

동기식 이더넷에서 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터 결정 및 시간 동기 방법

(A Method of the Grandmaster Selection and the Time Synchronization Using Single TimeSync Frame for Audio/Video Bridging)

강 성 환 [†] 이 정 원 ^{**} 김 민 준 ^{**}
 (Sunghwan Kang) (Jungwon Lee) (Minjun Kim)

엄 종 훈 ^{***} 권 용 식 ^{***} 김 승 호 ^{****}
 (Jonghoon Eom) (Yongsik Kwon) (Sungho Kim)

요약 최근 홈 네트워크 기술에 대한 관심이 높아지면서 가정 내 장치들의 통신 방법에 대한 표준이 절실히 요구되고 있다. IEEE 802.1 AVB (Audio/Video Bridging)는 이더넷을 이용해 이러한 가정 내 장치들 사이에 실시간성 데이터들을 전송하는 방법을 규정하고 있다. 하지만 IEEE 802.1AVB는 IEEE 1588 PTP(Precision Time Protocol)와 같이 시간을 동기화 하기위해 다수의 컨트롤 메시지를 이용하고 있어 복잡한 처리과정과 이로 인한 전송 지연의 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 단일 타임싱크 프레임을 이용하여 시간을 동기화하는 방법을 제안한다. 단일 타임싱크 프레임을 이용한 방법은 여러 메시지 형태의 프레임을 사용하지 않고 단일 프레임을 이용하여 모든 동작이 가능한 범위의 동기식 이더넷의 전자기들 사이의 통신에 적합한 처리 복잡도와 낮은 전송 지연을 제공한다. 나아가 단일 타임싱크 프레임을 이용한 시간 동기 방법에 실시간성 데이터 전송을 보장하는 대역폭 예약 방법 및 전송 방법에 대한 연구가 연계되어 진행되어야 한다.

키워드 : 동기식 이더넷, IEEE 802.1AVB, 홈 네트워크, 네트워크 시간 동기, 실시간성 애플리케이션 QoS 보장

Abstract Today, A matter of concern of home network technology increase. The standard of communication between home network devices are required. IEEE 802.1 AVB(Audio/Video Bridging) specifies transmission method for time-sensitive data between these devices using Ethernet in bridged local area networks. IEEE 802.1 AVB and IEEE 1588 PTP(Precision Time Protocol) have various message type for grandmaster selection and synchronize the devices. These messages bring on complexity protocol. We propose a method that uses Single TimeSync frame in order to the problem. Our proposal is appropriate process complexity and low transmission delay for home network by using the TimeSync frame. Furthermore, after all devices are adjusted to the single TimeSync frame, a resource reservation, a forwarding and queuing rule are needed for a time-sensitive application.

Key words : Residential Ethernet(Synchronous Ethernet), IEEE 802.1AVB, Home Network, Timing and Synchronization, QoS guarantee of time-sensitive application

· 이 논문은 2007 한국컴퓨터종합학술대회에서 '동기식 이더넷에서 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터 결정 및 시간 동기 방법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

[†] 학생회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
shkang@mmlab.knu.ac.kr

^{**} 비회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과
jwlee@mmlab.knu.ac.kr
mjkim@mmlab.knu.ac.kr

^{***} 비회원 : KT 미래기술연구소 수석연구원
jheom@kt.co.kr
yongsik@kt.co.kr

^{****} 종신회원 : 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
shkim@knu.ac.kr
(Corresponding author임)

논문접수 : 2007년 9월 27일
심사완료 : 2008년 1월 4일

Copyright©2008 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 정보통신 제35권 제2호(2008.4)

1. 서론

IT기술의 급속한 발달과 초고속망을 통한 인터넷 보급에 힘입어, 기업이나 공공기관의 사물 중심으로 구축되던 네트워크 환경이 가정 내의 디지털 전자기기로 확산되어 가면서 홈 네트워크 산업과 관련기기 시장에 대한 관심이 높아지고 있다. 가정 내의 디지털 전자기기들 간의 통신을 위한 방법으로는 이미 널리 사용되고 있는 이더넷 기술이 각광을 받고 있다. 최근의 소비가전 벤더들은 이더넷을 임베디드시킨 셋톱 박스, PVR(Personal Video Recorder), DVD 플레이어, 비디오 게임 콘솔, 디지털 오디오 수신 등을 시장에 내 놓고 있다[1].

동기식 이더넷(802.3ah Residential Ethernet 또는 802.1 Audio/Video Bridging)은 그림 1과 같이 가정 내 혹은 사무실 내에서 이더넷을 기반으로 하여 앞서 언급한 장치들 사이에 정확한 동기를 맞추고 실시간 성능을 보장하면서 통신하는 기술이다[2]. 동기식 이더넷은 IEEE 802.3ah Residential Ethernet SG에서 개최한 2004년 9월 캐나다 Ottawa에서 첫 미팅을 시작하여 현재 IEEE 802.1 Audio/Video Bridging(AVB) TG으로 옮겨 표준화 활동을 계속 진행하고 있다. IEEE 802.1 AVB TG는 크게 802.1AS, 802.1Qat 그리고 802.1Qav의 세 가지 범주로 나누어 표준화 활동을 진행하고 있으며, 이 중 802.1AS는 실시간성 애플리케이션을 위하여 시간을 동기화하는 방법에 대한 표준을 진행하고 있다[3].

