

---

## 네트워크 타일드 디스플레이의 동기화된 미디어 가시화를 위한 자원 할당

### Resource Allocation for Synchronized Media Visualization over Networked Tiled Display

배창혁, Changhyeok Bae\*, 김종원, JongWon Kim\*\*  
광주과학기술원 정보기전공학부 네트워크미디어 연구실

---

**요약** 초고해상도 디스플레이 솔루션의 하나인 네트워크 타일드 디스플레이는 프로세싱(디코딩, 렌더링)과 디스플레이가 분산되어 존재하여 동시에 많은 실시간으로 미디어를 프로세싱하여 가시화 할 수 있다. 하지만 현재 구조상 사용자는 각 미디어를 프로세싱 하고 디스플레이 하기 위해 요구되는 자원과 각 프로세싱 하는 머신에서 가용한 자원을 사전에 알고 적절한 프로세싱, 디스플레이 머신을 직접 선택해야 한다. 이러한 절차를 간소화 하고자 본 논문에서는 미디어와 네트워크 타일드 디스플레이를 구성하기 위해 필요한 자원을 분석하고 이를 바탕으로 새로운 미디어를 가시화하고자 할 때 동적으로 프로세싱 하는 머신에 자원을 할당하는 방법을 제시하고자 한다. 또한 제안된 방법을 실제 네트워크 타일드 디스플레이에 적용하여, 본 방법의 타당성을 구현 결과를 통해 확인하고자 한다.

**Abstract** Recently as a scalable ultra-high-resolution display solution, networked tiled displays are realizing the simultaneous visualization of large number of media contents by dividing the processing (including decoding and rendering) and displaying tasks of display applications. However, users directly should know required resources in advance and directly choose machines for processing and displaying of media. In order to reduce the complexity, we propose new methods that analyze required resources for visualization of media and allocate the resources to processing machines. The usability of proposed method is verified by running several experiments over networked display system.

**핵심어:** 네트워크 타일드 디스플레이, 자원 할당

---

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과(ITA-2008-C1090-0801-0017)와 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심기술개발사업(2008-F-029-01, 사이버컴퓨팅기반 e-organ시스템 개발)의 일환으로 수행하였음.

\*주저자: 광주과학기술원 정보기전공학부; e-mail: chbae@nm.gist.ac.kr

\*\*교신저자: 광주과학기술원 정보기전공학부 교수; e-mail: jongwon@nm.gist.ac.kr

## 1. 서론

최근 의료, 과학 등 다양한 산업 분야에서 초고해상도의 미디어를 가시화하기 위한 초고해상도 디스플레이에 대한 관심과 필요성이 증가하고 있다. 또한 큰, 고해상도 디스플레이가 작고, 낮은 해상도의 디스플레이에 비해 사용자의 작업 능률, 만족도가 더 높다는 것을 알게 되었다[1]. 그래서 고해상도의 디스플레이를 구성하기 위한 솔루션으로 여러 대의 LCD 모니터를 하나의 머신에 연결하여 초고해상도 디스플레이를 구성하는 방법, 여러 대의 머신과 여러 대의 프로젝터를 이용하여 디스플레이를 구성하는 방법 등 여러 가지 방법 [2]이 존재한다. 다양한 초고해상도 디스플레이 구성 방법 중 본 논문에서는 네트워크 타일드 디스플레이 시스템의 구성에 대해서 소개한다. 네트워크 타일드 디스플레이는 고성능의 컴퓨팅 자원이 요구하기 때문에 자원 관리는 필수 불가결한 요소라고 할 수 있다. 자원 관리 방법에는 우선순위 기반의 미디어 자원 할당 [3], 미디어의 동적인 프레임 레이트 조절 방법 [4]등이 기존에 제안되었다. 본 논문에서는 시스템을 분석하여 모델로 표현한 후 현재 사용하고 있는 시스템에서 미디어 가시화 절차에 대한 한계를 진단하고 이를 보완하는 방법을 제안하고 보다 효율적인 자원 관리를 위해 자동으로 자원을 할당하는 방법을 제안한다.

