

FDDI 기반 경성 실시간 통신에서의 비동기 대역폭을 이용한 오류 제어 기법의 설계 및 성능 평가

이 정 훈
jhlee@venus1.cheju.ac.kr

진 용 문 ◦
ymjin@venus1.cheju.ac.kr
제주대학교 자연과학대학 전산통계학과

Design and performance analysis of an error control scheme via asynchronous bandwidth on FDDI-based hard real-time communication

Junghoon Lee Yongmoon Jin
Dept. of Computer Science and Statistics, Cheju National University

요 약

본 논문은 FDDI에 기반한 경성 실시간 통신에서 비동기 대역폭을 이용한 오류 제어 기법을 제안하고 성능을 평가한다. 제안된 기법은 FDDI 프레임에 포함된 오류 탐지 기능을 기반으로 하고 있으며 오류 제어 과정에 여분의 대역폭을 이용하기 때문에 다른 실시간 메시지 전송에 간섭을 일으키지 않고 전송 오류에 의한 메시지 손실을 감소시켜 종료시한 만족도를 개선한다. 모의 실험 결과는 주어진 메시지 집합에 대해 실시간 메시지의 종료시한 만족도를 최대 29% 개선함과 아울러 비동기 트래픽의 부하에 대해서도 종료시한 만족도가 안정적임을 보인다.

1 서 론

경성 실시간 통신의 목적은 네트워크의 오류가 발생하지 않는 한 메시지들의 종료시한 내 전송을 보장하는 것으로서 이를 위해 경성 실시간 메시지들의 전송은 정확하게 스케줄되어야 한다[1]. 한 네트워크가 분산된 여러 노드들에 의해 공유되어 있는 다중 접근(multiple access) 네트워크에서 메시지 전송의 스케줄은 매체 접근 제어(MAC; Medium Access Control) 계층의 기능에 해당되며 이 계층은 노드들의 네트워크에 대한 접근을 중재하고 각 시점에 전송할 메시지를 결정한다[6]. 다중 접근 네트워크에서 경성 실시간 통신을 지원하는 기법은 크게 접근 중재(access control) 방식과 전송 제어(transmission control) 방식으로 구분되는데 접근 중재 방식은 노드가 공유된 채널에 언제 접근할지를 결정하는데 중점을 두고 있는 반면 전송 제어 방식은 노드가 자신의 차례에 전송할 수 있는 양을 결정하는데 중점을 두고 있다. 전송 제어 방식은 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)나 토큰 링 등과 같이 노드들이 라운드 로빈 형태로 전송하는 프로토콜들에 적합하다[3].

실시간 프로토콜들이 메시지들의 시간 제약 조건(time constraint)을 만족시킬 수 있기는 하지만 전송 오류는 불가피하게 발생하며 이는 실시간 메시지의 손실을 초래한다. 전송 오류는 매체 오류율과 외부 자극에 의한 일시적인 교란에 의해 발생하며 통신 기술의 발달로 인해 매체 오류율이 감소하고 있기는 하지만 완전히 제거되지는 못하고 있다. 또 멀티미디어 응용의 도입은 메시지의 양을 증가시켜 매체 오류율의 영향을 증폭시키고 있다. 프로토콜 내에서 오류 제어 기능이 오류를 탐지하고 보정하는 기능을 수행하는데 일반적인 오류 제어 기법은 go-back-N, stop-and-wait, selective repeat 등이지만 이들은 수신 확인과 재전송 요구 및 오류 발생 메시지의 재전송 등 오류 제어를 위한 일련의 과정들이 메시지 전송 시간을 연장하기 때문에 시간 제약 조건을 갖는 실시간 메시지의 전송에는 적합하지 못하다. 더욱이 재전송되는 메시지들이 일반적인 실시간 메시지의 전송에 간섭을 일으킬 가능성도 포함한다.

전송 제어 방식에 기반한 실시간 통신에서는 대역

폭 할당 기법이 각 메시지 스트림에 대하여 최소의 전송시간을 갖는 주기를 기반으로 용량 벡터를 결정하기 때문에 각 스트림은 여분의 대역폭을 갖게 된다. 또 FDDI 프로토콜에서는 실시간 메시지들이 사용되지 않는 대역폭을 통해 비실시간 메시지들이 전송되는데 이와 같이 과할당된 대역폭과 비실시간 메시지들을 위한 대역폭을 오류 제어 기능을 위해 사용한다면 메시지의 전송 시간을 연장하지 않을 뿐 아니라 다른 메시지의 전송에 영향을 주지 않게 되며 전송 오류에 의한 메시지의 손실을 감소시켜 메시지들의 종료시한 만족도를 개선할 수 있다. 시스템에 실시간 스트림만 존재하는 경우에는 과할당된 대역폭을 오류 제어 목적으로 사용할 수 있으며 이 경우에는 실시간 메시지의 사용율이 적을 수록 높은 종료시한 만족도를 기대할 수 있으나 네트워크에 실시간 및 비실시간 메시지가 혼재하는 경우에는 적용되기 어렵다[4].