실시간성 애플리케이션들 사이의 통신을 위해서는 최우선적으로 고려되어야 하는 것이 시간을 동기화 시키는 방법이다. 시간 동기를 위해 802.1AS에서는 실시간성 애플리케이션들과 이들을 연결시켜주는 브리지 장치들 사이에서 그랜드마스터를 결정하는 방법과 결정된 그랜드마스터에 다른 장치들을 동기화 시키는 방법을 다루고 있다[4]. 802.1AS는 그랜드마스터와 시간 동기 방법으로 IEEE 1588의 동기 방식의 개념을 이용한다.

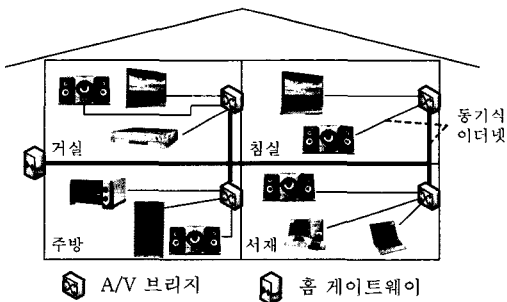


그림 1 동기식 이더넷의 범주 및 실시간성 애플리케이션과 브리지 사이의 통신

IEEE 1588은 통신 단말 장치들 사이에 전송 지연을 고려한 정확한 시간 동기 프로토콜이다(PTP: Precision Time Protocol)[5]. IEEE 802.1 AVB는 IEEE 1588의 개념을 이용하되 가정 내에서 이루어지는 통신을 위해 IEEE 1588 보다 간단한 통신 프로토콜을 개발하고 있다. 하지만 가정 내에서의 통신이라는 관점에서 볼 때 IEEE 1588 메시지 형태의 통신은 과도한 메시지를 발생하여 많은 컨트롤 패킷을 생성하므로 불필요한 오버헤드가 증가하는 단점이 있다.

본 논문에서는 현재 IEEE 802.1 AVB에서 제안 중에 있는 메시지 형식의 프로토콜의 단점을 보완하고 컨트롤 패킷들의 오버헤드를 줄이기 위한 방법으로 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터를 결정하는 방법을 제안한다. 또한 같은 프레임을 이용하여 그랜드마스터를 결정된 이후 실시간 애플리케이션 및 브리지 사이에 시간을 동기화 하는 방법을 제안한다. 이후 단일 타임싱크 프레임을 이용한 방법과 기존의 IEEE 1588 및 IEEE 802.1AS의 그랜드마스터 결정 시 지연 측정 및 시간 동기 지연 측정을 비교하는 실험을 수행한다.

본 논문의 구성으로 제2장에서는 실시간 전송을 위해 시간을 동기화 하는 방법인 IEEE 1588과 IEEE 802.1AS의 기술을 다루고 제3장에서는 본 논문에서 제안하고 있는 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터 결정 방법과 시간 동기 방법을 다룬다. 제안된 방법을 이용한 시간 동기 방법과 IEEE 1588 및 IEEE 802.1 AS의 비교 실험을 제4장에서 보이고 마지막장에서 결론을 맺고 향후 연구에 대한 간략한 소개를 한다.

2. 실시간 전송을 보장하는 시간 동기 방법

실시간성 애플리케이션 사이의 통신을 위하여 장치간의 시간 동기는 필수적으로 선행되어야 한다. 이를 위하여 현재 산업 현장의 Profinet에서 이미 상업적으로 이용되고 있는 IEEE 1588과 최근 가정 내의 디지털 전자 기기사이에서 동기식 전송 기술의 제공을 위해 표준화 활동 중인 IEEE 802.1 AVB가 있다. IEEE 802.1 AVB의 세분화된 그룹인 802.1AS에서 시간 동기화에 관한 표준이 진행 중이다. 시간 동기를 위해서는 여러 장치들 중에 표준 시간을 제공하는 장치인 그랜드마스터를 결정할 필요성이 있고, 그랜드마스터가 결정이 되면 이것에 맞추어 시간을 동기화 하는 방법이 필요하다.

