임의 순서를 유지하기 위한 기능이 필요하다.

<그림 2>는 이러한 사항을 고려하여 설계한 동적 프레임 분배 알고리즘이 적용되는 다중링크 통합기능부의 구성을 도시한 것이며, 구성요소는 다음과 같이 두가지이다.

- 48:2 해싱기능부
- Queue control/flush 기능부

먼저, 해싱기능부는 48:2 의 해싱함수가 추가된 것으로서, 하나의 링크로 송신되던 MAC프레임들이 두개의 링크중에서 선택된 하나의 출력링크로 분배되어 송신되도록 한다.

그리고, Queue control기능은 스위치의 출력버퍼에 임계값을 설정하고, 집중되는 프레임에 의하여 이 임계값이 초과하면, 추가 링크 할당 동작이 개시되도록 한다. 이때, N-1 개의 출력링크 중 일정기간 동안 링크의 이용율이 가장 낮은 것이 선택되도록 한다. 하지만, 이렇게 추가 선택된 링크에 프레임들을 즉시 분산시키는 경우, 집중되던 출력포트의 버퍼에서 송신을 기다리던 프레임들과 이들 보다 나중에 송신측 스위치에 유입될 프레임들이 새로 할당받은 다른 링크로 송신될 때 이들 프레임간에 전달순서가 어긋날 수 있으므로, 다음과 같이 해결한다.

먼저, 추가의 링크가 선택되는 즉시, 기존 해싱함수에 의해 결정된 링크를 사용하도록 결정되면, 새로 유입되는 프레임들을 플러쉬 버퍼에 일시 저장한다. 하지만, 기존 링크의 출력버퍼에 송신을 기다리던 프레임들은 계속 기존 링크상에서 전송된다. 이 프레임들의 전송이 완료되는 즉시, 송신측은 IEEE802.3ad표준안에 규정된 marker PDU를 해당 링크를 경유하여 상대방 스위치에 송신하고 marker response PDU를 기다린다. 수신측 스위치는 marker PDU를 받으면, 자신의 해당 입력포트의 버퍼에 저장된 프레임들을 모두 처리한 뒤, marker response PDU로 응답한다. 이 응답 PDU를 수신한 송신측 스위치는 플러쉬 버퍼에 있던 프레임들에 대하여 추가의 48:2 해싱함수로 재 분배하여 두 배로 증가된 출력 링크로 분배될 수 있도록 한다. 물론, 플러쉬 버퍼가 완전히 비워지기 전에는 집중되는 프레임들이 모두 플러쉬 버퍼에 저장된다. 플러쉬 버퍼가 완전히 비워진 이후에 시스템에 들어오는 프레임들은 갱신된 해싱테이블에 의해 플러쉬 버퍼를

경유하지 않고 직접 출력포트버퍼로 직행한다.

이렇게 함으로서, 제안된 동적 분배 방식은 특정 링크로 프레임이 집중되는 경우 가장 이용율이 낮은 링크를 추가함으로서, 전체적인 링크의 효율을 증가시킬 수 있으며, 이 과정에서의 프레임 순서도 보장할 수 있다.

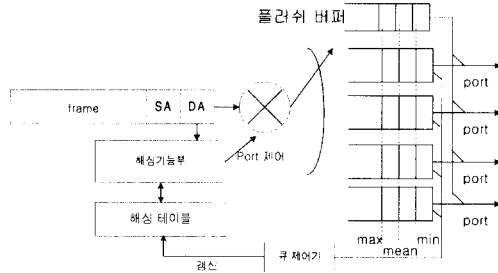


그림 2. 동적 다중링크 통합 기능부의 프레임 분배 모듈.

