

# 타일드 디스플레이의 화면 동기화 성능 평가

이지애, 안남원, 하태진, 임혁

광주과학기술원

{jiaehlee, nwan, tjha, hlim}@gist.ac.kr

## Performance Evaluation of Display Synchronization in Tiled Displays

Jiae Lee, Namwon An, Taejin Ha, and Hyuk Lim

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### 요약

타일드 디스플레이 기술은 하나의 화면을 여러 디스플레이로 분할하여 표현하는 기술로 그 확장성과 유연성 등 다양한 장점으로 인해 여러 응용 분야에 사용되고 있다. 그러나 하나의 영상을 여러 디스플레이로 재생할 경우 각 디스플레이 간 동기오차가 발생할 수 있고, 이는 화면의 일관된 표현을 저해하게 된다. 본 논문에서는 타일드 디스플레이에서 다양한 디스플레이 동기화 기술의 개발 및 테스트에 활용될 수 있는 PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템을 구축하고, 다중 디스플레이 동기오차를 측정한다.

### I. 서론

최근 고해상도 동영상 기술의 발달로 인해 4K, 8K의 영역까지 비디오 해상도가 높아지고 있고, 이러한 높은 수준의 해상도를 가지는 동영상을 여러 디스플레이를 통해 표현하는 방법이 널리 사용되고 있다.

타일드 디스플레이(Tiled display)는 하나의 화면을 여러 디스플레이에 분할하여 재생하는 기술로 디스플레이 하드웨어 추가를 통한 해상도 확장이 용이하고, 디스플레이 배치에 따라 해상도 비율의 간편한 조율이 가능하여 digital signage, interactive media art, sports broadcasting, monitoring system 등 다양한 분야에 널리 사용되고 있다. 그러나 하나의 화면을 독립된 여러 디스플레이로 분할하여 표현하기 때문에, 각 디스플레이 간 동기오차는 동영상의 끊김 없고 일관된 표현을 저해하게 된다.

디스플레이 간 동기오차를 줄이기 위해 동영상의 각 프레임이 동기화하여 디스플레이하는 연구가 진행되어 왔다. 대표적으로 마스터와 슬레이브 간 동기화 메시지 교환을 통한 프레임 동기화 기법과 각 디스플레이 장치 간 시간 동기화를 통한 디스플레이 동기화 방식 등이 있다[1][2].

본 논문에서는 다중 디스플레이 기술의 개발 및 테스트를 위한 PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템을 구축한다. 그리고 다양한 디스플레이 동기화 알고리즘의 시간 동기 측정 및 검증에 활용될 수 있는 광센서와 타임스탬프 기반 동기오차 측정 시스템을 구현한다.

### II. PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템

본 논문의 PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템은 그림 1과 같이 임베디드 보드와 네트워크 스위치, 모니터로 구성된다. 각 임베디드 보드는 같은 네트워크로 연결되어 있고, PiWall 소프트웨어를 통해 타일드 디스플레이를 구성한다.

PiWall은 라즈베리파이(Raspberry Pi) 임베디드 보드를 위한 오픈소스 기반 타일드 디스플레이 소프트웨어로, 하나의 동영상을 그리드 방식으로 나누어 라즈베리파이에 연결된 디스플레이에 표현할 수 있게 한다[3].

각 라즈베리파이에 PiWall 소프트웨어를 설치하고 연동하여 미디어 서버와 클라이언트를 구성한다. 미디어 서버는 멀티캐스팅(multicasting) 방식을 이용하여 네트워크를 통해 동영상 스트리밍을 전송하며, 이를 각

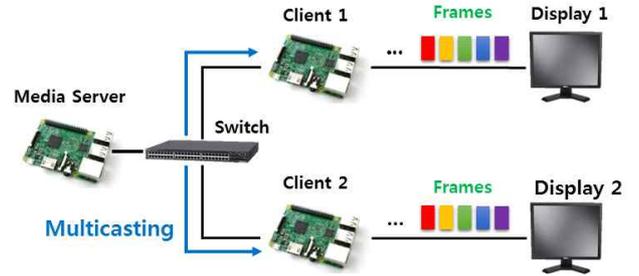


그림 1. PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템

미디어 클라이언트에서 프레임별로 디코딩하고 디스플레이를 수행한다.

### III. 다중 디스플레이 동기오차 측정 방법

본 논문에서는 타일드 디스플레이에서 디스플레이 간 동기화 성능 측정 및 평가를 위해 각각 광센서와 타임스탬프를 활용한 두 가지 방식의 다중 디스플레이 동기오차 측정 시스템을 구축한다.