2.1 그랜드마스터 결정 방법

그랜드마스터는 실시간성 애플리케이션 장치들 및 이들을 연결하는 브리지 장치들 중 어느 하나가 될 수 있다. 하지만 IEEE 1588은 실시간성 애플리케이션 장치보다 이들을 연결하는 브리지가 그랜드마스터로 결정되는 것을 더 권장하고 있다[6]. IEEE 1588은 그랜드마스

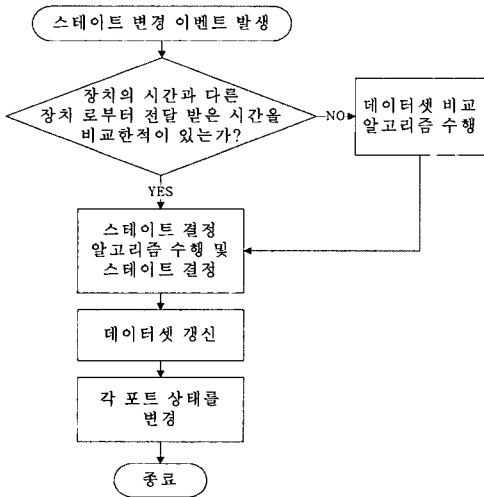


그림 2 IEEE 1588의 BCM 알고리즘 순서도

터를 결정하기 위해 BMC (Best Master Clock) 알고리즘을 이용한다.

그림 2에서 BMC 알고리즘은 데이터셋 비교 알고리즘과 현재 포트의 상태를 결정하는 알고리즘으로 구분된다. 데이터셋 비교 알고리즘은 각 장치의 시간 데이터셋과 다른 장치로부터 전달받은 시간 데이터셋을 비교하는 연산을 수행한다. 현재 포트의 상태를 결정하는 알고리즘은 데이터셋 비교 알고리즘의 결과로 단말 장치 및 브리지의 포트를 PTP_MASTER 또는 PTP_SLAVE로 동작할지를 결정한다. 결국 모든 포트가 PTP_MASTER로 동작하는 브리지가 그랜드마스터가 된다. PTP_MASTER로 정해진 포트는 PTP_SLAVE로 정해진 포트에 기준 시간 정보를 제공하고 동기를 시킨다.

2.2 시간 동기 방법

그랜드마스터가 결정이 되고 나면 동기식 이더넷을 구성하고 있는 모든 장치 및 브리지는 그랜드마스터에 맞추어 시간을 동기화해야 한다. IEEE 1588은 시간을 동기화하기 위해서 그랜드마스터와 슬레이브 간의 시간 차이(offset)와 전송 지연(propagation delay)을 이용한다[7]. 그림 3은 IEEE 1588의 시간 동기 절차를 보여주는 예이다. 그랜드마스터는 Sync 메시지와 Follow_Up 메시지를 주기적으로 모든 장치들에게 멀티캐스트하면서 시간을 동기화 시킨다. 이 메시지를 받은 슬레이브는 자신의 시간 정보(TS1)와 Follow_Up 메시지(TM1)의 시간 정보간의 차이를 구하여 오프셋을 구한 후 자신의 시간 정보(Ts=1001)에 오프셋을 반영하여 시간(Adjust Time_1)을 조정한다. 조정된 시간(Adjust Time_1)을 슬레이브에 적용하였기 때문에 이후의 시간 차이는 발

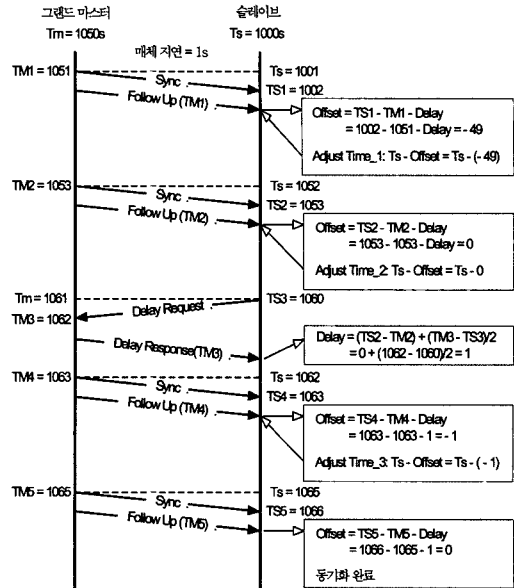


그림 3 IEEE 1588의 시간 동기 절차

생하지 않고 슬레이브에 시간(Adjust Time_2)가 적용된다. 하지만 이는 전송지연시간을 고려하지 않은 시간이므로 정확한 동기가 보장되는 않는다. 따라서 전송지연시간을 보상하기 위해 슬레이브는 현재 시간(TS3)을 기록하여 그랜드마스터로 Delay Request 메시지를 전송한다. 이에 대한 응답으로 그랜드마스터는 현재 시간(TM3)을 기록하여 Delay Response 메시지를 해당 슬레이브로 전송한다. Delay Response 메시지를 받은 슬레이브는 이전의 두 장치간의 시간 차이(TS2-TM2)에 전송지연시간의 차이의 평균값(TM3-TS3)/2을 더하여 지연(Delay)값을 구한다. 이후 Follow Up 메시지를 받게 되면 두 장치간의 시간 차이값에 Delay값(-1s)를 빼주게 되면 최종적으로 얻어진 동기 시간(Adjust Time_3)을 얻게 된다. 이로써 두 장치는 동기를 이루게 된다[8].