### III. 단말과 단말간의 효율적인 프레임 분배 방식

단말과 단말간 연결 즉, 일대일 연결에 적용하는 경우, MAC주소에 따른 분배방식을 사용할 수 없다. 가급적 통합링크방식의 장점을 살리기 위하여, 송신단말과 수신단말간에  $N$  개의 물리적링크 전체에 순차적으로 프레임을 송신하도록 하여, 모든 링크를 동시에 사용하는 방법이 사용될 수 있지만, 각각의 링크를 통하여 전송되는 프레임의 길이에 따라서 수신측 단말에 도착하는 프레임의 순서가 뒤바뀌는 문제가 발생하므로 본 논문에서는 프레임의 순서가 유지되도록 다음과 같은 세가지 방안을 제안한다.

첫번째는 패딩 방식으로, 서로 다른 길이를 갖는 프레임에 대해 프레임의 길이에 상관없이 최대 프레임길이를 만들어 전송하는 방식으로서, 송신측에서 일정크기의 프레임을 만들어 분배기를 통해 각 링크로 전송하므로 프레임의 순서가 지켜질 수 있다. 또한, 수신측에서는 프레임의 길이 정보를 보고 수신된 프레임의 패딩 부분을 제외한 나머지 데이터 부분만을 상위 계층에 전달할 수 있다. 이 방식은 구현이 간단하다는 장점이 있으나, 모든 전송되는 프레임을 최대 프레임길이를 패딩하므로써 작은 길이의 프레임에 대해서는 비효율적일 수 있다.

두번째 방법은, 전송되는 프레임에 전송순서를 표시하는 헤더를 덧붙여서 전송하는 태깅방법이다. 송신측은 전송되는 각각의 프레임에 순서를 할당하

고, 분배기는 순서에 상관없이 링크를 통해서 전송하도록 한다. 수신측은 순서에 상관없이 도착하는 프레임에 대해 프레임의 헤더에 있는 순서 정보를 이용하여 재정렬한 후 상위계층으로 전달한다. 이 방식은 작은 크기의 헤더를 이용하여 순서 정보를 상대방 수신측에 전달하므로써 송신측에서는 프레임의 순서와 상관없이 전송이 가능하지만, 수신측에서는 프레임의 순서를 재 조합 해야 하고, 표준 프로토콜을 수정해야 하는 등 구현이 복잡하다는 단점이 있다.

세번째 방법은 프레임을 일정크기로 분할 하는 방법이다. 송신측은 프레임을 일정한 크기로 분할하여 프레임의 정보를 갖는 헤더를 덧붙여서 각각의 링크를 통해 전송한다. 분할된 프레임은 수신측에서 원래의 프레임으로 재구성되어 상위계층으로 전달된다. 이 방식은 ATM처럼 송신측에서 프레임을 분할해야 하고, 또한, 수신측에서는 분할된 프레임을 재구성 하여야 하기 때문에 구현이 복잡하다는 단점이 있다.

### IV. 성능분석

#### 1. 스위치와 스위치간의 동적 프레임 분배 방식

먼저, 스위치와 스위치간의 연결시, 동적인 통합링크 할당방식에 대한 성능분석을 위하여 Linux PC 상에서 객체 지향언어인 SIMULA를 이용한 시뮬레이션을 실행하였다<sup>[10]</sup>.

시스템은 다음과 같이 모델링 되었다. 송신측과 수신측의 시스템은  $N = 4$ 개의 링크로 연결되어 있고, 각 링크는 프레임이 전송되는 동안 오류 없이 이상적으로 동작한다고 가정하였다. 각 프레임은 지수분포를 따르는 길이를 가지도록 발생시킨 다음 LAN 환경에서와 같은 프레임 형태를 얻기 위해 프레임의 최대 길이를 1500비트, 프레임의 최소 길이를 64비트로 제한하였다. 따라서, 발생된 프레임의 서비스 시간 분포는 이론적인 지수 분포를 따르지 않는다. 그리고, 특정링크로 프레임이 집중되는 상황을 가정하기 위해 1번 링크로 전송되는 프레임이 전체 발생하는 프레임의 50%가 되도록 하였다. 시뮬레이션에서는 수신측이 각각의 링크에 무한버퍼를 갖는 시스템으로 가정하였다. 그리고, 동적 다중링크 통합의 제어 프레임인 marker response PDU의 시스템 지연시간은 없다고 가정하였다.