타일드 디스플레이는 여러 대의 LCD 모니터를 격자형으로 배치하여 여러 대의 모니터를 마치 하나의 가상 모니터처럼 사용할 수 있게 구성하는 디스플레이 방법이다. 네트워크 타일드 디스플레이는 콘트롤, 프로세싱, 디스플레이하는 머신을 각각 분산하여 배치하고 이를 네트워크로 서로 연결하여 통신을 하여 프로세싱, 디스플레이 머신의 확장성을 높인 디스플레이 방법이다. 네트워크 타일드 디스플레이가 가지는 장점으로 디코딩과 렌더링을 하는 프로세싱 머신과 디스플레이를 하는 머신이 분리되어 여러 대가 존재하여 동시에 수많은 고해상도 미디어를 타일드 디스플레이에 가시화 할 수 있다. 하지만 현재 존재하는 네트워크 타일드 디스플레이 시스템 [5, 6]에서 미디어를 가시화하기 위해서는 먼저 여러 대의 프로세싱하기 위한 머신들 중 가시화하기 위한 미디어를 프로세싱하기 위해 충분한 자원을 가진 머신을 사용자가 직접 판단하여 선택해야 한다. 이를 선택하기 위해서 사용자는 미디어를 프로세싱하기 위한 자원과 여러 대의 프로세싱하기 위한 머신들이 가용할 수 있는 자원을 사전에 알고 이를 바탕으로 어느 프로세싱 머신이 가장 적합한지 직접 선택해야 하는 불편함이 있다. 이는 사용자 입장에서 불필요한 부분이다.

본 논문에서는 사용자의 입장에서 쉽고, 간단하게 네트워크 타일드 디스플레이를 사용할 수 있도록 하기 위해, 사용자가 단지 미디어만 선택하면 고해상도 네트워크 타일드 디스플레이에 그 미디어를 가시화하기 위해 동적으로 프로세

싱 머신을 할당하는 방법을 제안하고자 한다. 이 방법을 효율적으로 표현하기 위해 미디어와 네트워크 타일드 디스플레이를 구성하는 자원을 분석하여 간단한 모델로 제시하고자 한다. 제안된 방법을 경험적으로 검증하기 위하여, 실제 광주과학기술원의 네트워크 미디어 연구실에서 사용하고 있는 네트워크 타일드 디스플레이 시스템인 SMOD (SMeet ONE Display) [6]에 적용하여 실현 가능성을 검토해 보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 네트워크 타일드 디스플레이의 구조에 대해서 설명하고 구조에 따라 시스템을 모델로 정의하여 소개한다. 3절에서는 현재 상황에서 미디어를 타일드 디스플레이에 가시화하기 위한 절차를 소개하고 이 단점을 보완하기 위해 제안된 절차를 소개한 후 제안된 절차에 적용시킬 동기화된 미디어 가시화를 위한 자원할당 방법을 소개한다. 4절에서는 실제 구현 방법과 실제 적용을 통한 검증 결과에 대해 소개하고 마지막으로 5절에서 결론과 향후 계획에 대해서 논의하면서 본 논문을 마무리한다.

## 2. 네트워크 타일드 디스플레이 구조와 모델 정의

본 절에서는 광주과학기술원의 네트워크 미디어 연구실에서 사용하고 있는 네트워크 타일드 디스플레이 시스템 SMOD의 구조에 대해서 소개하고 구조에 따른 시스템 모델을 정의하고자 한다.

### 2.1 SMOD 구조

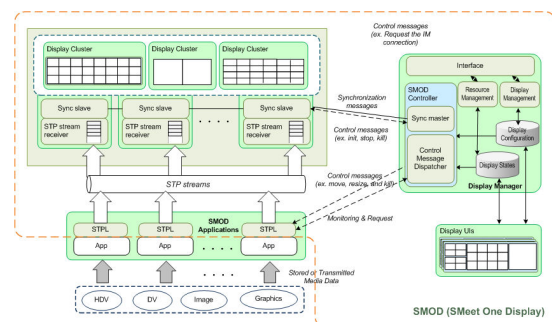


그림 1. SMOD 구조.