IEEE 802.1 AVB는 기본적으로 IEEE 1588의 시간 동기 절차를 따른다. IEEE 1588은 이웃 장치들 간의 시간 동기 시 peer-to-peer 동기 절차를 거쳐 두 단계(two-step)를 걸쳐 시간을 동기 시킨다. 하지만 IEEE 802.1 AVB는 한 단계(one-step)로 동기 시키는 점에서 차이가 있다. 그림 4는 두 방식간의 시간 동기 방식의 차이점을 나타낸다. 한 단계로 동기 시키는 방법은 두 단계로 동기 시키는 방법보다 좀 더 정확한 시간 동기를 보장한다[9].

한 단계로 동기 시키는 방법은 Sync 메시지 전송 후 중간 장치에서 Sync 메시지를 Follow Up 메시지가 오기 전까지 잠시 잡아두어 (holding) 중간 장치의 시간을

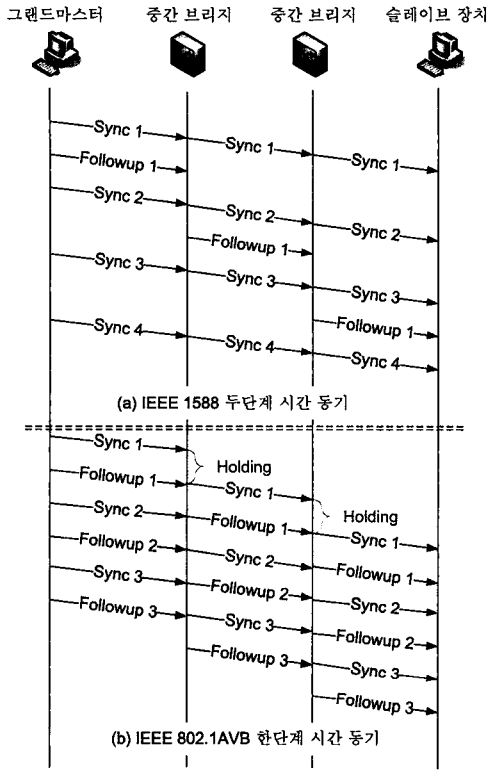


그림 4 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB의 시간 동기 절차의 비교

동기화 하는데 걸린 시간과 이전 장치와의 전송 지연을 기록하여 다음 장치에 이를 반영한다.

3. 단일 타임싱크 프레임을 이용한 시간 동기 방법

IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB에서는 그랜드마스터를 결정하고 시간을 동기화하기 위해 다수의 컨트롤 메시지를 이용한다. 이 경우 네트워크의 부하가 증가하는 문제가 발생하고 실시간 애플리케이션 장치와 중간 브리지에서 다수의 메시지를 처리하기 위한 계산의 복잡도가 증가하는 문제점이 있다. BMC 알고리즘은 데이터셋을 비교하고 장치의 각 포트의 상태 결정을 통해 그랜드마스터를 결정하고 변경하는 두 단계를 따로 두었다. IEEE 802.1 AVB 역시 이를 간략화한 방법을 이용하지만 IEEE 1588의 기본 개념에서 벗어나지 못한다. 또한 시간 동기 방법에 있어서 기존의 방법들은 시간 차이와 전송 지연을 구하기 위해 다수의 메시지를 이용하였다.

본 논문에서는 그랜드마스터 결정과 시간을 동기화하기 위해 단일 타임싱크 프레임을 이용한 방법을 제안한

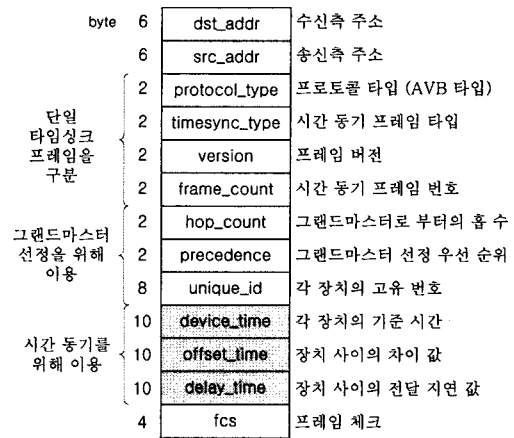


그림 5 단일 타임싱크 프레임 필드 구조

다. 단일 타임싱크 프레임을 이용할 경우 그랜드마스터 결정과 변경을 동시에 수행 할 수 있다. 또한 시간 동기를 위해 다수의 메시지를 사용하는 형태가 아닌 단일 타임싱크 프레임을 이용하여 시간차이와 전송지연을 모두 고려한 시간 동기를 이룰 수 있다. 그림 5는 그랜드마스터 결정 및 변경과 시간 동기를 위해 이용되는 단일 타임싱크 프레임의 구조이다. 단일 타임싱크 프레임은 단일 타임싱크 프레임을 구분하는 부분, 그랜드마스터 결정을 위해 이용되는 부분, 시간 동기를 위해 이용되는 부분으로 크게 세부분으로 구성된다.

