

동기식 이더넷에서 단일 프레임을 이용한 그랜드마스터 선정 및 시간 동기 방법

강성환^{○*} 엄종훈^{**} 권용식^{**} 이정원^{*} 김승호^{*}

^{*} 경북대학교 컴퓨터공학과, ^{**} KT 미래기술연구소

shkang@mmlab.knu.ac.kr, {jheom, yongsik}@kt.co.kr, jwlee@mmlab.knu.ac.kr, shkim@knu.ac.kr

A Method of The Grandmaster Decision and The Time Synchronization Using Single Frame for Audio/Video Bridging

Sunghwan Kang^{○*} Jonghoon Eom^{**} Yongsik Kwon^{**} Jungwon Lee^{*} Sungho Kim^{*}

^{*} Dept. of Computer Engineering, Kyungpook National University

^{**} Advanced Technology Laboratory, KT

1. 서론

초고속망의 보급이 확산됨에 따라, 기업이나 공공기관을 중심으로 구축되던 네트워크 환경이 가정 내의 디지털 전자기기로 확산되어 가면서 홈 네트워크 산업과 관련기기 시장에 대한 관심이 높아지고 있다. 가정 내의 통신을 위해 이더넷 기술이 각광받고 있다. 동기식 이더넷 (802.3ah Residential Ethernet 또는 802.1 Audio/Video Bridging)은 가정 내 혹은 사무실 내에서 이더넷을 기반으로 하여 앞서 언급한 장치들 사이에 정확한 동기를 맞추고 실시간성을 보장하면서 통신하는 기술이다. 이를 위해 최우선적으로 고려되어야 하는 것이 시간 동기화이다. 본 논문에서는 IEEE 802.1 AVB에서 제안 중에 있는 메시지 형식의 프로토콜의 단점을 보완하고 컨트롤 패킷들의 오버헤드를 줄이기 위한 방법으로 단일 프레임을 이용한 그랜드마스터 선정 방법을 제안한다. 또한 같은 프레임을 이용하여 그랜드마스터를 선정한 이후 실시간 애플리케이션 및 브리지 사이에 시간을 동기화 하는 방법을 제안한다.

2. 실시간 전송을 보장하는 시간 동기 방법

실시간성 애플리케이션 사이의 통신을 위하여 장치간의 시간 동기는 필수적으로 선행되어야 한다. 이를 위한 기술로 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB가 있다. IEEE 1588은 그랜드마스터를 선정하기 위해 BMC 알고리즘을 이용한다. BMC (Best Master Clock) 알고리즘은 데이터셋 비교 알고리즘과 현재 포트의 상태를 결정하는 알고리즘으로 구분된다. 현재 장치의 시간 데이터셋과 다른 장치로부터 전달 받은 시간 데이터셋을 비교하여 현재 포트의 상태를 결정한다. MASTER 상태로 정해진 포트는 SLAVE 상태로 정해진 포트에 시간 동기 정보를 제공하고, 동기를 맞추게 한다. IEEE 802.1 AVB는 IEEE 1588의 서브셋 개념으로 가정 내의 이더넷을 이용한 통신을 목적으로 개발되고 있는 프로토콜이다. 그랜드마스터를 선정하기 위해 간략화 시킨 BMC 알고리즘을 이용한다. IEEE 1588은 다른 네트워크 프로토콜들 간의 연계성을 고려하여 표준을 제정하였으므로 복잡한 절차를 거치게 된다. 하지만 IEEE 802.1 AVB는 사무실내 또는 맥내에서 다루어지는 통신이므로 IEEE 1588의 방식을 간략화 하여 구현이나 운영의 복잡도를 대폭 줄였다.

IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB의 시간 동기화 방법은 여러 메시지를 이용하여 peer-to-peer 방식으로 사무실내 또는 맥내의 모든 장치의 시간을 동기화 시킨다. 이를 위해 각 장치 사이에 오프셋 시간 및 전달 지연을 메시지 형식으로 측정하여 정확한 시간 동기 메커니즘을 제공한다. IEEE 1588과 IEEE 802.1의 차이점은 Sync 메시지와 Follow_Up 메시지를 전달하는데 있어서 두 단계 (two-step)에 걸쳐 시간 동기를 맞추는 방법과 한 단계 (one-step)에 걸쳐 시간 동기를 맞추는 방법의 차이점이 있다.

