



가시화 시스템의 최종 설치사양  
(Specification of KISTI' visualization system)

구 기 범 (voxel@kisti.re.kr)

한국과학기술정보연구원  
Korea Institute of Science & Technology Information

---

---

# 목차

1. 서론 .....	1
2. Picasso의 최종 설치사양 .....	2
가. 컴퓨팅 시스템 .....	2
1) 노드 구성 .....	2
2) 노드 사양 .....	4
3) 스토리지 & 파일시스템 .....	6
4) 노드 간 네트워크 (interconnection network) .....	7
5) 랙 구성 .....	8
나. 외부 네트워크와의 연결 .....	10
다. 가상현실 입/출력 장치 .....	11
1) 출력장치: 프로젝터/스크린 .....	11
2) 입력장치 .....	13
라. 가시화 룸 .....	15
3. 결론 .....	17

## 표 차례

[표 2-1] 가시화 컴퓨팅 시스템의 노드 구분 .....	2
[표 2-2] Picasso의 최종 노드 수 .....	3
[표 2-3] Picasso의 개별 노드 사양 (CPU) .....	4
[표 2-4] Picasso의 개별 노드 사양 (메인 메모리, GPU) .....	5
[표 2-5] Picasso의 개별 노드 사양 (하드디스크, 네트워크) .....	5
[표 2-6] 인피니밴드 사양 .....	7
[표 2-7] IS-900 SimTracker 무선 트래킹 시스템 .....	13
[표 2-8] Tracking device 상세 사양 .....	14

## 그림 차례

[그림 2-1] Picasso의 스토리지 네트워크 구성 .....	6
[그림 2-2] Picasso의 랙 구성 .....	8
[그림 2-3] Picasso의 랙 배치도 .....	9
[그림 2-4] Picasso의 랙 설치모습 .....	9
[그림 2-5] 가상현실 입/출력 장치의 구성 .....	11
[그림 2-6] SONY 4k 프로젝터 .....	12
[그림 2-7] 애플리케이션 렌더링 노드와 프로젝트의 관계 .....	12
[그림 2-8] trackd와의 연계에 문제가 있었던 SpaceBall4000(좌)과 교체 설치한 FlyBox(우) .....	14
[그림 2-9] 가상화 룸 사전 조감도 및 초기 작업 모습 .....	15
[그림 2-10] 가상화 룸의 전면 스크린 .....	15
[그림 2-11] 기존 tiled display의 가상화 룸 내 이전설치 .....	16
[그림 2-12] 가상화 룸의 사용 .....	16

---

## 1. 서론

본보고서는 2008년 1월 20일 최종 설치를 완료한 ‘차세대 가시화 시스템(이하 Picasso)’의 최종 구축 내용, 그 중에서도 하드웨어 사양에 대해 집중적으로 설명한다.

Picasso는 설계 당시의 시스템 구성과 최종 설치 후의 구성에 큰 차이는 없지만 전체적인 설치 노드 수와 스페어 노드의 비율, 가상현실 입력 장치의 구성 등에서 약간의 변화가 있었다. 그리고 Picasso는 비교적 규모가 있는 클러스터인 만큼 모든 사용자는 Picasso의 구성 내용을 숙지한 후 시스템을 사용할 것을 권장한다.

## 2. Picasso의 최종 설치사양

이 장에서는 Picasso의 최종 시스템 구성과 세부사양에 대해 설명한다. Picasso는 크게 컴퓨팅 시스템과 가상현실 입/출력 장치로 구분할 수 있다. 이 중 컴퓨팅 시스템은 모두 146 노드로 구성돼있는데, 컴퓨팅/렌더링 노드와 스페어 노드의 수, 파일서버의 구성 등에서 최초 설계내용과 약간의 차이가 있다. 그리고 가상현실 입/출력 장치는 기존의 설계 내용과 거의 동일하지만 최초 납품했던 입력 장치 중 한 대가 trackd(가상현실 입력 장치를 운영하기 위한 데몬 프로그램)를 지원하지 않았기 때문에 나중에 다른 제품으로 교체해서 운영하고 있다.

