

Многомасштабная визуализация окружающей среды на видеостенах

А.М.Новиков

Институт Космических Исследований РАН

Таруса 2010

Определение и области применения

Окружающая среда:

- геология, океанология, география, климатология, солнечно-земная физика

Требуется получить возможности для:


- анализа трендов, поиска причин и прогноза глобальных изменений
- сравнения пространственно-временных полей в разных масштабах, проекциях (spatio-temporal data mining) и единицах измерения
- принятия решений в области сбора, отображения, обмена данными о погоде и оценки влияния окружающей среды на людей и техногенные системы

Применение:

- распределенные ситуационные центры и учебные классы (в т.ч. научные конференции)
- мониторинг чрезвычайных ситуаций, метео-обстановки и космической погоды
- интерпретация данных дистанционного зондирования
- анализ микроструктуры поверхности (произведений живописи, исторических культурных памятников, кернов земной породы).

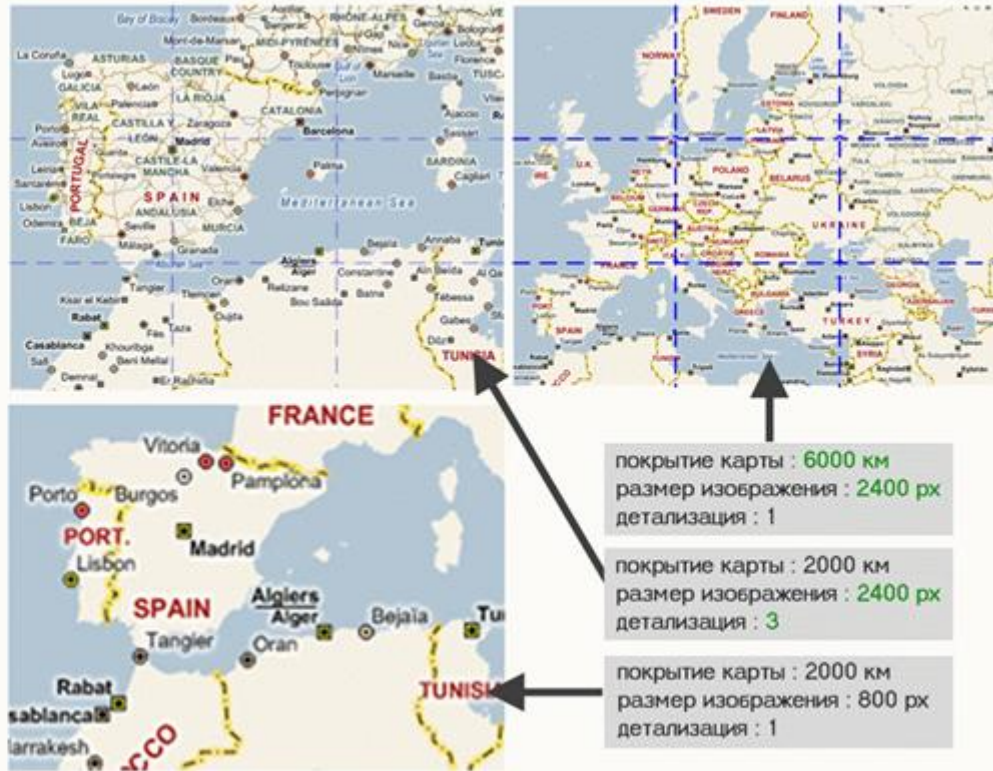
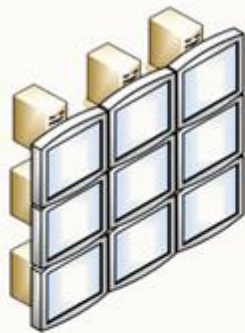
Определение и области применения

Электронная карта:

- детализация, но также и большая площадь
 - проекции на разные поверхности и координаты (Земли, времени, виртуального экрана)
 - интуитивный интерфейс пользователя(-ей)
 - большие базы данных и изображений
- 
- их хранение, анализ и визуализация требуют применения параллельных баз данных, файловых систем и вычислительных кластеров
 - **визуализация:** реалистичное количество пикселей многократно превышает разрешение компьютерных дисплеев
 - нужны матрицы, объединяющие множество дисплеев, параллельно отображающих детальные фрагменты общего большого изображения.