3.1 그랜드마스터 결정 알고리즘

단일 타임싱크 프레임을 이용한 알고리즘은 BMC 알고리즘의 데이터셋을 비교하는 단계와 상태를 결정하는 단계를 하나의 처리로 만족 시킬 수 있다. 상태는 802.1 AVB에서와 같이 MASTER, SLAVE, PASSIVE의 세 가지로 정의한다.

- MASTER : 동기 시간을 제공하는 포트. 그랜드마스터는 모든 포트가 MASTER 상태를 가진다.
- SLAVE : MASTER 포트에 의해 동기 시간을 제공 받아 시간을 동기화 시키는 포트. 슬레이브 브리지는 MASTER 포트와 연결된 포트만 SLAVE 포트를 가지고 나머지 포트들은 모두 MASTER 포트를 가진다.
- PASSIVE : MASTER 포트에 의해 동기 시간을 제공 받아도 시간을 동기화 시키지 않는 포트. 동기를 맞추지 않는 장치는 해당 포트를 PASSIVE로 정의한다.

각 장치들 및 중간 브리지들은 그랜드마스터를 결정하기 위해 단일 타임싱크 프레임을 최초 한번 멀티캐스트한다. 가정 내의 모든 장치들은 전송되어진 프레임에서 hop_count, precedence, unique_id 필드를 비교하여 그랜드마스터를 결정한다.

- *hop_count* : 단일 타임싱크 프레임을 멀티캐스트하고 브리지의 각 포트의 상태를 결정할 때 가장 낮은 홉수를 가진 것을 SLAVE 상태로 결정하고 나머지는 MASTER로 결정
- *precedence* : 네트워크 운영자가 운영상의 편의를 위해 특정 장치에 우선순위를 임의로 줄 때 이용
- *unique_id* : 각 장치를 유일하게 구분할 수 있는 번호 (MAC 주소)

각 장치의 포트가 다른 장치로부터 그랜드마스터 결정 알고리즘에 의해 다른 상태로 전이가 일어날 경우 그림 6과 같은 동작을 수행한다. 최초 모든 단말 장치와 브리지는 MASTER 상태에서 시작하여 최초 단일 타임싱크 프레임을 멀티캐스트한다. 그랜드마스터 결정 알고리즘에 의해 SLAVE 상태로 결정되면 MASTER 상태에서 SLAVE 상태로 상태가 전이되고 시간을 동기화시킨다. 이후 그랜드마스터에 이상이 있을 경우 (30ms 동안 단일 타임싱크 프레임을 전송 받지 못했을 경우), SLAVE 상태에서 MASTER 상태로 상태가 전이하고 다시 그랜드마스터 결정에 참여한다. 만약 AVB 네트워크의 동작에 참여하지 않는다면 PASSIVE 상태로 상태가 전이되고 다시 참여한다면 MASTER 상태로 전이가 일어난다.

제안한 그랜드마스터 알고리즘은 그림 6의 상태 전이 다이어그램에 의해 동작된다. 그림 8은 그랜드마스터 결정과 시간 동기 알고리즘을 같이 표현하고 있다. 그랜드마스터 결정을 위해 전송측 우선순위(X_{pre}), 수신측 우선순위(R_{pre})를 먼저 비교한다. 그리고 전송측 고유번호(X_{uid})와 수신측 고유번호(R_{uid})를 비교한 후 수신측 고유번호가 더 작다면 이는 최종적으로 그랜드마스터로 결정이 된다. 그 후 10ms 단위로 모든 장치에 단일 타임싱크 프레임을 이용하여 시간 정보를 제공한다[10]. 만약 그랜드마스터로 동작하는 장치에서 이상이 발생되면, 30ms 이후에 모든 장치들은 다시 그랜드마스터 결정 알고리즘을 수행한다.

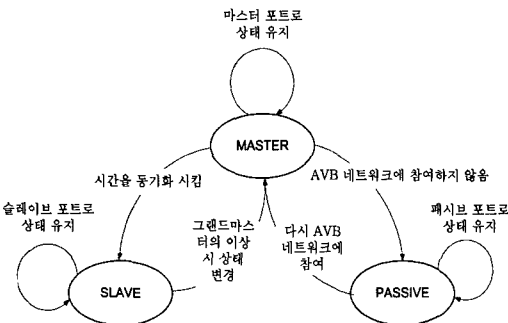


그림 6 각 장치의 상태 전이 다이어그램

3.2 시간 동기 방법

단일 타임싱크 프레임을 이용한 알고리즘은 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB에서 이용되는 여러 메시지 형태의 단점인 컨트롤 메시지의 과도한 증가에 대한 해결책으로 볼 수 있다. 여러 메시지 형태를 사용하는 방법들은 전송 지연을 구하기 위해 불필요한 단계를 거치며, 계산의 복잡도 또한 높이가 나타난다. 이는 대규모의 네트워크 구성 형태나 단말 장치들 사이에 거리가 먼 형태에서 시간 동기화에 대한 정확성을 어느 정도 보장해 줄 수 있지만, 가정 내 또는 사무실내 장치들 사이에는 이보다 더 간단하면서 정확성을 보장해 주는 방법이 필요하다.