### 가. 컴퓨팅 시스템

#### 1) 노드 구성

Picasso의 노드는 [표 2-1]과 같이 구분한다. 최초 계획당시에는 별도의 로그인 노드와 하드웨어 이미지 콤포지터가 필요할 것으로 예상했으나 로그인 노드는 원격 애플리케이션 마스터로, 콤포지터는 소프트웨어 솔루션으로 대체하기로 했다.

[표 2-1] 가상화 컴퓨팅 시스템의 노드 구분

그룹 명칭	노드 명칭	용도
외부 서비스	웹 서버	○ 시스템 현황 등 제반 정보 제공
게이트웨이	게이트웨이	○ 내부 노드의 외부 네트워크 접속 지원
관리	관리 서버	○ 시스템 관리 서버
	라이선스 서버	○ 상용 애플리케이션 라이선스 서버
	스케줄러	○ 배치 작업 스케줄링 서버
애플리케이션	입력 장치 서버	○ 완드 등 입력 장치 운영 서버
	애플리케이션 마스터	○ 인터랙티브 작업 수행
	애플리케이션 렌더링	
	원격 애플리케이션 마스터	○ 원격 사용자의 인터랙티브 작업 수행
컴퓨팅/렌더링	컴퓨팅/렌더링 노드	○ 계산 / 렌더링을 수행하는 노드
파일 서버	MDS	○ 내부 노드에 스토리지 서비스 제공
	OSS	

파일 서버 역시 설계 당시에는 슈퍼컴퓨터 4호기의 스토리지를 접근할 수 있도록 해주는 외부 파일 서버와 Picasso 내부 노드에 대해서만 파일서비스를 제공하는 내부 파일서버를 분리했었다. 하지만 4호기의 스토리지 서버 구성이 충분한 성능(대역폭)을 제공할 수 없다고 판단했기 때문에 외부 파일 서버를 아예 제거하고, 어플리케이션 마스터(원격 포함)와 어플리케이션 마스터와 어플리케이션 렌더링 등 최소한의 노드만 4호기의 스토리지에 접근하도록 구성했다.

[표 2-2]는 Picasso의 최종 노드 수를 보여준다. 설계내용과 가장 큰 차이를 보여주는 내용은 전체 렌더링 노드와 스페어 노드의 수로, 스페어 노드로 계획했던 대부분의 노드를 실제 서비스에 활용하기로 결정했다. 그 대신 실제 서비스에 사용하는 노드의 수를 90대 미만으로 줄여서 2~3 대의 온라인 스페어를 유지하도록 했다.

[표 2-2] Picasso의 최종 노드 수

그룹 명칭	노드 명칭	노드 수	특이사항
외부 서비스	웹 서버	1	
게이트웨이	게이트웨이	9	스페어 노드 없음
관리	관리 서버	2	스페어 노드 없음
	라이선스 서버	1	
	스케줄러	1	
어플리케이션	입력 장치 서버	1	
	어플리케이션 마스터	2	스페어 포함
	어플리케이션 렌더링	16	어플리케이션 마스터의 스페어 동시 활용
	원격 어플리케이션 마스터	1	
컴퓨팅/렌더링	컴퓨팅/렌더링 노드	90	오프라인 스페어 노드 없음
파일 서버	MDS	2	
	OSS	20	
합 계		146	

## 2) 노드 사양

Picasso를 구성하는 각 노드의 세부사양은 [표 2-3], [표 2-4], [표 2-5]에 요약했다.

Picasso를 최초로 제안한 업체는 원래 애플리케이션 마스터와 애플리케이션 렌더링 노드로 유니와이드 제품을 사용하려고 했다. 하지만 렌더링 노드(HP 제품)와의 CPU 성능 차이가 있고(AMD 2.0GHz와 Xeon 3.0GHz) 렌더링 노드와의 연계 등을 고려해서 업체 선정 후 협상 과정에서 HP 제품으로 통일했다.