본 논문은 FDDI에 기반한 경성 실시간 통신을 위한 오류 제어 기법을 제안하고 평가함을 목적으로 하며 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 기존의 FDDI에서의 실시간 통신과 오류 탐지 기능에 대해 소개한 후 오류 제어 기법을 제안한다. 3절에서 실험 결과를 보인 후 마지막으로 4절에서는 논문을 요약하고 추후의 연구 과제를 도출한다.

2 FDDI상에서의 오류 제어 기법

실시간 메시지들은 주기적으로 발생되며 이들은 주기 내에 전송이 완료되어야 한다. FDDI 네트워크에서 메시지들의 시간 제약 조건을 만족시키기 위해서는 TTRT(Target Token Rotation Time)이나 용량 벡터(capacity vector)와 같은 네트워크 인자들이 정확하게 설정되어야 한다. TTRT는 토큰이 회전하는 기대치로서 각 노드들은 자신의 메시지 특성에 따라 TTRT 중 일부를 할당받는데 이 할당받는 양이 용량 벡터이다. 각 노드는 토큰을 받으면 최대 용량 벡터만큼 실시간 메시지를 전송할 수 있으며 TTRT 보다 토큰이 일찍 도착했을 때에만 비실시간 메시지를 전송할 수 있다. 실시간 시스템에 있어서 모든 실시간 메시지 스트림에 대한 정보는 시스템의 운영 이전에 알려지며 메시지 스트림 S_i 는 주기 P_i 와 전송 시간 C_i 로 특성화되므로 통신 스케줄러는 주어진 $\{S_i\}$ 집합에 대해 실시간 제약 조건을 만족시키도록 TTRT와 용량 벡터 $\{H_i\}$ 를 결정한다. FDDI에서 대역폭을 결정하는 여러 방식들이 제안되고 평가된 바 있으나 이들은 모두 경성 실시간 제약조건을 만족시키기 위하여 최소의 전송시간을 갖는 주기를 기반으로 용량 벡

터를 할당하기 때문에 각 노드는 충분한 대역폭을 할당받게 된다.

FDDI 네트워크에서 전송 오류의 탐지는 프레임에 포함된 FSC(Frame Check Sequence)와 FS(Frame Status) 필드를 이용하는데 FCS는 프레임의 오류를 탐지하기 위한 32 비트 CRC(Cyclic Redundancy Check)를 포함하고 있으며 FS는 프레임 전송중에 발생한 오류를 나타내기 위한 ED(Error Detection) 심볼을 포함하고 있다. FDDI 프레임이 링 토폴로지를 따라 전송될 때 각 노드는 수신된 프레임을 검사하고 오류가 탐지되면 ED 필드를 세팅하는데 모든 프레임은 자신을 전송한 노드로 환원되어 삭제되기 때문에 전송 노드는 프레임에 오류가 발생했는지 판단할 수 있다. 단 버퍼의 용량 초과에 의한 기각과 같은 상위 계층의 오류를 탐지하기 위해서는 해당 계층의 새로운 메시지가 추가되어야 하지만 실시간 통신에서는 메시지가 일정 시간 내에서만 유효하므로 수신 버퍼는 충분히 크다고 볼 수 있다.

송신자 노드는 주기적으로 메시지가 도착하면 이를 다수의 FDDI 프레임으로 분할하여 목적지로 전송하는데 프레임이 돌아오면 오류의 발생 여부를 판단할 수 있으며 송신자는 이러한 정보를 기록한 후 오류 발생 여부와 관계없이 나머지 프레임을 모두 전송한다. 메시지에 속한 모든 프레임의 전송이 완료된 후 주기 내에서 또다른 토큰을 맞이하거나 TTRT보다 일찍 토큰이 도착하는 경우 오류가 발생한 프레임을 재전송한다. 수신자 노드는 오류때문에 순서에 어긋나게 수신된 노드를 재조립할 수 있어야 하며 이를 위해 C_i 크기의 버퍼가 필요하다. 만약 오류가 발생하였으나 여분의 대역폭이 없는 경우에는 재전송을 할 수 없게 되며 이때 메시지는 불가피하게 손실로 처리된다. 또 비동기 트래픽을 사용하는 경우에는 비실시간 메시지의 전송에 영향을 줄 수 있으나 실시간 메시지의 우선순위가 높으므로 시스템의 실시간 성능은 향상된다. 결국 제안된 오류 제어 기법은 메시지 전송 오류가 발생한 경우에도 메시지 손실의 가능성을 감소시켜 메시지의 종료시한 만족도를 개선할 수 있는데 여분의 대역폭을 사용하기 때문에 재전송되는 메시지들이 다른 실시간 메시지의 전송에 간섭을 일으키지 않을 뿐 아니라 실시간 통신 시스템의 스케줄 가능성(schedulability)에도 영향을 주지 않는다.

