우주형
한국텍트로닉스(주) 부장

디지털 비디오의 시작 - 6
PTP(Precision Time Protocol)/SMPTE 2059 소개

지난 시간 IP Transition을 위해 현재 제기되고 있는 Video over IP 기술들을 소개했고, 간단하게 모든 IP를 통한 기술들이 동기화를 위해 PTP 프로토콜 기반의 SMPTE 2059 표준을 사용한다고 언급하였다. 동기화는 비디오 시스템에 있어서 가장 중요하고 기본적인 과정이다. 시스템상의 모든 장비는 비디오와 오디오 정보를 성공적으로 생성, 전송, 복구하기 위해 반드시 동기화되어야 한다.

IP를 통한 Video에서 사용하기로 정해진 Video over IP 동기화 기술(SMPTE 2059)에 대하여 알아보고자 한다.

A Brief History of Time and Synchronization

컬러TV 초창기 시절에 우리는 4가닥의 케이블을 레퍼런스를 위해 사용했었다. 수평, 수직 타이밍, 블랙레벨, 그리고 칼라 서브케리어 레퍼런스를 필요로 했었고, 1970년도에 하나의 케이블을 Black-burst로 사용하였으며, 현재까지 사용하고 있다(RS-170A). HD를 위해 Tri-level 싱크가 소개되었고, 디지털 오디오를 위해 48KHz DARS word-clock을 사용한다. NTP(Network Time protocol)는 IP 네트워크에서 컴퓨터의 시간 및 날짜, logging time stamp에는 사용이 적절하다.

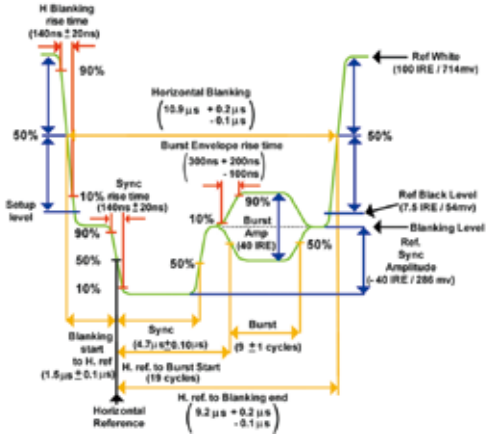

그림 1. Tri-level Sync

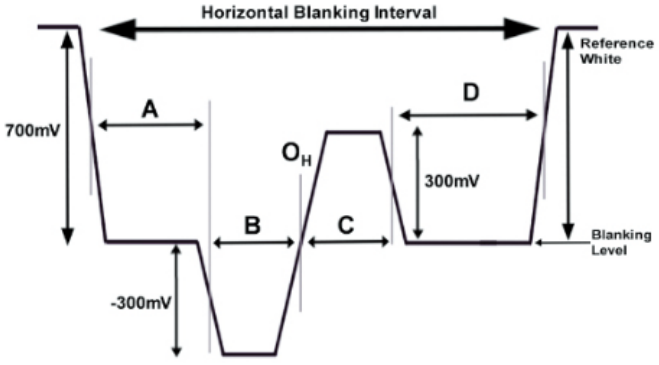

그림 2. Black Burst

Genlock Reference : Black Burst

Black Burst는 시스템 타이밍을 위해 사용되며 싱크 펄스는 Genlock과 H Drive/V Drive 신호를 위해 사용된다. 컬러 버스트는 칼라(SCH) 레퍼런스를 위해 사용되며 버스트와 싱크의 관계는 Genlock, SCH Phase 그리고 칼라 프레임 레퍼런스로 사용된다. H Timing 레퍼런스는 3번째 버스트 교차지점을 참조한다.

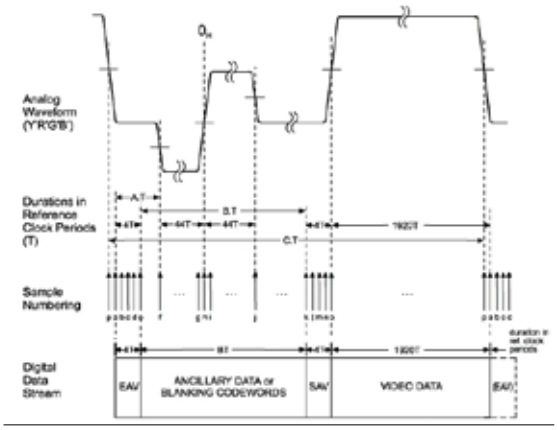

그림 3. Digital Horizontal Timing

그림 4. 3번째 버스트 교차점

What is PTP(IEEE1588)?

PTP는 네트워크 간 정확한 동기화를 가능케 하는 IEEE 1588 표준 시간 전송 프로토콜이다.