Прямоугольная матрица дисплеев под управлением параллельного вычислительного кластера (рендеринг-фермы) - **многодисплейная видеостена**.

Videowall vs one large screen



Существующие технологии

- Залы виртуальной реальности CAVE: стены, потолок и пол сделаны из стерео-дисплеев высокого разрешения (EVL UIC, Чикаго, 1992)
- Плоские мультимониторы SAGE (Scalable Adaptive Graphics Environment) (начало 2000-х, EVL UIC)
- объемные дисплеи высокого разрешения (“Science on a sphere”, NOAA; полусфера FullDome)
- Стереоскопическая видеостена Varrier (EVL UIC)
- Мультитач-дисплеи

Куб виртуальной реальности CAVE



Технология визуализации SAGE



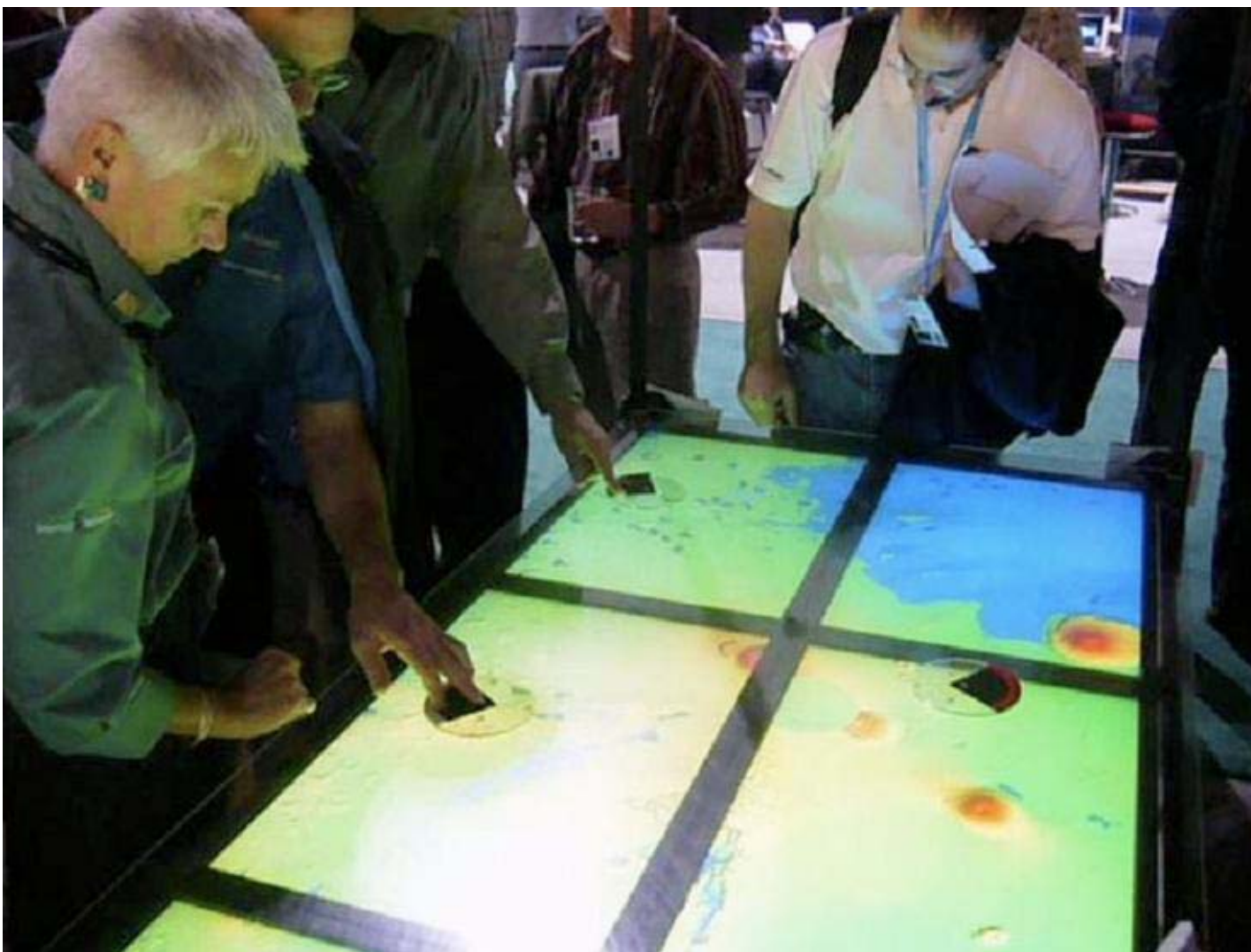
“Science on a sphere” NOAA, USA



Varrier, стерео, 35 дисплеев , EVL UIC



Управление multi-touch в проекте Rain Table , EVL UIC



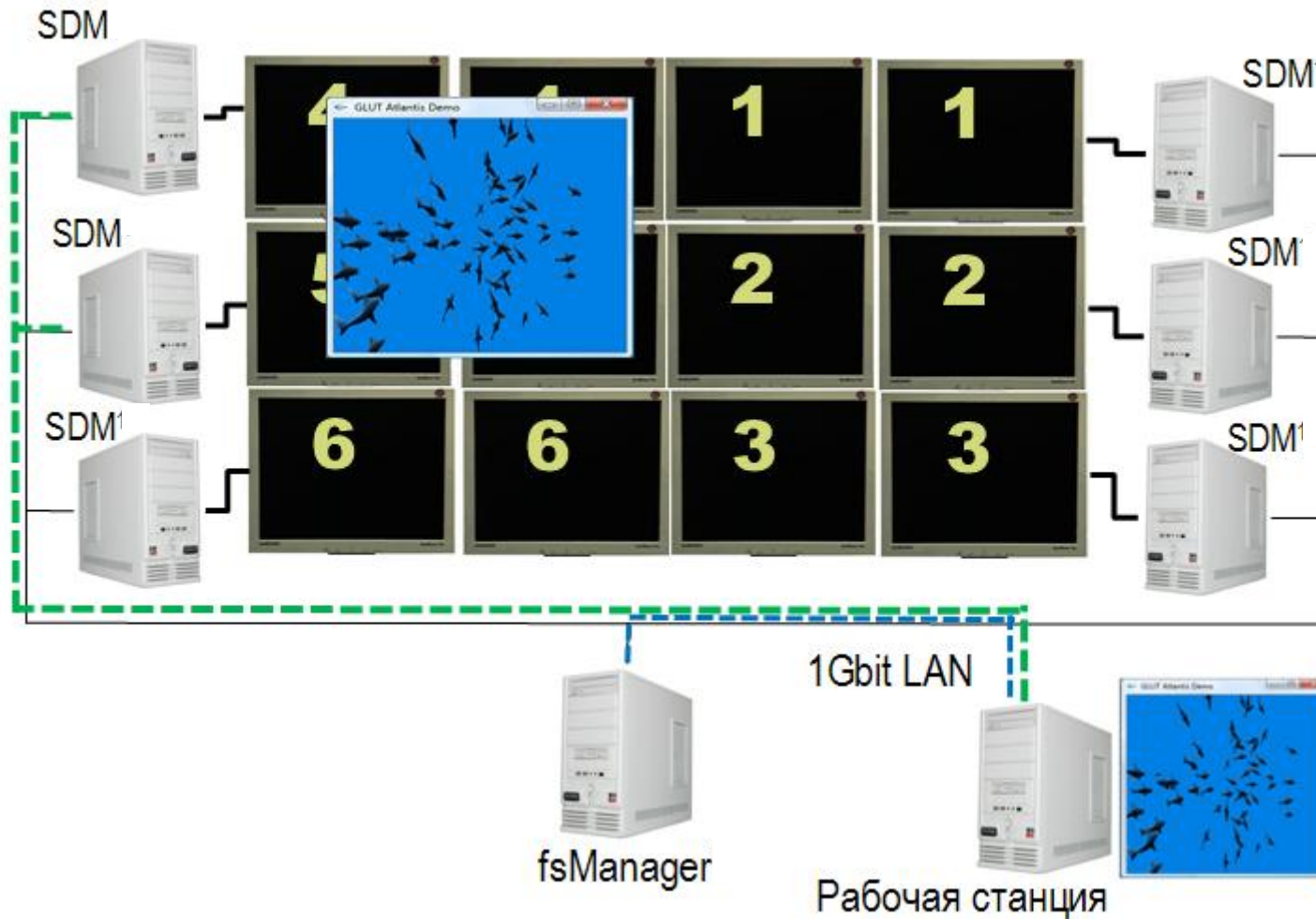
Технология визуализации SAGE

SAGE - Scalable Adaptive Graphics Environment (начало 2000-х, EVL UIC)

Интерактивная визуализация изображений высокого разрешения (гигапиксели) и большого объема (десятки гигабайт) на видеостене, составленной из нескольких десятков дисплеев и управляемой параллельным визуализирующим кластером. При этом каждый компьютер кластера управляет 2-4 дисплеями из видеостены, что позволяет балансировать нагрузку на сеть, диски и графические процессоры.