[표 2-3] Picasso의 개별 노드 사양 (CPU)

노드 명칭	CPU			
	모델	Clock	코어 수	소켓 수
웹 서버	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	2
게이트웨이	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	2
관리 서버	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	2
라이선스 서버	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	1
스케줄러	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	1
입력 장치 서버	AMD Opteron 2218	2.6 GHz	2	1
애플리케이션 마스터	Intel Xeon 5450	3.0 GHz	4	2
애플리케이션 렌더링	Intel Xeon 5450	3.0 GHz	4	2
원격 애플리케이션 마스터	Intel Xeon 5450	3.0 GHz	4	2
컴퓨팅/렌더링 노드	Intel Xeon 5450	3.0 GHz	4	2
MDS	AMD Opteron 2220	2.8 GHz	2	2
OSS	AMD Opteron 2220	2.8 GHz	2	2



[표 2-4] Picasso의 개별 노드 사양 (메인 메모리, GPU)

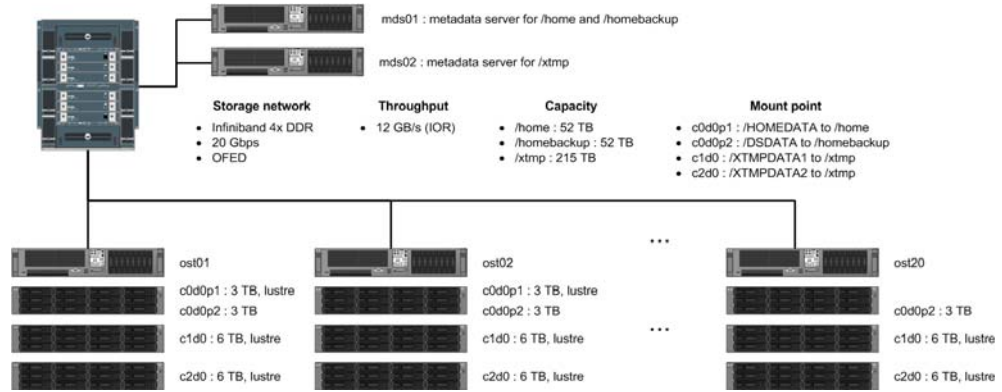
노드 명칭	Main memory	GPU	
		모델	FrameLock
웹 서버	8 GB	메인보드 내장	
게이트웨이	8 GB	메인보드 내장	
관리 서버	4 GB	메인보드 내장	
라이선스 서버	4 GB	메인보드 내장	
스케줄러	4 GB	메인보드 내장	
입력 장치 서버	4 GB	메인보드 내장	
애플리케이션 마스터	64 GB	NVIDIA QuadroFX 5600	지원
애플리케이션 렌더링	64 GB	NVIDIA QuadroFX 5600	지원
원격 애플리케이션 마스터	64 GB	NVIDIA QuadroFX 5600	지원
컴퓨팅/렌더링 노드	64 GB	NVIDIA QuadroFX 5600	미지원
MDS	16 GB	메인보드 내장	
OSS	16 GB	메인보드 내장	

[표 2-5] Picasso의 개별 노드 사양 (하드디스크, 네트워크)

노드 명칭	HDD 용량 (x 개수)	Network	
		Infiniband	10G 이더넷
웹 서버	250 GB (x 2)		
게이트웨이	250 GB (x 2)	○	○
관리 서버	250 GB (x 2)	○	
라이선스 서버	250 GB (x 2)		
스케줄러	250 GB (x 2)	○	
입력 장치 서버	250 GB (x 2)		
애플리케이션 마스터	250 GB (x 2)	○	○
애플리케이션 렌더링	250 GB (x 2)	○	○
원격 애플리케이션 마스터	250 GB (x 2)	○	○
컴퓨팅/렌더링 노드	250 GB (x 2)	○	
MDS	146 GB (x 4)	○	
OSS	72 GB (x 2)	○	

### 3) 스토리지 & 파일시스템

[그림 2-1] Picasso의 스토리지 네트워크 구성



Picasso의 스토리지는 물리적으로 RAID가 장착된 다수의 파일 서버(OSS)와 이를 위한 메타데이터 서버(MDS)로 구성되었다. 각 OSS에는 3대의 RAID 스토리지(OST)가 연결되고, 각 RAID 스토리지는 750GB의 SATA 하드디스크 10개가 RAID level 5 + hot spare 형태로 구성되었다. 그리고 두 대의 MDS는 전체 파일시스템의 메타데이터를 담고 있기 때문에 데이터 손실 가능성을 최소로 줄이기 위해 146GB의 하드디스크 4개를 RAID level 5(하드웨어 레이드)로 구성했다.