#### A. 광센서를 활용한 동기오차 측정 방법

디스플레이 간 프레임 동기오차를 하드웨어로 정밀하게 측정하기 위해 그림 2와 같이 광센서를 활용하여 신호를 수집 및 비교하는 시스템을 구축한다. 타일드 디스플레이에서는 일정한 동영상 패턴(예, 블랙 - 화이트)을 특정 주기에 따라 반복해서 재생한다. 그리고 각 디스플레이의 동일한 위치에 광센서를 부착하고, 브레드보드를 통해 파워 서플라이와 오실로스코프를 연결한다.

동영상이 재생될 때 블랙 - 화이트 프레임이 주기적으로 번갈아가며 나타나므로 광센서로 수집되는 전압 신호가 고전압(화이트)과 저전압(블랙)을 반복하게 된다. 오실로스코프에서는 두 주기적인 전압 신호의 위상차를 비교하여 디스플레이 간 프레임 동기오차를 측정한다.

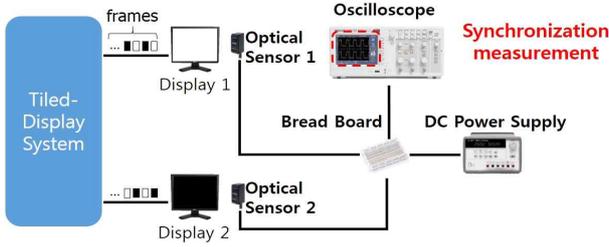


그림 2. 광센서 기반 다중 디스플레이 측정 시스템

### B. NTP와 타임스탬프를 활용한 동기오차 측정 방법

광센서 기반 측정 시스템은 일정한 패턴을 가진 동영상의 동기오차를 측정할 때는 유용하나 하나의 영상이 분할되어 서로 다른 주기와 빛의 세기를 가진 소스의 동기오차를 측정하고 비교하기 어렵다. 따라서 소프트웨어 기반 측정 시스템을 구축하여 다양한 고해상도 소스의 동기오차를 측정한다. 하드웨어 기반의 측정 시스템은 렌더링과 디스플레이 장치의 성능까지 고려된 측정방식이기 때문에, 디스플레이 장치 간 프레임 동기오차를 소프트웨어로 측정하는 방법은 먼저 시간 동기화를 수행하고, 렌더링 직후에 타임스탬프를 기록한다. 각 디스플레이간 시간 동기화를 위해 Networking time protocol (NTP)를 이용한다. NTP를 통한 일반적인 시간 동기화 방법은 인터넷을 이용해 접근가능한 공용 NTP 서버에 시간을 동기화 하는 것이다. 그러나 공용 NTP 서버를 이용하는 경우 수십에서 수백 ms까지 비교적 큰 시간오차가 발생하여 프레임 동기오차 측정에 적합하지 않다. 보다 정확한 시간 동기화를 위해 미디어 서버에 local NTP 서버를 구축하고, 모든 미디어 클라이언트가 1 ms 오차 내 시간 동기화가 되도록 구성한다[4]. NTP를 통해 동기화된 로컬 시간을 기반으로 각 미디어 클라이언트에서 동영상 프레임별로 타임스탬프를 기록하도록 PiWall 소프트웨어를 수정한다. 미디어 클라이언트에서 동영상의 각 프레임 데이터를 디코딩하고, 디스플레이하기 위해 그래픽 카드 드라이버로 데이터를 넘겨주기 직전 타임스탬프를 기록하도록 구현한다. 기록된 각 프레임별 타임스탬프를 비교하여 디스플레이 간 프레임 동기오차를 측정한다.

### IV. 실험

본 논문의 PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템에서 두 동기오차 측정 시스템을 이용해 디스플레이 간 동기오차 측정 실험을 수행하였다.

광센서 기반 동기오차 측정 시스템을 이용한 실험에서는 빛의 세기 차이가 큰 블랙과 화이트 프레임을 500 ms마다 교차하는 FHD급 동영상을 만들어 재생하였다. 그리고 그림 3과 같이 각 디스플레이 장치에서 실시간으로 수집되는 빛을 오실로스코프에서 비교하였고, 스냅샷 화면의 분석을 통해 두 신호 간 약 14 ms 정도의 위상차가 발생하는 것을 확인하였다.