3. 단일 프레임을 이용한 시간 동기 방법

기존의 두 방법은 그랜드마스터를 선정하고 시간을 동기화하기 위해 다수의 메시지를 이용한다. 이 경우 다수의 컨트롤 패킷의 사용으로 인해 네트워크 링크상의 부하가 증가하는 문제가 발생한다. 또한 실시간 애플리케이션 장치와 중간 브리지에서 다수의 메시지를 처리하기 위한 계산의 복잡도가 증가하는 문제점이 발생한다. 본 논문에서는 그랜드마스터 선정과 시간을 동기화하기 위해 단일 프레임을 이용한 방법을 제안한다. 단일 프레임을 이용할 경우 그랜드마스터 선정과 변경을 동시에 수행할 수 있다. 또한 시간 동기를 위해 다수의 메시지를 사용하는 형태가 아닌 단일 프레임을 이용하여 시간차이와 전송지연을 모두 고려한 시간 동기를 이룰 수 있다.

그랜드마스터 선정을 위해 기존의 BMC 알고리즘의 데이터셋을 비교하는 단계와 포트의 상태를 결정하는 단계를 하나의 처리로 만족시킬 수 있다. 포트의 상태는 MASTER, SLAVE, PASSIVE의 세가지 상태로 정의한다. MASTER 포트는 SLAVE 포트로 시간 동기 정보를 제공한다. PASSIVE는 MASTER로부터 시간을 동기화 시키지 않는 포트이다. 그랜드마스터 선정을 위해 시간 데이터셋을 비교하고 그랜드마스터로 정해진 포트는 10ms 단위로 모든 장치에 시간 동기 프레임을 이용하여 시간 정보를 제공한다.

그랜드마스터가 선정되고 난 후 그랜드마스터는 자신의 기준 시간과 시간 차이 값을 이웃 장치들에게 제공한다. 이때 시간 정보를 제공하는 단일 프레임을 'bypass' 방법을 이용하여 장치에서 시간을 맞추는 동시에 단일 프레임을 복사하여 이웃 장치(브리지)에 즉각 전달한다. 이처럼 단일 메시지 내에 각 장치의 고유 시간 정보와 두 장치간의 시간 차이 및 전달 지연 시간까지 모두 포함하여 이웃 장치에서 해당 정보를 이용할 수 있도록 한다. 따라서 메시지 방식의 여러 번 발생될 수 있는 시간 동기를 위한 메시지들을 하나로 처리할 수 있는 메커니즘을 제공하므로 다수의 컨트롤 프레임들을 이용하지 않고 동기를 맞출 수 있다.

4. 단일 프레임을 이용한 시간 동기 방법과 기존의 시간 동기 방법 간의 비교 실험

IEEE 1588 및 IEEE 802.1 AVB와 제안된 단일 프레임을 이용한 방법을 비교하기 위해 OPNET Modeler를 이용하여 시뮬레이션 한다. 40개의 Audio/Video 장치들과 10개의 중간 브리지 및 1Gbps의 링크로 구성되고 각 장치 및 브리지는 그랜드마스터 또는 슬레이브로 동작할 수 있다. 최대 11개의 홉을 거치는 동안 그랜드마스터 선정 시 소요된 단대단 지연과 그랜드마스터가 선정된 후 시간을 동기화 시키는데 소요된 단대단 지연 시간을 측정한다. 11개의 홉을 지나는 실험은 사무실 내나 가정 내의 장치들 간의 홉 수를 만족시킬 수 있다. 그랜드마스터 선정 실험에서 기존의 두 방법과 단일 프레임을 이용한 제안된 방법 모두 단대단 지연에서는 큰 차이가 없었다. 이는 세 방법 모두 하나의 프레임을 이용하여 그랜드 마스터를 선정하기 때문에 그랜드마스터를 선정하기 위한 시간은 545ns 정도로 차이는 크게 나지 않는다. 시간 동기 방법에서 기존의 두 방법보다 단일 프레임을 이용한 방법은 각 장치를 거칠 때마다 시간차이와 지연 시간 측정을 위한 여러 컨트롤 메시지를 사용하지 않는다. 따라서 시간을 동기화 하는데 약 3ns 정도 더 빠르게 동기화 시키는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 단일 프레임을 이용하여 그랜드마스터를 선정하고 각 포트별 상태를 정의하는 알고리즘과 시간을 동기화하는 방법을 제안하였다. 실험에서는 IEEE 1588과 IEEE 802.1 AVB와의 비교 실험을 통해 가정 내의 장치들 간에 그랜드마스터를 선정할 때 좀 더 간단한 방법을 이용하였다. 그리고 시간을 동기화 할 때 좀 더 빠르게 동기화 할 수 있다는 것을 보여주었다. 따라서 사무실 내 또는 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 위해 시간을 동기화 하는 방법에 대해 다루었지만, 실시간 데이터 전송을 위한 예약 방법과 전송 방법에 대해서 더 많은 연구가 이루어져야 한다.