클러스터를 위한 파일시스템은 IBM의 GPFS, Lustre, PanFS 등 다양한 솔루션이 존재하지만 실제로 디스크 I/O가 잦은 환경에서 운용할 때 충분한 안정성과 성능을 제공하는 솔루션은 의외로 찾아보기 어려운 것이 사실이다. Picasso에서는 Lustre를 /home과 /xtmp에 적용하고, /homebackup에는 한국전자통신연구원(ETRI)에서 개발한 OasisFS를 채택했다. OasisFS의 경우 아직 안정성과 성능이 충분히 검증되지는 않았으나 Lustre와는 완전히 독립적으로 운영할 수 있기 때문에 Lustre에서 에러가 발생해도 OasisFS의 운영 자체에는 전혀 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 따라서 평상시에는 /home의 데이터를 백업하는 데에만 사용하다가, 비상시에 /home을 대체하는 형태로 운영한다.

4) 노드 간 네트워크 (interconnection network)

노드 간 네트워크로는 Infiniband 4X DDR(20Gbps)을 사용한다.

[표 2-6] 인피니밴드 사양

구분	내용
방식	InfiniBand
총 스위치 수량[대]	1
포트 종류 및 개수[개]	4X DDR / 156개
모델명	QLogic InfiniIO 9280
확장슬롯	24개
IB Leaf Card	12 Port InfiniBand 4X DDR (20Gbps)
Chassis Bandwidth	11.52Tbps Full Duplex
Switching	Cut-through
Switching Latency	140ns - 420ns
Power	N+3 Redundant
Power consumption	Up to 2100W
Spine Board	Full CBB for each Port
Subnet Manager	Embedded Subnet Manager

## 5) 랙 구성

[그림 2-2]에서 보듯이 Picasso는 모두 19개의 랙으로 구성되었다.