3 성능 평가

본 절에서는 SMPL을 이용한 모의 실험에 의하여 제

안된 오류 제어 기법의 성능을 평가하였다[5]. 실험에서 TTRT와 $\{H_i\}$ 는 Malcomn의 연구와 정규화된 비례 기법(normalized proportional scheme)에 따라 식(1)과 식(2)와 같이 설정되었으며 다른 대역폭 할당 기법을 적용할 수도 있다[2].

$$TTRT = \frac{P_{min}}{\left[\frac{-3 + \sqrt{9 + \frac{8P_{min}}{\gamma}}}{2} \right]} \quad (1)$$

$$H_i = \frac{C_i/P_i}{U} (TTRT - \gamma) \quad (2)$$

식(2)에서 U는 사용율로서 $\sum \frac{C_i}{P_i}$ 와 같이 계산되며 γ 는 토큰 회전에 따르는 낭비시간이다. 본 절에서는 매체 오류율에 따르는 종료시한 만족도와 비실시간 트래픽의 부하에 따른 종료시한 만족도를 측정하였으며 이를 위해 사용율 60 ~ 69 %를 갖는 실시간 스트림 집합 20개를 생성하였다. 종료시한 만족도는 종료시한내 전송이 완료된 실시간 메시지의 개수를 생성된 전체 실시간 메시지의 수로 나누어 계산된다. 각 스트림 집합은 임의의 개수의 메시지 스트림을 가지며 각 스트림의 주기와 전송시간도 임의의 분포를 따른다. 첫번째 실험은 비실시간 트래픽의 부하를 0.1로 고정시키고 매체 오류율을 10^{-4} 부터 10^{-9} 까지 변화시켜가며 종료시한 만족도를 측정하였는데 그림 1에서 보는 바와 같이 매체 오류율 10^{-6} 에서 29%의 성능 향상을 보이고 있다. 두번째 실험은 비실시간 메시지의 부하가 오류제어에 주는 영향을 측정하기 위하여 비실시간 메시지의 부하를 0에서 0.5까지 변화시켜가며 종료시한 만족도를 측정하였는데 그림 2에서 나타난 바와 같이 모든 범위에서 제안된 기법이 네트워크의 실시간 성능을 개선할 수 있으며 전체 네트워크의 부하가 0.8 이상이 되면 개선도는 크게 변하지 않는다.

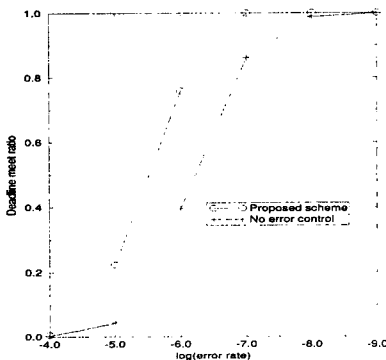


그림 3 매체 오류율 대 종료시한 만족도

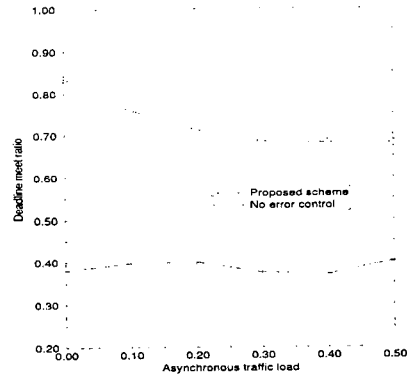


그림 4 비실시간 트래픽 부하 대 종료시한 만족도

4 결론

본 논문은 FDDI 네트워크에 기반한 경성 실시간 통신에서 여분의 대역폭을 이용한 오류 제어 기법을 제안하고 모의실험에 의해 성능을 평가하였다. 이 기법은 오류 제어를 위하여 과할당된 대역폭 혹은 비동기 대역폭을 사용하기 때문에 다른 실시간 메시지의 전송에 간섭을 일으키거나 통신 시스템의 스케줄 가능성에 영향을 주지 않으며 주어진 메시지 스트림 집합에 대해 최대 29%의 종료시한 만족도 향상을 보이고 있다.

참고 문헌

- [1] K. Arvind, Krithi Ramamritham and John A. Stankovic, "A local area network architecture for communication in distributed real-time systems," *Journal of Real-Time Systems*, Vol. 3, pp.115-147, May 1991.
- [2] Biao Chen, Gopal Agrawal and Wei Zhao, "Optimal synchronous capacity allocation for hard real-time communications with the timed token protocol," *Proc. Real-time Systems Symposium*, pp.198-207, 1992.
- [3] Sonu Mirchandani and Raman Khanna, *FDDI Technology and Applications*, John Wiley and Sons, Inc., 1993.
- [4] Junghoon Lee and Choelmin Kim, "Design of an error control scheme for hard real-time communication on FDDI networks," *IEEE TENCON*, to appear, 1999.
- [5] M. H. MacDougall, *Simulating Computer Systems: Techniques and Tools*, MIT Press, 1987.
- [6] Nicholas Malcolm and Wei Zhao, "Hard real-time communication in multiple-access networks," *Journal of Real-Time Systems*, pp.37-77, 1995.