그림 1은 SMOD를 구성하기 위한 시스템 구조이다. SMOD는 Display Manager, SMOD Displayers, SMOD Applications이 각각 분산되어 존재하고 이를 네트워크를 통해 연결하여 구성된 네트워크 타일드 디스플레이 시스템이다. Display Manager는 SMOD 구성하기 위해 존재하는

모든 Displayers, Applications의 목록을 가지고 설정을 하고, 현재의 시스템 구성과 자원의 상황에 따라서 환경 설정 및 자원을 관리 한다. 본 논문에서는 Display Manager의 다양한 모듈 중 자원 관리하는 모듈의 일부를 사용한다. SMOD Application은 원격지로부터 받은 미디어(이미지, 비디오 등)를 디코딩하고 SMOD에서 가시화 할 수 있도록 STPL (SMOD Transportation Library)을 이용하여 변환한 후 프로토콜로 포장하고 미디어를 가시화 할 해당 Displayers에 맞게 분할한 후 전송한다. SMOD Display는 SMOD Application에서 받은 미디어를 동기화를 통해 가시화 하는 역할을 한다. 본 논문에서 언급하는 동기화란 하나의 미디어가 타일드 디스플레이의 여러 개 모니터에 나누어 하나처럼 가시화 되고 있을 때 각각의 모니터에 나누어져 가시화되고 있는 미디어의 조각들은 같은 순간에 같은 부분을 가시화한다는 것을 의미한다. 또한 이 시스템에 가시화되고 있는 미디어들은 컨트롤을 할 수 있는 권한만 있으면 Web GUI [7]를 통해 어디서든 쉽게 컨트롤(이동, 크기조절 등)이 가능하다.

현재 사용하고 있는 SMOD 구조에서 사용자는 로컬/원격지로부터 전송되는 미디어를 타일드 디스플레이에 가시화 하기 위해 미디어를 처리하기 위해 요구되는 자원과 현재 남아있는 SMOD Applications의 자원을 바탕으로 여러 개의 SMOD Application 머신 중 하나를 사용자가 직접 선택하여야 한다. 이는 사용자들에게 불필요하게 많은 정보를 알도록 요구하지만 실제로는 불필요한 동작이다. 본 논문의 3절에서는 위의 문제를 해결하고자 미디어 가시화를 위한 자원 할당 즉 사용자는 단지 가시화하고 싶은 미디어를 선택하면 시스템에서 자동으로 SMOD Application 머신이 배정되어 타일드 디스플레이에 가시화 할 수 있는 방법을 제안한다.

## 2.2 SMOD 시스템 모델

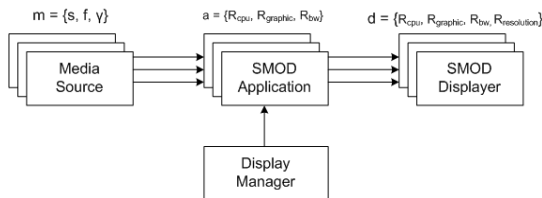


그림 2. SMOD 시스템 모델.

그림 2는 SMOD 시스템의 모델이다. 이 모델에서 Display Manager는 시스템 성능에 많은 영향을 미치지 않기 때문에 고려하지 않는다. 위의 시스템 모델을 이용하여 SMOD를 구성하는 각 요소 (Media Source, SMOD Application, SMOD Display), 요소 사이의 관계, 요소들

의 사용 가능한 리소스를 표현할 수 있다. 이 모델을 바탕으로 SMOD의 성능을 평가하는 방법을 향후에 제안하여 실제 시스템을 구축하여 테스트하기 전에도 현재 보유한 자원을 가지고 어느 정도의 성능으로 동기화된 미디어를 타일드에 가시화 할 수 있는지 사전에 예측할 수 있게 된다.