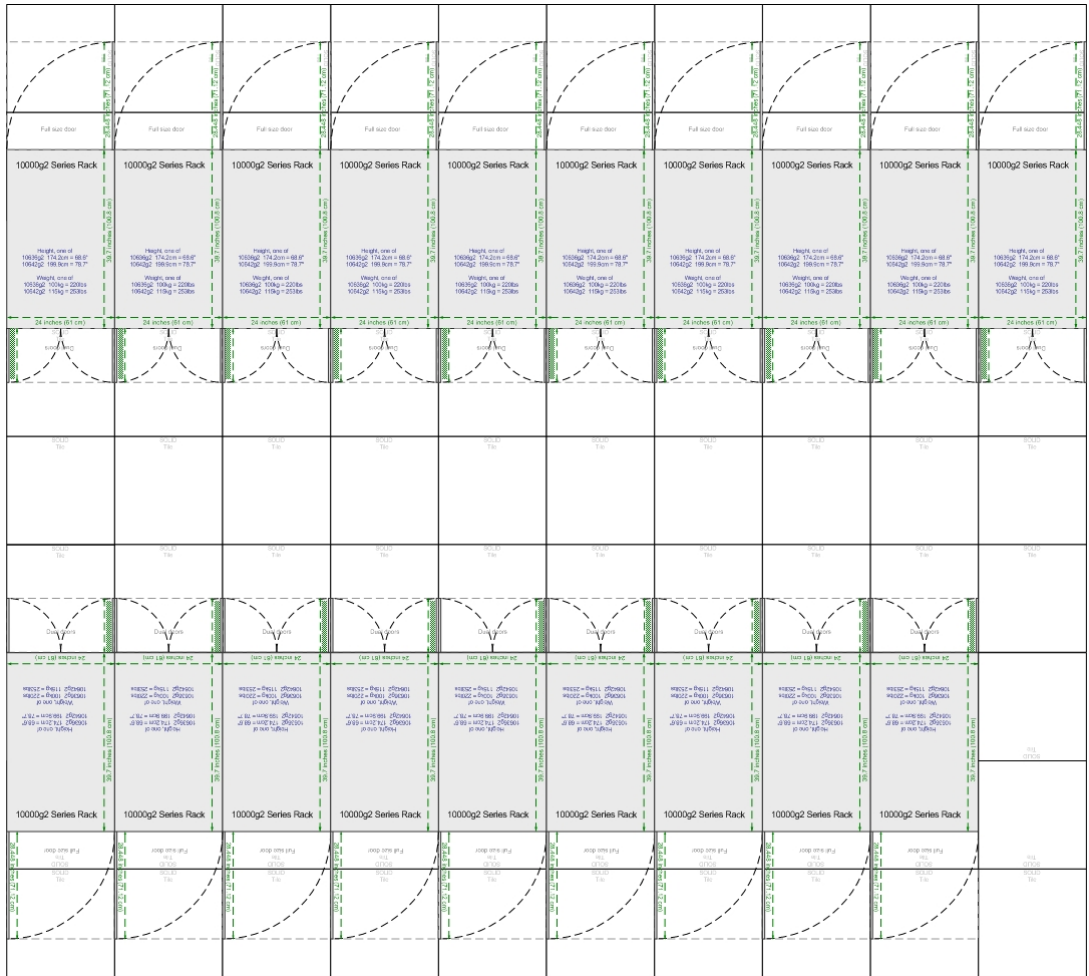
[그림 2-2] Picasso의 랙 구성



[그림 2-3]은 Picasso의 실제 랙 배치도를 보여준다. Picasso의 모든 노드는 최종적으로 19개의 캐비닛에 수용할 수 있었다. Visualization 시스템의 특성상 70% 이상의 노드에 full-size 그래픽 카드, 인피니밴드, 필요에 따라서는 10G 이더넷이나 G-sync 등 다양한 종류의 카드가 장착되기 때문에 블레이드나 1U 서버로는 구성이 불가능했다. 따라서 대규모 계산 전용 시스템에 비해 집적도가 많이 떨어진다(하지만 노드 집적도가 낮기 때문에 공기 순환 등에서는 유리하다).

각 캐비닛은 표준 크기를 갖고 있으므로 랙이 실제로 차지하는 면적은  $11.68\text{m}^2$ 가 되며, 작업 공간까지 고려한 전체 설치면적은  $32.4\text{m}^2$ 다.

[그림 2-3] Picasso의 랙 배치도



[그림 2-4] Picasso의 랙 설치모습



---

## 나. 외부 네트워크와의 연결

Visualization 시스템은 여타의 계산 시스템과 달리 내부 노드가 갖고 있는 데이터/이미지를 실시간으로 외부에 전달할 필요가 있다. 이를 위해서 Picasso에는 인피니밴드 HCA(내부 네트워크 용)와 10Gbps 이더넷 카드(외부 네트워크 용)를 동시에 장착한, 9대의 게이트웨이 노드를 설치했다. 따라서 public IP address를 갖고 있지 않은 렌더링 노드도 외부 네트워크로 데이터를 전송하거나 전달받을 수 있다.

Picasso가 연결되는 외부 네트워크는 기본적으로 슈퍼컴퓨터 4호기를 도입하면서 구축한 ‘통합 네트워크’와 ‘글로리아드(GLORIAD)의 두 가지가 존재한다(모두 10Gbps 이더넷 사용). 하지만 내/외 프로젝트를 수행하면서 종종 새로운 네트워크가 구성되고, 많은 경우 Picasso를 포함한 visualization 시스템들을 새 네트워크에 반드시 연결해야 하는 상황이 빈번하게 발생한다. 그리고 Picasso의 내부 렌더링 노드는 필요에 따라서 직접 외부 네트워크에 접근해야 하므로 게이트웨이 노드를 각 네트워크에 적절하게 분배하고, 내부 노드의 라우팅 테이블을 그에 맞게 수정해야 한다.

통합 네트워크의 경우, Picasso의 어플리케이션 서버에 모두 10Gbps 이더넷 카드가 장착되었고, 이를 이용해서 직접 통합 네트워크 스위치에 연결시켰다. 따라서 이론적으로는 4호기의 스토리지도 NFS 등을 통해 직접 접근할 수 있다(실제로 설정해놓지는 않았다). 하지만 컴퓨팅/렌더링 노드는 10Gbps 이더넷 카드를 갖고 있지 않고, 게이트웨이 노드를 통해서만 접근할 수 있도록 했다. 글로리아드는 모든 노드가 게이트웨이 노드를 통해 접근하도록 했다. 그 대신 게이트웨이 노드가 글로리아드 스위치로 통신하는 경로를 최소(단 한 대의 스위치만 통과하면 된다)화시켜서 여러 대의 스위치를 거쳐야 하는 오버헤드를 줄였다. PLSI 네트워크 역시 모든 노드가 게이트웨이 노드를 통해서 연결하도록 구성할 예정이다.