제안된 동적 분배 방식과 기존 프레임 분배방식의 성능비교분석을 위하여 각 방식에 대한 프레

임의 폐기율을 각 링크별로 구하였다. 이때, 송신측 스위치의 각 링크별 출력버퍼 크기는 4K 바이트와 8K바이트 등 두가지의 시스템을 가정하였다. 그리고 동적 분배 방식이 적용되는 경우, 이들 출력 버퍼의 임계값들은 각각 3K 바이트와 7K바이트로 설정하였다.

<그림 3>과 <그림 4>는 각 링크별 출력버퍼의 크기가 4K바이트인 경우에 기존 방식과 동적분배방식에 대한 프레임 폐기율을 각각 도시한 것이다. 기존 방식에 비하여 제안된 동적분배방식을 사용한 경우 링크 1의 프레임 폐기율이 감소했음을 알 수 있다. 이것은 동적으로 프레임에 대한 링크 할당이 이루어 지는 경우, 1번 링크에 대한 부하가 줄어들기 때문이다.

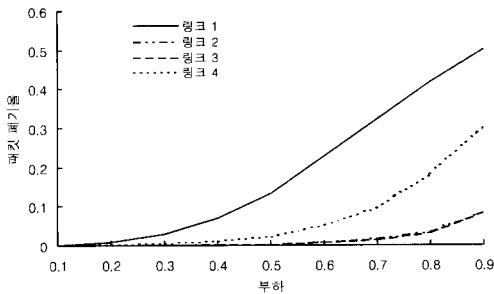


그림 3. 기존 정적 프레임 분배 방식의 프레임 폐기율 (버퍼크기 4K).

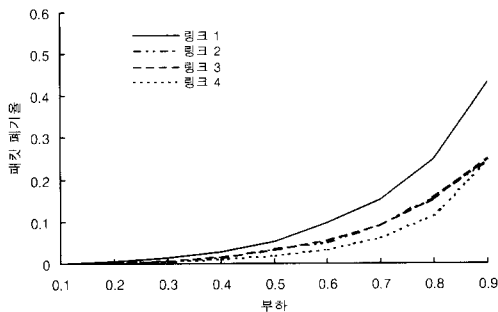


그림 4. 동적 프레임 분배 방식의 프레임 폐기율. (버퍼크기 4K)

<그림 5>와 <그림 6>은 각 링크별 출력버퍼의 크기가 8K바이트인 경우에 기존 방식과 동적분배방식에 대한 프레임 폐기율을 각각 도시한 것이다. 마찬가지로, 동적분배방식이 기존 프레임 분배 방식에 비해 1번 링크의 프레임 폐기율이 감소 하였음을 알 수 있다. 그러나, 2번과 3번의 링크에서의 프레임 폐기율을 비교하면 기존 방식에 비해 프레임 폐기율이 약간 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 1번 링크로 전송되던 프레임 중 일부가 동적 프레임 분배 방식에 의해 2번과 3번 링크로 전송되었기 때문이다. 하지만, 이러한 점은 1번 링크에서의 프레임 폐기율 감소로 얻어지는 이득에 비하여 미미하다고 할 수 있다.

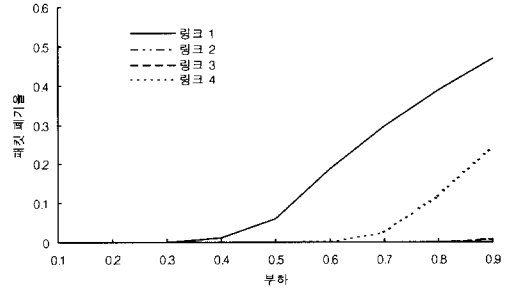


그림 5. 기존 정적 프레임 분배 방식의 프레임 폐기율 (버퍼크기 8K)