표 1. Notation

Notation	Meaning
$A$	Set of SMOD application $a$
$D$	Set of SMOD Displayer $d$
$M$	Set of Media $m$
$s, f, \gamma$	a frame size, frame rate per sec, compression ratio
$R_{cpu}, R_{graphic}, R_{bw}$	resources: cpu, graphic, bandwidth
$R_{required}(m)$	$m$ 을 가시화하기 위해 요구되는 자원

표 1은 네트워크 타일드 디스플레이의 시스템 구조를 나타내기 위해 사용하는 기호들이다. 본문에 들어가기 앞서 본 논문에서 사용하는 자원에 대한 의미를 제한하고자 한다. 자원이란 SMOD를 구성하는 머신에서 사용 가능한, 또는 미디어를 가시화하기 위해 필요한 네트워크 대역폭만을 의미한다.

$$R_{required}(m) = s \times f \quad (1)$$

수식 (1)은 s만큼의 frame size와 f만큼의 fps를 가진 미디어를 프로세싱하기 위해 필요한 자원을 의미한다.

## 3. 미디어 가시화를 위한 자원 할당 방법

본 절에서는 현재의 SMOD에서 미디어 가시화 절차에 대해 소개하고 자동으로 자원 할당을 위해 새로운 미디어 가시화 절차를 제안한다. 또한 미디어를 가시화하기 위한 자원 할당 방법에 대해 소개한다.

### 3.1 SMOD에서 미디어 가시화 절차

본 절에서는 현재 사용하고 있는 SMOD 환경을 바탕으로 미디어 소스에서 HD 비디오를 전송하고 그 미디어를 SMOD Application에서 받아서 타일드 디스플레이에 가시화하는 절차에 대해서 알아보려고 한다. 우리는 소스에서 여러 개의 HD 비디오를 네트워크 멀티캐스트를 이용하여 전송하고 Display Manager와 사용자는 그 주소를 알고 있다고 가정

한다.

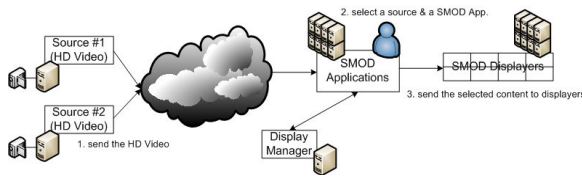


그림 3. SMOD에서 미디어 가시화 절차.

그림 3는 현재 SMOD에서 미디어를 가시화하기 위한 절차를 보여준다. 미디어 소스에서는 HD 화질의 비디오를 멀티캐스트를 이용하여 방송하고 있다고 가정한다. 사용자는 미디어 소스 #1과 #2의 방송 주소 또한 이미 알고 있다고 가정하고 이 방송을 타일드 디스플레이에서 보기 위해 방송을 받아서 디코딩 한 후 타일드 디스플레이에서 볼 수 있는 형태로 변환할 수 있는 능력(리소스 측면)을 가진 SMOD Application을 직접 선택하고 선택된 머신에서 실행 명령을 입력한다. 그렇게 때문에 사용자는 HD 비디오를 타일드 디스플레이에 가시화하기 위해 필요한 자원과 각각의 SMOD Application들의 사용가능한 자원을 사전에 알아야한다. 이는 일반적인 사용자들 입장에서는 번거롭고 불필요한 부분이다.

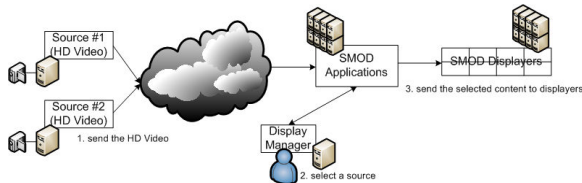


그림 4. 제안된 미디어 가시화 절차.

그림 4는 자원 할당 방법을 적용하기 위한 새로운 미디어 가시화 절차를 보여준다. 제안된 미디어 가시화 절차에서 사용자는 SMOD Applications이 몇 개가 얼마만큼의 자원을 가지고 존재하고 있는지 소스에서 보내는 HD 비디오를 처리하기 위해 얼마만큼의 자원이 필요한지에 대해서 고려할 필요가 없다. 단지 사용자는 자기가 보고 싶은 HD 비디오만 Display Manager가 제공하는 GUI에서 선택하면 Display Manager의 자원 관리 모듈에서 3.2절의 방법에 따라서 가장 적합한 SMOD Application을 자동으로 선택한 후 가시화할 수 있게 해준다.