마지막으로, 슈퍼컴퓨터 4호기의 2차 설치를 진행하면서 통합 네트워크의 전반적인 재구성이 예상되므로, 이에 대한 준비(광케이블 소요, 10G 포트 소요, 대역폭 확보 등)를 미리 해야 한다.

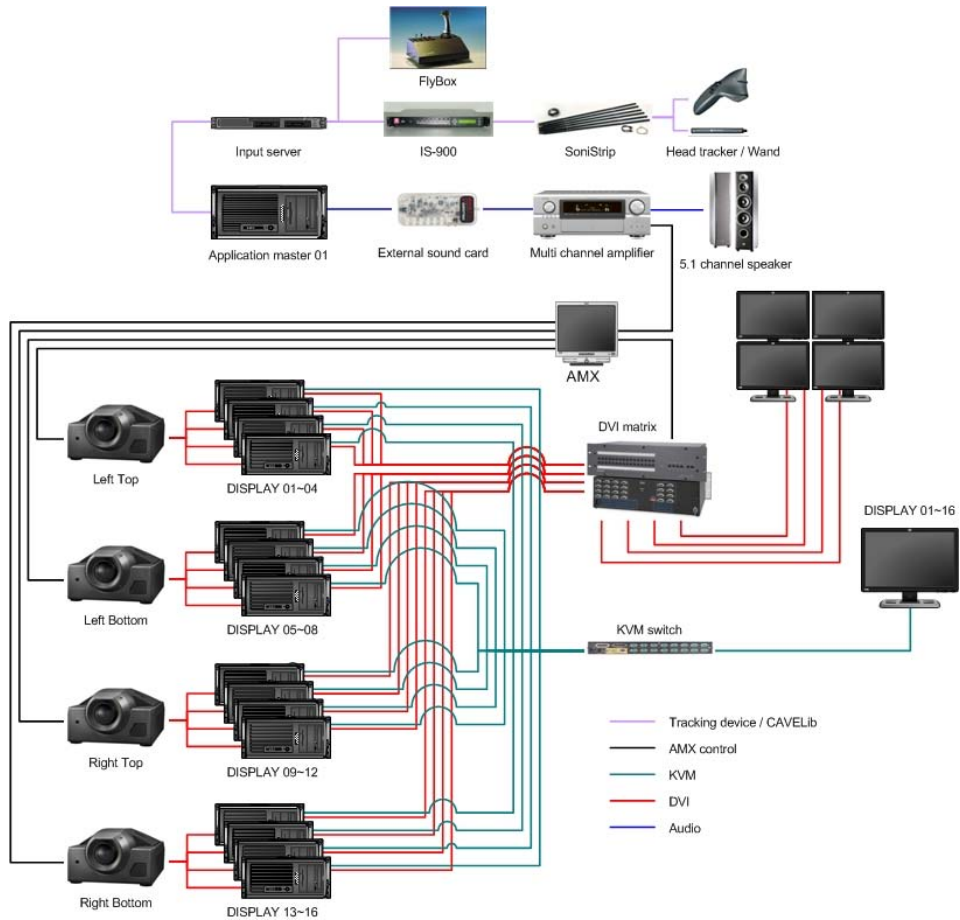
## 다. 가상현실 입/출력 장치

Picasso의 가상현실 입/출력 장치는 최종적으로 [그림 2-5]와 같이 구성했다.