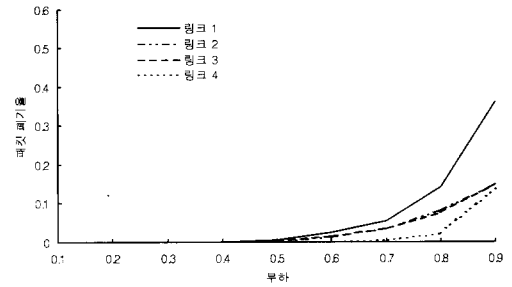


그림 6. 동적 프레임 분배 방식의 프레임 폐기율. (버퍼크기 8K)

<그림 7>은 기존의 프레임 분배 방식과 동적분배 방식의 통합 링크 전체의 프레임 폐기율을 비교한 것이다. 비록, 동적 프레임 분배방식을 적용한 경우 2번 3번 링크에서의 프레임 폐기율이 증가하더라도, 1번 링크에서의 프레임 폐기율 감소로 얻어지는 이득으로 인하여 전체 통합 링크에서는 더 나은 성능을 보임을 알 수 있다. 즉, 제안된 동적 분배 방식 적용시 전체 시스템의 프레임 폐기율이 기존 방식에 비해 낮음을 알 수 있다. 하지만, 부하가 0.9 정도의 높은 부하일 때에는 동적분배방식의 성능이 다소 떨어지는 문제가 있다. 이것은 동적으로 링크를 재분배할 때 수신측에서 자신의 버퍼를 다 처리한 다음 marker response PDU로 응답하는데 걸리는 지연시간에 의한 것이다.

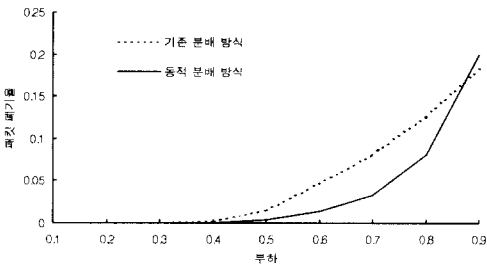


그림 7. 통합 링크 전체의 프레임 폐기율. (버퍼크기 8K).

## 2. 단말과 단말간의 프레임 분배 방식

단말과 단말사이의 연결에서 통합링크 전체를 사용하고자 하는 경우 본 논문에서 제안한 프레임의 순서 뒤바뀔 문제 해결 방안인 패딩, 태깅, 분할 방법 등 세가지 방법에 대한 성능을 비교 분석하기 위해 스위치와 스위치간의 실험환경과 동일하게 설정하였으며, 역시 SIMULA를 사용한 모의실험을 수행하였다.

성능비교를 위하여 평균 프레임 길이가 754바이트인 경우와 948바이트인 경우에 대하여 제안된 세가지 방법의 시스템 지연시간을 비교하였다. 여기서, 시스템 지연시간은 프레임이 송신측 시스템에 들어와서 링크를 통하여 전송된 후, 수신측에서 처리된 시간까지의 시스템 지연시간을 의미한다. 이는 태깅 방법의 경우에 수신측에서 순서 재배치를 위해 지연되는 시간까지 고려하기 위한 것이다. 그리고, 순서 재정렬 지연을 전혀 고려하지 않는 경우인 M/M/4 시스템의 결과를 이상적인 경우의 예로 사용하였다.

<그림 8>은 평균 프레임 길이가 754바이트인 경우의 시스템 지연시간을 비교한 것이다. 여기서 부하가 작은 경우, 패딩 방식은 M/M/4의 경우보다 약 2배의 시스템 지연시간을 나타내는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 태깅 방식의 경우 패딩 방식보다는 우수하나, 수신측에서의 순서 재정렬 과정 때문에 시스템 지연시간이 증가 됨을 확인 할 수 있다. 프레임 분할의 경우는 부하가 작을 때 정규화된 시스템 지연시간이 1 이하임을 알 수 있으며, 더욱이, 순서에 상관없이 프레임을 보내는 M/M/4와 비교해도 훨씬 우수한 특성을 나타낸다. 이것은 전송될 프레임이 시스템에 들어온 경우 송신측은 이 프레임을 일정크기로 분할하여 4개의 링크를 통하여 동시에 전송하는 반면, M/M/4 시스템에서는 한 프레임이 하나의 링크 상으로만 전송되기 때문이다. 그러나 부하가 1에 가까워 질수록 수신측에서 프레임을 재 조

합해야 함으로서 지연되는 시간으로 인해 이상적인 M/M/4 시스템에 비해 좋지 않음을 알 수 있다.