### 3.2 미디어 가시화를 위한 자원 할당 방법

#### 미디어 가시화를 위해 가장 적합한 $a$ 를 찾는 방법

```

A: {a0, a1 ... an}
LIMIT ← 100

s ← previous selected a

for k ← s to n-1 do
    temp ← (Rtotal(ak) - Rusage(ak) - Rrequired(m))
    if temp < LIMIT
    then
        s ← temp
        break
    else
        k ← (k + 1) mod n
    end if
end for

return as

```

위의 방법은 자원 할당을 위해 가장 적합한 SMOD Application을 선택하는 것으로 미디어가 요구하는 자원과 SMOD Application의 현재 가용한 자원을 비교하여 가장 적합한 것을 선택한다. SMOD Application에서 HD 비디오를 가시화하기 위해 사용하는 SVC (Scalable Visualization Consumer) [8] application은 SMOD Application의 현재 리소스 상황을 보고 동적으로 전송 프레임 비율을 조절한다. SVC의 특성을 고려하여 제안된 방법은 최대한 높은 프레임 비율로 전송하고 보유한 SMOD Application 머신을 최대한 이용할 수 있도록 고려한다. 즉 최대한 높은 프레임 전송할 수 있도록 SMOD Application 머신을 라운드 로빈 방식과 가용한 리소스가 가장 많이 남은 머신을 선택하는 방식을 혼용하여 사용하는 방법을 제안한다.

### 4. 구현 방법 및 구현 결과

본 논문에서는 광주과학기술원의 네트워크 미디어 연구실의 30 inch LCD (2560x1600) 8장을 이용한 4x2 네트워크 타일드 디스플레이 시제품에 실제 제안된 방법을 적용하였다. 4x2의 타일드 디스플레이를 구성하기 위해 각 LCD 모니터에 머신을 연결하여 SMOD Display로 구성하였고 SMOD Application은 1Gbit의 네트워크 인터페이스를 가진 두 대의 머신을 사용하였다. 또한 미디어 전송을 위해 JVC HD1KR 두 대를 IEEE1394 인터페이스를 통해 머신에 연결하여 사용하였다. 콘트롤 머신과 Display Manager 머신은 1대의 머신을 이용하여 구성하였다.

Display Manager는 Java언어를 이용하여 개발이 되어 있고 SMOD를 구성하는 모든 머신들의 구성과 자원 상황을 관리하고 이를 위해 타일드 디스플레이에 가시화되고 있는 미디어의 정보 관리 모듈, 환경 설정 모듈, 자원 관리 모듈, GUI 모듈 등을 가지고 있다. 본 논문에서는 Display Manager의 자원 관리 모듈에 제안된 동적 자원 할당 방법

을 적용하여 SMOD Application을 선택하는 방법을 추가적으로 구현함으로써 Display Manager GUI를 통해 사용자가 쉽게 미디어를 타일드 디스플레이 상에 가시화 할 수 있도록 구현하였다. 또한 각 SMOD Application에는 자신의 사용가능한 자원을 Display Manager에 주기적으로 보고하도록 구현하였다.

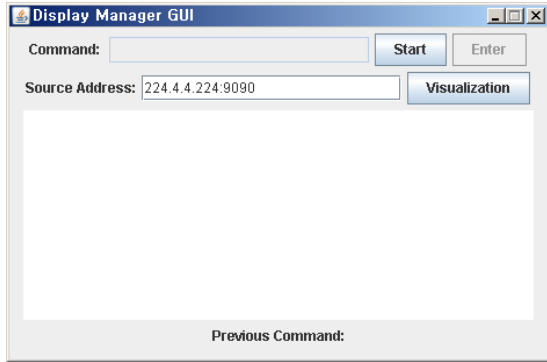


그림 5. Display Manager GUI.