이더넷 기반의 네트워크는 본질적으로 비동기 방식이며 PTP(Precision Time protocol)는 이더넷 네트워크상에서의 서로 다른 노드(Node : 일종의 Device)들의 클럭들을 실시간으로 동기화시켜 주는 프로토콜이다. 한가지 주의할 점은 PTP는 네트워크 자체의 동기화를 시켜 주지 않는다. 이더넷 네트워크 자체를 동기화시켜 주는 기술은 SyncE임을 주의하길 바란다.

가장 최근 버전의 PTP는 IEEE 1588-2008에 정의되며 PTP version 2로 알려져 있다. SMPTE는 최근에 브로드캐스트 비디오 어플리케이션을 위해 특별히 PTP version 2 기반의 표준을 제정하였는데 이 표준이 SMPTE ST2059이다.

PTP Terms and Definitions

PTP Domain

·PTP를 사용하여 서로 동기화 된 클럭들의 논리적 그룹 : 다른 도메인의 클럭들과 동기화되지 않을 수 있다(그랜드 마스터 클럭을 공유하지 않을 경우)

Grandmaster Clock

·클럭 동기화를 위해 PTP를 사용하는 최상위 클럭 소스 시간

·브로드캐스트 어플리케이션에서는 보통 GPS나 GLONASS 또는 둘 다 동기화될 수 있다.

Master Clock

·도메인 상에서 동기화되어야 할 모든 클럭들의 기준 Clock

Slave Clock

·다른 클럭(보통 마스터 클럭)으로 동기화되는 클럭

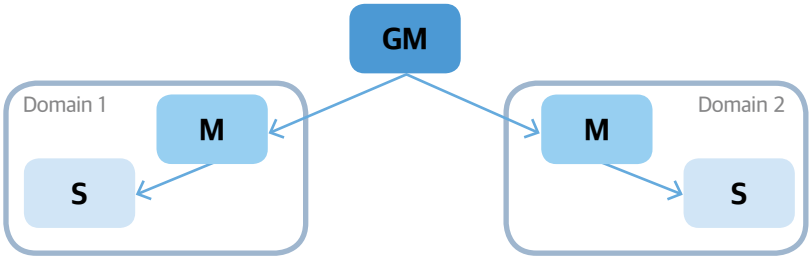

그림 5. Grand Master에 동기화되는 Domains

우주형
한국텍트로닉스(주) 부장

PTP 도메인 안에서는 네트워크의 시간 설정을 위한 몇 가지 메시지 타입들이 있다.

Announce

·동기화 계층구조를 확립

·어떤 클락이 Grandmaster가 될지 결정하는 기준과 클락의 상태 제공

Sync and Follow Up

·슬레이브가 시간을 도출 하기 위해 Grandmaster에 의해 전송

Delay Request

·슬레이브와 그랜드 마스터 사이의 전파 지연 시간을 결정하기 위해 슬레이브에서 그랜드 마스터에 시간 정보를 요청

Delay Response

·그랜드 마스터가 슬레이브에게 지연 요청 메시지를 접수한 시간

앞서 정의한대로 PTP는 네트워크를 통해 시간정보를 배포하는 방법이며, 하나의 그랜드 마스터는 하나 또는 그 이상의 슬레이브를 동기화 시키기 위한 시간 소스를 제공한다. 그랜드 마스터는 슬레이브가 시간값을 도출하기 위한 Sync와 Follow up message들을 주기적으로 보낸다.

이상적으로는 네트워크 지연은 각각의 슬레이브들에 프로그램화되고, 시간값을 받는 패킷에서 오프셋 시켜 보정된 시간값을 도출할 수 있다. 이러한 대칭적 시스템은 Point to Point IP 링크에서 가능하지만 불행히도 스위치/라우터 IP 네트워크에서의 지연값은 변화되기 쉽고 비대칭 구조이다. 그래서 슬래브 장치들은 지연 요청 메시지들을 그랜드 마스터에게 주기적으로 보내야만 하며, 그랜드 마스터는 정확하게 요청 메시지가 도착한 시간 값(Time stamp)을 지연 응답메세지에 넣어서 다시 슬레이브에 보내야 한다.