<그림 9>는 평균 프레임 길이가 다소 길어진 948 바이트인 경우, 세가지 방법에 대하여 시스템 지연 시간을 비교한 것으로서, 평균 프레임 길이가 길어지는 경우 패딩의 경우 평균 길이가 짧은 <그림 8>의 경우보다는 양호한 결과를 보인다. 이것은 짧은 프레임의 경우에 비하여 패딩부분의 overhead가 감소하기 때문이다.

성능 비교 결과 프레임의 순서가 뒤바뀌지 않고 프레임을 분배하기 위해서는 프레임을 분할하는 방식이 가장 좋은 것임을 알 수 있다. 그러나, 분할 방식이나 태깅방식은 시스템 구현이 복잡하다는 제약조건이 있다. 반면에, 송신측에서 보내고자 하는 데이터가 매우 큰 파일과 같은 데이터인 경우 전송되는 데이터 파일의 대부분이 최대 프레임길이를 가지므로 비교적 구현이 간단한 패딩 방법이 제안한 세가지 방법 중 구현 관점에서 유리할 수 있다.

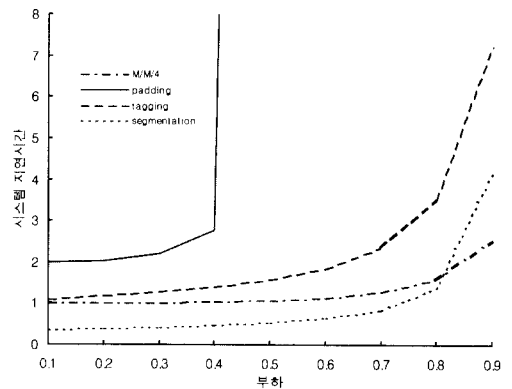


그림 8. 평균 프레임 길이가 754바이트인 경우의 시스템 지연시간 비교

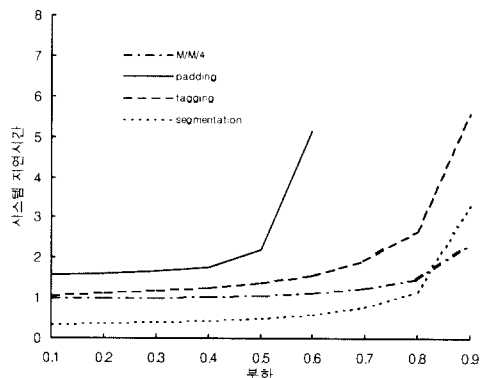


그림 9. 평균 프레임 길이가 948바이트인 경우의 시스템 지연시간 비교

V. 결론

본 논문에서는 여러 개의 링크를 논리적인 하나의 링크처럼 사용하는 링크 통합(link aggregation)의 개념과 구성, 그리고 동작을 기술한 다음, 스위치와 스위치간 MAC주소에 따른 프레임 분배방식에서, 특정 링크로 프레임이 집중되는 경우를 방지할 수 있는 동적 프레임 분배 방식을 제안하고, 성능을 분석하였다. 또한, 단말과 단말간 프레임 전송시 발생할 수 있는 프레임의 순서 뒤바뀜 문제에 대한 3가지 해결 방안을 제안하고 성능을 비교, 분석하였다