타임스탬프 기반 동기오차 측정 시스템을 이용한 실험에서도 위와 동일한 동영상에 대해 각 프레임의 타임스탬프 비교를 통하여 동기오차를 측정하였다. 1000개 프레임을 비교하였을 때, 14 ms에서 34 ms (평균: 24 ms)의 동기오차를 가지는 것으로 측정되었다.

그림 4는 SD와 FHD 급 테스트 동영상(영화)에 대해 타임스탬프를 이용한 동기오차 측정 시스템으로 측정한 결과이다. 타임스탬프를 이용한 동기오차 측정 시스템은 특정 주기를 반복하는 동영상 (블랙 - 화이트 프레임)뿐만 아니라 임의의 동영상에 대해 동기오차를 측정할 수 있다. FHD 급 테스트 동영상에서 평균적으로 21 ms, SD 급 동영상에서 평균적으로 2 ms의 동기오차를 보였다. 이는 각 디스플레이에서 담당하는 부분영상의 복잡도에 따라 처리시간이 다르고, 이에 의한 동기오차는 FHD 급 동영상에서 훨씬 크다는 것을 알 수 있다. 광센서를 활용한 동기오차 측정결

과와 비교해 볼 때, SD 급 동영상의 오차는 그림 3의 14ms 보다 작으며, 이는 블랙-화이트 프레임의 경우 매 프레임 간 유사성이 낮아 오히려 처리시간이 길어지기 때문으로 보인다.

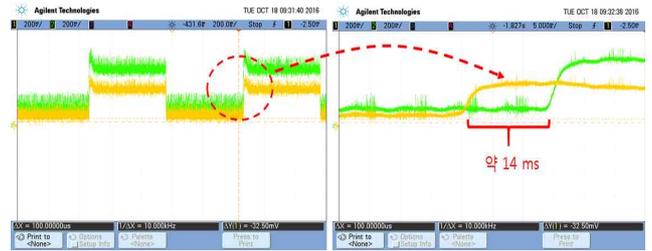


그림 3. 광센서를 활용한 블랙 - 화이트 프레임 동기오차 측정 스냅샷

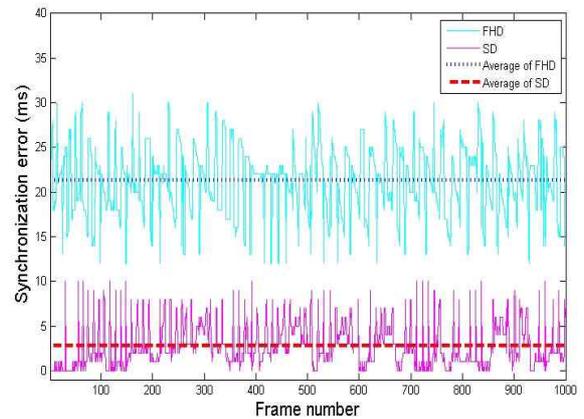


그림 4. 타임스탬프를 활용한 동영상 종류별 (SD, FHD) 동기오차 측정

### V. 결론

본 논문에서는 라즈베리파이 임베디드 보드를 이용하여 PiWall 기반 타일드 디스플레이 시스템을 구축하고, 광센서와 타임스탬프를 활용한 동기오차 측정 시스템을 구축하였다. 본 논문의 테스트베드와 동기오차 측정 시스템은 타일드 디스플레이를 활용한 다양한 연구 및 개발, 검증에 크게 사용될 것으로 기대된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 문화체육관광부와 한국콘텐츠진흥원의 문화기술 연구개발 지원사업 및 미래창조과학부의 재원으로 정보통신기술 진흥센터의 지원 (No. R7117-16-0218, 이중 다수 클라우드 간의 자동화된SaaS 호환성 지원 기술 개발)을 받아 수행된 연구임.

### 참고 문헌

- [1] Nam, S., Deshpande, S., Vishwanath, V., Jeong, B., Renambot, L., and Leigh, J. "Multi-application inter-tile synchronization on ultra-high-resolution display walls," Proceedings of ACM SIGMM Conference on Multimedia systems, pp. 145-156, February 2010.
- [2] Choe, G., Yu, J., Choi, J., and Nang, J. "Design and implementation of a real-time video player on tiled-display system," Proceedings of IEEE International Conference on Computer and Information Technology, pp. 621-626, October 2007.
- [3] PiWall (<http://www.piwall.co.uk/>)
- [4] De Vito, L., Rapuano, S., and Tomaciello, L. "One-way delay measurement: State of the art," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement vol. 57, no. 12, pp. 2742-2750, December 2008.