그랜드마스터가 결정이 되고 나면, 모든 장치는 그랜드마스터로부터 시간을 동기화해야 한다. 그랜드마스터는 자신의 기준 시간(X_{dt})과 시간 차이 값(X_{ot})을 이웃 장치들에게 제공한다. 기존의 IEEE 802.1 AVB와 같이 peer-to-peer 형태로 동기 시간을 제공한다. 하지만 IEEE 802.1 AVB에서와 같이 Sync 메시지를 잡아두지 (holding) 않고 그림 7에서와 같이 각 장치의 시간을 동기화 하면서 이웃 장치에 동기 정보를 전달한다. 따라서 장치 내의 처리 시간에 영향을 받지 않으므로 좀 더 빠른 시간 동기(tod: time-of-day)를 제공한다.

그림 8에서 시간 동기 알고리즘은 그랜드마스터일 경우 자신의 기준시간(R_{dt})과 시간 차이 값(R_{ot})을 이용하여 자신의 시간을 동기 시킨다. 슬레이브일 경우 interrupt_remote(stop_message)를 호출하여 더 이상 시간 정보를 제공하는 프레임을 생성하지 않고, 그랜드마스터로부터 전달받은 프레임에 자신의 *device_time*, *offset_time*, *delay_time*을 실어 전달한다. 슬레이브는 프레임 전달과 동시에 자신의 시간을 전달 받은 프레임의 전송 지연을 반영하여 시간을 동기화 시킨다.

- *device_time* : 각 장치별로 동작하는 기준 시간
- *offset_time* : peer-to-peer 전달시 그랜드마스터와 각 장치의 시간 차이
- *delay_time* : 이전 장치와 현재 장치 사이의 전달 지연 시간

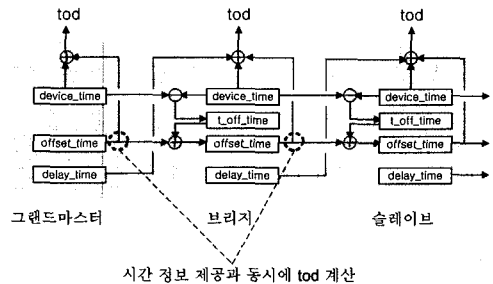


그림 7 단일 타임싱크 프레임을 이용하여 holding하지 않고 빠른 전송을 제공하는 시간 동기 방법

```

grandmaster_decision and clock_synchronization
(Xpre, Rpre, Xuid, Ruid, Xdt, Rdt, Xot, Rot, Xde)
{
    IF Rpre >= Xpre
        IF Ruid > Xuid
            CALL interrupt_remote(stop_message)
            gm_flag = 0
            t_off_time = Xdt - Rdt
            Rot = Xot + t_off_time
            tod = Rdt + Rot - Xde
        ELSE
            gm_flag = 1
            tod = Rdt + Rot
        ENDIF
    ELSE
        gm_flag = 1
        tod = Rdt + Rot
    ENDIF
}
    
```

그림 8 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터 결정 및 시간 동기 알고리즘

4. 단일 타임싱크 프레임과 기존의 시간 동기 방법 간의 비교 실험

IEEE 1588 및 IEEE 802.1 AVB와 제안된 단일 타임싱크 프레임을 이용한 방법을 비교하기 위한 실험을 수행한다. 그랜드마스터 결정 시 지연 측정 및 시간 동기 지연 측정을 위해 시나리오를 구성하고 시뮬레이션을 통해 실험 결과를 보인다. 실험은 OPNET Modeler를 이용하여 실험하였다. 그림 9는 성형으로 구성된 네트워크 구성형태이다. 40개의 장치, 10개의 브리지 및 1Gbps의 링크로 구성되고 각 장치 및 브리지는 그랜드마스터 또는 슬레이브로 동작할 수 있다. 40개의 장치는 가정 내 또는 사무실 내의 전자기기들로 볼 수 있으며 브리지는 이 전자기기들을 연결하여 각 전자기기들에게 시간 정보를 전달하는 역할을 한다. 40개의 전자기기와 10개의 브리지는 일반 가정 내 또는 사무실 내 규모를 충족시킬 수 있으며 확장이 가능하다.