동적 프레임 분배 방식의 성능 분석에서는, 특정 포트로 집중되는 프레임들에 동적으로 하나의 링크를 더 할당 해 줌으로서 전체적으로 링크가 갖는 부하가 감소하여 프레임 폐기율이 감소하는 것을 확인 하였다. 동적 프레임 분배 방식이 적용된 스위치에서는 플러시 버퍼의 사용으로 인한 구현 상의 복잡성이 다소 있으나, 수 기가비트 이상의 전송 속도가 요구되는 상황에서 사용자의 요구에 맞는 속도를 제공할 수 있다는 측면과, 더욱 고속의 링크에서도 응용할 수 있는 기술이므로 수 기가비트 이상의 네트워크 장비 개발에 따르는 비용을 고려하여 볼 때, 동적 프레임 분배 방식이 실제 응용 시스템 구현에 유리할 것이다.

그리고, 단말과 단말간 프레임 전송시 프레임 순서 뒤바뀜 문제 해결방안의 성능 분석 결과, 프레임을 분할하여 전송하는 방식과 태깅 방식이 패딩 방식에 비하여 프레임의 분배시간이 짧으므로, 성능이 우수함을 알 수 있었다. 하지만, 이와 같은 프레임 분할이나 태깅과 같은 경우는 복잡한 시스템을 구현하여야 하는 제약조건이 있다. 따라서, 프레임의 길이에 관계없이 최대 프레임 길이로 전송하는 패딩방식은 다른 방식들에 비하여 전송 효율이 낮은 문제점이 있지만 큰 길이의 데이터 파일 전송 같은 경우에는 대부분의 프레임이 최대 길이를 가지므로 충분한 성능을 달성할 수 있고 구현이 가장 간단한 장점이 있다.

이러한 다중 링크 통합기능은 기 개발된 MAC기술을 이용하여 보다 고속의 링크를 제공할 수 있는 기술로서 토큰 링 시스템이나 FDDI 및 무선링크 등의 이더넷과 다른 전송방식에서도 응용될 수 있으므로, 앞으로도 많은 연구가 필요한 분야임에 틀림없다.

참고 문헌

- [1] Vijay Moorthy, "Gigabit Ethernet," Computer and Information Science of Ohio State University, August 1997.
- [2] Chi-Chung Hui, "BALANCE-A Flexible Parallel Load Balancing System for Heterogeneous Computing Systems and Networks," Department of Computer Science, The Hong Kong University, 1996.
- [3] "Sun Trunking 1.2," Sun Microsystems White Paper, 1999.
- [4] "Fast EtherChannel," Cisco Systems White Paper, 1997.
- [5] Bruce Tolley, "3Com Link Aggregation and Support for IEEE802.3ad," 3Com, Oct. 1998.
- [6] "Link Aggregation and Trunking," IEEE802.3 LMSC Tutorial, Aug. 1997.
- [7] Norman Finn, "Port Aggregation Protocol," IEEE 802.3 Study Group Interim meeting, April 1998.
- [8] "IEEE Draft P802.3ad/D2.1," IEEE802.3ad Link Aggregation Task Force, Oct. 1999.
- [9] Ka Cheong Leung, "A Resequencing Model for High Speed Networks," The Hong Kong University, 1999.
- [10] G.M Birtwistle, O-J Dahl, B. Myrhaug, K Nygaard, "Simula Begin," Petrocelli/Charter, 1973.

전 우 정(Wu-Jeong Jun)

1995년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 졸업(공학사)

2000년 2월 : 한국항공대학원 항공통신정보공학과 졸업(공학석사)

2000년2월~현재 : 삼성전기 (주) Digital&Network 기술영업팀

<주관심 분야> LAN시스템 개발, 성능분석, 무선 네트워크 시스템

윤 종 호(Chong-Ho Yoon)



1984년 2월 : 한양대학교

전자공학과 졸업

(공학사)

1990년 8월 : 한국과학기술원

전기및전자공학과 졸업

(공학석사/공학박사)

1991년 ~ 현재 : 한국항공대학교 전자정보통신컴퓨터  
공학부 부교수

<주관심 분야> LAN시스템 개발, 성능분석, 응용