### 1) 출력장치: 프로젝터/스크린

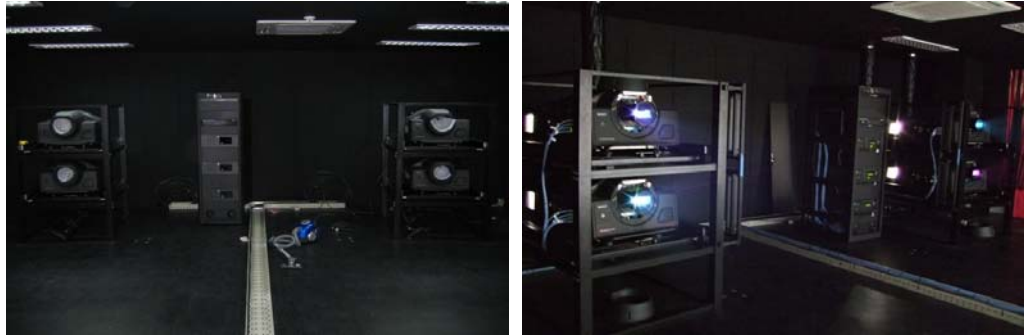
출력장치는 크게 프로젝터와 스크린으로 구성되는데 프로젝터는 지금까지 상용으로 출시된 프로젝터 중 가장 높은 해상도(4096 x 2160)를 지원하는 SONY 프로젝터를 사용하고, 스크린은 실린더 형태로 구축했다. 가시화 룸의 크기에 따른 스크린의 크기, 프로젝터 영상의 aspect ratio 등을 고려해보면 2채널이 최적의 구성이었으며, 여기에 입체영상을 위해 총 4대의 프로젝터를 설치했다(SONY 프로젝터는 그 자체로는 active stereo를 지원하지 않는다). 단일 채널 출력이 아니므로 스크린 전체 너비의 18%에 해당하는 부분을 블렌딩 영역으로 설정했다. 그

[그림 2-5] 가상현실 입/출력 장치의 구성

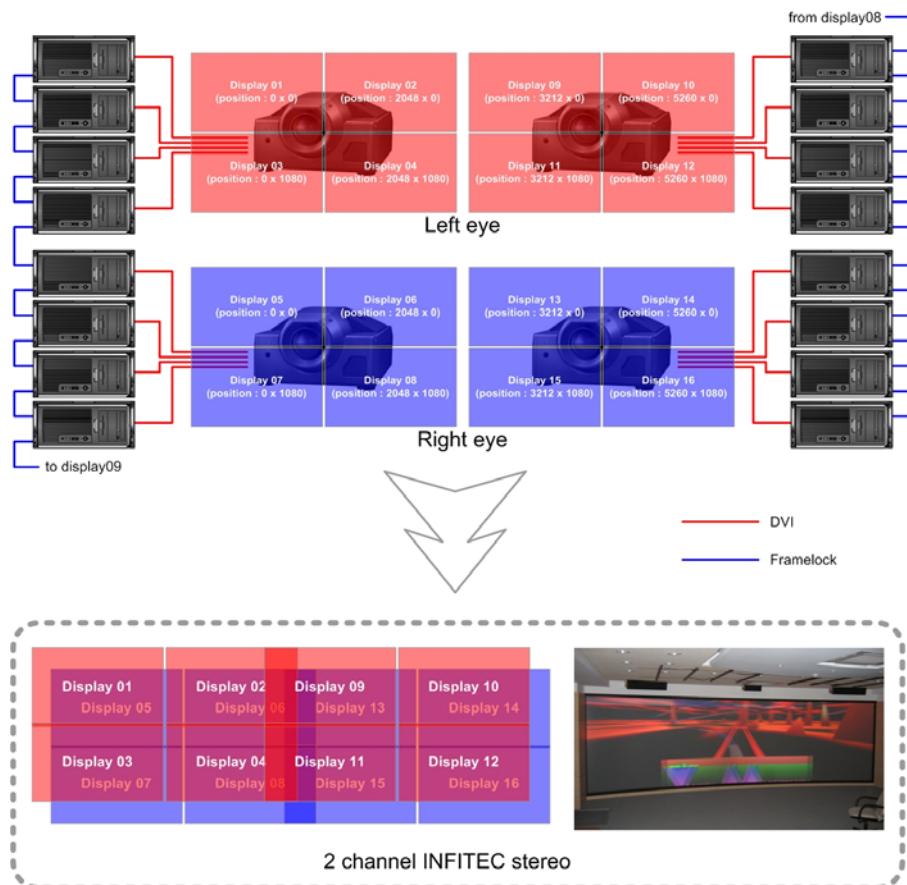


리고 각 채널에 대해 아래/위 두 대의 프로젝터가 동시에 영상을 쏘고, 이때의 열로 인해서 스크린이 팽창하는 영역 등을 고려해서 수직 방향으로도 약간의 블렌딩 영역을 설정했다. 따라서 전체 해상도는 이론 해상도(8192 x 2160)에 비해서 약간(7308 x 2116) 줄어들었다.