그림 5는 Display Manager GUI이다. GUI의 Source Address에 미디어 소스의 주소와 포트를 [IP:PORT] 형태로 적고 Visualization 버튼을 누르면 제안된 방법을 통해 자동으로 SMOD Application이 선택된 후 미디어가 타일드 디스플레이 상에 가시화된다.

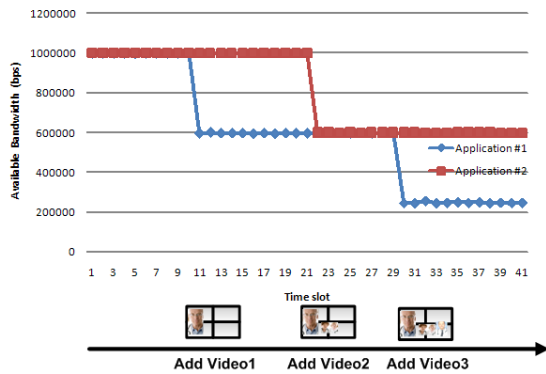


그림 6. 실험 결과.

그림 6은 제안된 자원 할당 방법을 적용시켜 미디어를 가시화할 때 각 SMOD Application에서 사용 가능한 자원을 보여준다. 그림 6에서 비디오 1을 가시화 하고자 했을 때 SMOD Application #1의 사용가능한 자원이 감소하였다. 이는 제안된 방법에 따라 SMOD Application #1의 자원을 사용한다는 것을 알 수 있다. 이처럼 비디오 2, 3도 각각 SMOD Application #2, #1에 할당되었다.

## 5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 사용자가 자신이 원하는 소스로부터 오는 HD 비디오를 자원 할당 방법을 적용하여 쉽고 간편하게 초고해상도 네트워크 타일드 디스플레이를 이용하여 가시화할 수 있게 하는 방법을 제안하여 실제 시제품에 적용하였다.

본 논문에서는 다른 리소스 (CPU, 그래픽) 성능에 대한 고려 없이 네트워크 트래픽만을 가지고 SMOD Application을 선택하였다. 향후에는 미디어를 가시화를 위해 필요한 모든 리소스를 고려하여 자동 할당하는 방법을 넘어 동적인 자원 할당 방법을 제시 할 것이다. 또한 현재 사용자가 편하게 접속하여 사용할 수 있는 Web GUI에 소스를 선택 할 수 있는 인터페이스를 추가하여 더욱 사용자를 위한 접근성을 좋게 하도록 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] M. Czerwinski, "Toward characterizing the productivity benefits of very large displays," in *Proc. Interact 2003*, IOS Press, 2003.
- [2] N. Tao, S. Greg S, S. Oliver G, L. Mark A, B. Robert and M. Richard, "A survey of large high-resolution display technologies, techniques, and applications," in *Proc. IEEE Virtual Reality Conference*, 2006.
- [3] C. Bae, K. Choi and J. Kim, "Priority-based adaptation of multiple media-display instances in networked tiled display systems," in *Proc. Collabtech 2008*, Japan, 2008.
- [4] K. Choi, "Clustered networked display system and performance analysis," MS. Thesis, GIST, Korea, 2008.
- [5] L. Renambot, et. al., "SAGE: The scalable adaptive graphics environment," in *Proc. Workshop on Advanced Collaborative Environments*, Nice, France, 2004.
- [6] K. Choi, S. Han, and J. Kim, "Supporting high-performance networked-based clustered displays for advanced collaboration environments," in *Proc. SPIE ITCOM*, 2007.
- [7] R. Vinay, C. Bae, and J. Kim, "A web-based networked display user interface for smart meeting spaces," in *Proc. 한국정보과학회 추계학술발표회*, 2008.
- [8] J. Kim, J. Moon, J. Kwak, and J. Kim, "Decomposable decoding and display structure for scalable media visualization over advanced collaborative environment," in *Proc. HCI 2006*, 2006.