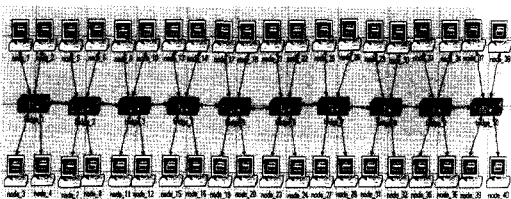


그림 9 실험을 위해 이용된 성형의 네트워크 구조

그림 9의 네트워크 구성형태를 이용하여 단일 타임싱크 프레임을 이용한 그랜드마스터 결정 시 지연 시간과 시간 동기 시 발생하는 지연 시간을 시뮬레이션 한다. 그리고 기존의 IEEE 1588과 현재 표준으로 진행되고 있는 IEEE 802.1 AVB와의 성능을 비교한다.

4.1 그랜드마스터 결정 실험

단일 타임싱크 프레임을 이용하여 그랜드마스터 결정 알고리즘에 대하여 실험을 수행하였다. 그리고 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB의 그랜드마스터 결정 알고리즘과의 성능 비교를 수행하였다. 그림 10은 120초 시뮬레이션 동안 각 방법들의 그랜드마스터를 결정하기까지의 평균 단대단 지연을 나타낸 결과이다. 홉 수가 증가할수록 세 방법 모두 평균 단대단 지연 시간이 증가하는 것을 볼 수 있다. 세 방법 모두 11홉을 거치는 동안 최대 평균 단대단 지연 시간은 545ns 이하에서 그랜드마스터가 결정되는 것을 볼 수 있다. 이는 세 방법 모두 그랜드마스터를 결정하기 위해 단일 메시지를 사용하기 때문에 비슷한 결과를 도출한다.

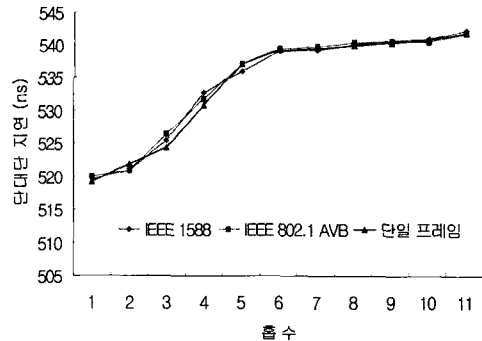


그림 10 그랜드마스터 결정 시 평균 단대단 지연의 비교

4.2 시간 동기 방법 비교 실험

단일 타임싱크 프레임을 이용한 시간 동기 방법은 기존의 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB에서 사용하는 여러 메시지 형태의 방법을 사용하지 않으므로 좀 더 빠른 시간 동기를 제공할 수 있다. 그림 11은 120초 시뮬레이션 동안 각 방법들의 시간을 동기화하기까지의 평균 단대단 지연을 나타낸 결과이다. 홉 수가 증가할수록 세 방법 모두 평균 단대단 지연 시간이 증가하는 것을 볼 수 있다. 세 방법 모두 11홉을 거치는 동안 최대 평균 단대단 지연 시간은 545ns 이하에서 모든 장치가 시간이 동기화되는 것을 볼 수 있다.

제안한 단일 타임싱크 프레임을 이용한 방법은 peer-to-peer로 그랜드마스터로부터 동기 시간 정보를 제공받을 때 시간 동기화 및 동시에 이웃 장치에게 동기 시간을

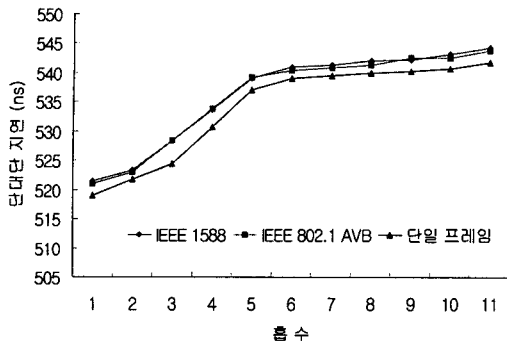


그림 11 시간 동기 시 평균 단대단 지연의 비교

제공하므로 좀 더 빠른 동기를 이룰 수 있다. 실험에서 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB는 각 장치를 거칠 때마다 시간차이와 지연 시간 측정을 위한 여러 컨트롤 메시지를 사용하므로 복잡한 단계를 거친다. 실험 결과 중간 장치에서의 처리 시간의 증가로 인해 제안된 단일 타임싱크 프레임을 이용하는 방법보다 시간을 동기화 하는데 좀 더 오랜 시간이 소요된 것을 확인할 수 있었다.

제한한 그랜드마스터 결정 알고리즘은 기존의 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB과 비교해 볼 때 성능에서 큰 차이점이 없었다. 하지만 제안된 시간 동기 알고리즘을 이용할 경우 위의 두 방법과 비교할 때 평균 단대단 지연에서 약 3ns 정도의 차이를 보여주고 있다. 여러 메시지를 이용하여 시간을 동기화 시키는 방법보다 단일 메시지를 이용하여 시간을 동기화 시키면서 처리의 복잡도 또한 줄일 수 있으므로 가정 내의 장치들 간에 동기화 시키는데 적합한 방법이라고 할 수 있다.