[그림 2-6] SONY 4k 프로젝터



[그림 2-7] 애플리케이션 렌더링 노드와 프로젝트의 관계





## 2) 입력장치

Picasso에는 두 가지의 가상현실 입력 장치를 설치해서 하나는 스크린 앞에서 직접 가상현실 환경을 제어하기 위한 용도로, 다른 하나는 콘솔 데스크에서 제어하기 위한 목적으로 운영하고자 했다. 이 중 스크린 앞에서 사용하기 위한 입력 장치는 무선으로 작동하는 IS-900/SimTracker 장비를 채택했고, 콘솔 데스크에서 사용하는 SpaceBall 4000을 설치했다. 하지만 SpaceBall4000이 trackd를 제대로 지원하지 않는 문제점을 발견하고 BG Systems의 FlyBox로 교체했다.

### 가) IS-900과 SimTracker

트래킹 장비는 원래 CAVE에서 사용하던 IS-900을 그대로 사용하기로 했지만 도입한지 5년이 넘은 장비에 대한 무상 유지보수가 불가능하다는 제조사의 입장에 따라 신형 IS-900을 새로 도입해야 했다. 최신의 트래킹 장비 중 광학식 장비의 경우 주위 조명의 영향을 받을 수 있고, 모션 캡처 장비는 ‘슈퍼컴퓨팅센터’의 역할을 고려해볼 때 필요성이 낮다는 점 등을 고려해서 가장 익숙한 IS-900을 그대로 채용했다.

[표 2-7] IS-900 SimTracker 무선 트래킹 시스템

장비	비고
MicroTrax head tracker	
MicroTrax wand tracker	
6-feet revision 3 SoniStrips	8개를 천정에 설치
MicroTrax recharging MicroTrax device cradle	무선 장비를 위한 충전기 세트

[표 2-8] Tracking device 상세 사양

Degree of freedom		6 with MicroTrax™
Angular range		Full 360° ~ all axis
Resolution	Standard	0.75 mm, 0.05°
	Wireless	1.5 mm, 0.10°
Static accuracy	Standard	2.0 ~ 3.0 mm 0.25° RMS in pitch & roll, 0.50° RMS in yaw
	Wireless	3.0 ~ 5.0 mm 0.50° RMS in pitch & roll, 1.00° RMS in yaw
Update rate	Standard	180 Hz
	Wireless	120 Hz
Latency		4 ms typical
Maximum tracked devices		4 for SimTracker

나) FlyBox

[그림 2-8] trackd와의 연계에 문제가 있었던 SpaceBall4000(좌)과 교체 설치한 FlyBox(우)



## 라. 가시화 룸

가시화 룸은 KISTI 대전 본원의 본관 1층을 활용했다. 설치장소는 사무실로 사용하던 공간이었기 때문에 장시간 근무가 가능한, 비교적 쾌적한 환경을 구성할 수 있었지만 천정의 높이가 충분하지 않아서 rear projection 형태로 스크린과 프로젝터를 설치해야 했다.

가시화 룸이 완성된 후에는 전에 사용하던 Mondrian과 Chagall을 옮겨와서 모든 종류의 가시화 작업을 한 공간 안에서 수행할 수 있도록 했다[그림 2-11].

[그림 2-9] 가시화 룸 사전 조감도 및 초기 작업 모습



[그림 2-10] 가시화 룸의 전면 스크린



[그림 2-11] 기존 tiled display의 가시화 룸 내 이전설치



[그림 2-12] 가시화 룸의 사용



---

### 3. 결론

본보고서는 KISTI 슈퍼컴퓨팅센터에서 설치한 차세대 가시화 시스템(Picasso)의 최종 설치 내용과 세부 사양에 대해 설명했다.

Picasso의 대부분의 사양은 무상유지보수 기간이 종료되는 시점까지 별다른 변화가 없겠지만 그 기간 중 KISTI가 요청하는 시점에 GPU는 한차례의 업그레이드가 가능하기 때문에 보다 높은 그래픽 처리 능력을 가질 수 있을 것이다.

여기서 소개한 모든 내용은 <http://sv.ksc.re.kr/svwiki/SystemInformation>에서 언제든지 확인할 수 있다.