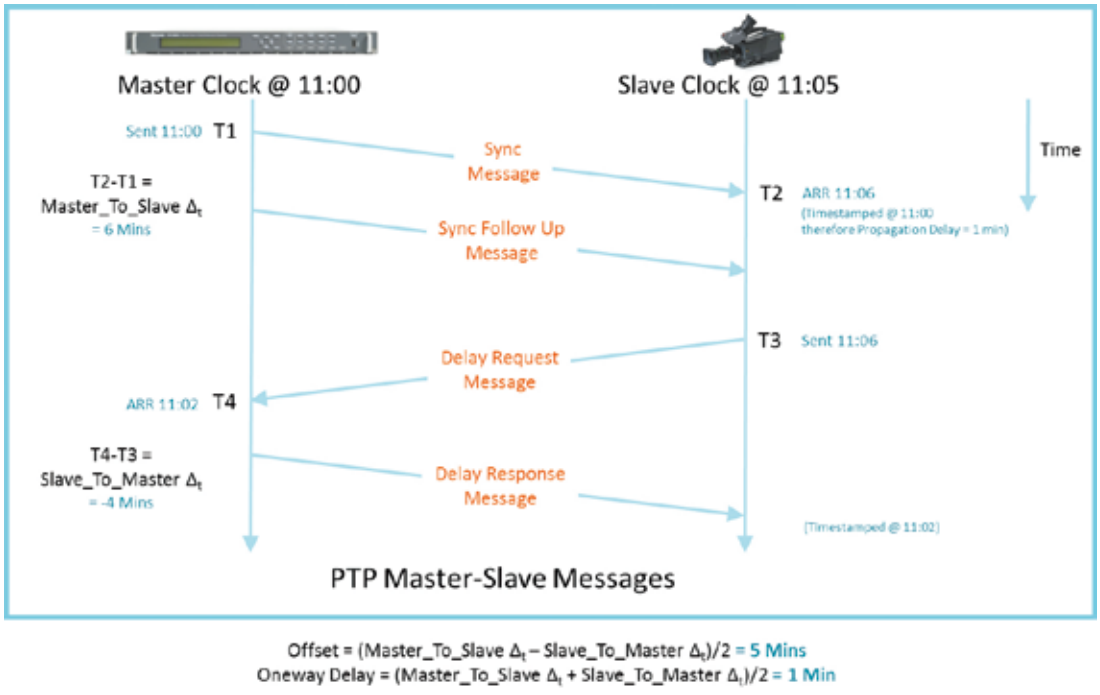

그림 6. PTP 네트워크에서 정확한 타이밍을 도출

위의 그림을 참조해서 보면, 슬레이브는 마스터에서 슬레이브까지의 Sync paket dealy(T2-T1)과 슬레이브에서 마스터까지의 Delay request packet-delay(T4-T3)를 사용하여 자신의 클락과 그랜드 마스터의 클락 차이를 계산할 수 있다. 오프셋은(슬레이

브 시간-마스터시간)=[(T2-T1)-(T4-T3)]/2이며, Oneway 지연은[(T2-T1)+(T4-T3)]/2이다. 슬레이브 시간의 정확한 보정을 위해 지연은 양방향이 일치하여야 한다.

클락의 콘트롤 루프는 슬레이브 시간을 마스터에서 슬레이브, 슬레이브에서 마스터 지연 시간을 같게 나타나도록 offset 조정한다. 즉 콘트롤 루프는 슬레이브 타임을 T2-T1=T4-T3 값이 되게 조정한다.

Best Master Clock Algorithm (BMCA)

BMCA는 그랜드 마스터 클락이 아래와 같은 경우들과 같이 계속해서 제 기능을 하지 못하는 경우 다른 가장 정교한 클락 시스템이 그 기능을 인수하는 알고리즘이다.

·GPS Lock 상실 Loses GPS lock

·네트워크에서 연결이 끊어질 경우

·다른 사유로 그랜드 마스터 클럭 기능을 제공하지 못할 경우

BMCA Criteria

BMCA 알고리즘은 네트웍상의 모든 클락에 실행 되며 아래와 같은 우선순위 명령에 따라서 어떤 마스터 클럭이 그랜드마스터가 될지 결정하는 기준들을 사용한다.

·Priority 1 Field (lowest value <= 128 wins)

·Clock class (e.g. GPS locked or free running)

·Clock accuracy

·Clock variance (jitter and wander)

·Priority 2 Field (lowest value <= 128 wins)

·Tie-breaker is Clock Source Port ID

(usually the Ethernet MAC address)

그림 7. 슬레이브/그랜드마스터 상태 결정

Main and Backup Grandmaster Failover

두 개(또는 이상)의 동일한 여분의 그랜드마스터들 사이에서 메인 백업 클락을 결정짓기 위해 The priority 2 Field가 사용된다.

- Main Grandmaster (Priority Field 1 = 128; Priority Field 2 = 127)
- Backup Grandmaster (Priority Field 1 =128; Priority Field 2 = 128)

동일한 두대의 마스터들이 GPS에 연결되어 있고, 동일한 품질의 클락을 가지고 있다면 Filed value가 가장 낮은 마스터 클락이 그랜드 마스터가 된다.

만일 메인 클락이 GPS 신호를 잃어버린다면 백업 클락이 그랜드 마스터 클락의 역할을 한다.

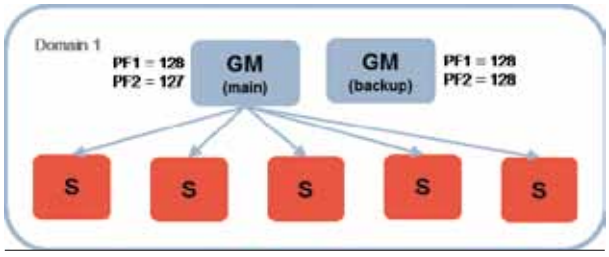

그림 8. 자동 failover를 위한 메인/백업 그랜드 마스터 구성