5. 결론

동기식 이더넷은 가정 내의 디지털 가전기기들 간의 통신을 위해 IEEE 802.1 AVB에서 표준화 활동이 활발히 진행 중인 기술이다. IEEE 802.1 AS는 이러한 표준화 단체 중에서 각 장치들 간의 시간을 동기화 하는 방법에 대해 세부적인 표준화 활동을 진행하고 있다.

본 논문에서는 단일 타임싱크 프레임을 이용하여 그랜드마스터를 결정하고 각 포트별 상태를 정의하는 알고리즘과 시간을 동기화하는 방법을 제안하였다. 실험에서는 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB와의 비교 실험을 통해 가정 내의 장치들 간에 그랜드마스터를 결정할 때 좀 더 간단한 방법을 이용하였다. 그리고 시간을 동기화 할 때 좀 더 빠르게 동기화 할 수 있다는 것을 보여주었다. 따라서 가정 내의 장치들 간에 시간을 동기화 시키는 적합한 방법이라고 할 수 있다.

동기식 이더넷은 가정 내의 실시간 데이터를 지연 없이 전송하는 기술이다. 이러한 실시간 데이터 전송을 위

해 시간을 동기화하는 방법에 대해 다루었지만, 실시간 데이터 전송을 위한 예약방법과 전송 방법에 대해서 더 많은 연구가 이루어져야 한다.

참고 문헌

- [1] IT 정보단, "홈 네트워크 기술동향 및 시장전망", 주간기술동향 통권, 1098호, 2003.
- [2] Eric HS Ryu, "Range of applications for Residential Ethernet," RE SG, January 2005 interim meeting, 2005.
- [3] IEEE 802.1 Audio/Video Bridging Task Group, <http://www.ieee802.org/1/pages/avbridges.html>.
- [4] Geoffrey M. Garner, "Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks - Draft v.1.0," The Interworking Task Group of IEEE 802.1, Jul, 2007.
- [5] Todor Cooklev, John C. Eidson, and Afshaneh Pakdaman, "An Implementation of IEEE 1588 Over IEEE 802.1b for Synchronization of Wireless Local Area Network Nodes," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol.56, No.5, Oct, 2007.
- [6] IEC/IEEE "International Standard IEEE 1588," IEC 61588/IEEE1588, first edition, 2004.
- [7] Svein Johannessen, "Time Synchronization in a Local Area Network," IEEE Control Systems Magazine, Vol.24, No.2, pp. 61-69, Apr, 2004.
- [8] J. Eidson, "Measurement, Control, and Communication Using IEEE 1588," New York: Springer-Verlag, Apr, 2006.
- [9] Geoffrey M. Garner "Differences between 802.1 AVB and Synchronization Protocols," IEEE 802.1 AVB TG, IEEE 802.1 AVB TG / IEEE 1588 Design Meeting, 2006.
- [10] David V. James, "Residential Ethernet (RE) a working paper Draft 0.143," IEEE AVB TG, 2006.



강성환
 2006년 계명대학교 정보통신대학 컴퓨터공학과(학사). 2008년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사). 2008년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 홈 네트워크, 동기식 이더넷, 실시간 데이터 전송, 플로우 기반 QoS 기법, QoS 큐잉 기법, MPEG, 다시점 영상처리



이정원
 2004년 경성대학교 컴퓨터공학과(학사) 2005년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사) 2006년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 동기식 이더넷, MPEG, 감시시스템, 이미지 처리, 다시점 영상처리 등



김민준

2005년 경북대학교 컴퓨터공학과(학사)
 2007년 경북대학교 컴퓨터공학과(석사)
 2007년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정. 관심분야는 동기식 이더넷, MPEG, 다시점 영상처리 등



엄종훈

1991년 경북대학교 전자공학과(학사). 1993년 경북대학교 컴퓨터공학(석사). 2004년 경북대학교 컴퓨터공학(박사). 1993년~현재 KT 미래기술연구소 수석연구원. 관심분야는 통신망 설계, FTTH, 실시간이더넷, 메트로이더넷, 유무선통합, 등



권용식

1991년 경북대학교 전자공학과(학사). 1993년 경북대학교 컴퓨터공학(석사). 1993년~현재 KT 미래기술연구소 수석연구원. 관심분야는 유무선망 QoS망 관리 기술, 망운용관리, 실시간이더넷, 무선랜 등



김승호

1981년 경북대학교 전자공학과(학사). 1983년 한국과학기술원 전산학과(석사). 1994년 한국과학기술원 전산학과(박사). 1985년~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야는 알고리즘, 홈 네트워크, 동기식 이더넷, 실시간 데이터 전송, 플로우 기반 QoS 기법, QoS 큐잉 기법, MPEG, 감시시스템, 이미지 처리, 다시점 영상처리 등