Приложения-клиенты подключаются к визуализационному кластеру с помощью библиотеки SAGE Application Interface Library (SAIL), которая направляет части визуализации на различные узлы кластера и синхронизирует смену кадров с помощью специального сервера FreeSpace Manager, также являющегося частью видеостены. Имеется графический интерфейс пользователя (GUI) для одновременного управления сразу несколькими видеостенами с одной консоли и ряд базовых приложений для просмотра видео и изображений, включая удалённый рабочий стол.

Архитектура видеостены по технологии SAGE



Приложения SAGE

Основные классы приложений:

- интерактивный просмотр многослойных изображений и стереопар высокого разрешения и большой площади (гигапикселы)
- потоковое видео высокого разрешения (стандарты HD и 4K Video)
- интерактивный рендеринг трехмерных объектов (компьютерное моделирование, CAD , геологоразведка, медицина)
- специализированные программы для просмотра генов (GeneVand), геологических кернов (Corelizer), карты звездного неба Celestia, World Wide Telescope, и т.д.
- возможность удаленной трансляции окон приложений сразу на несколько видеостен для коллаборативной визуализации данных, проведения многоточечных видео-конференций и для поддержки коллективного принятия решений в распределенной сети ситуационных центров (требуется каналы связи от и более 1 Гбит/с)
- параллельные сетевые каналы позволяют трансляцию сразу нескольких 4K-видео потоков и одновременно полномасштабный показ на видеостене в разных окнах

Существующие технологии

Ограничения и недостатки:

Дорогостоящие системы слежения за положением головы пользователя, которые в реальном времени перестраивают изображение на стене в зависимости от того, куда он смотрит и движется: **CAVE** (+ стереочки), **Varrier** (стереочки заменяет непрозрачный фильтр-экран у мониторов с множеством отверстий). И только один пользователь-зритель.

SAGE-видеостену могут использовать приложения, собранные с библиотеками **SAIL** под графическую платформу **OpenGL**, из-за чего есть ограничения на размер окна (графического буфера), продиктованные возможностями графического процессора рабочей станции, на которой работает это приложение.

Сфера: части изображения поверхности глобуса синхронно проецируются с четырех сторон на матовую сферу-экран диаметром 2 м. При этом есть принципиальные трудности с изменением масштаба (из-за расположения проекторов снаружи к сфере нельзя близко подойти) и видимостью данных в районе полюсов.

Источники данных

Информационная поддержка принятия решений и оценки влияния окружающей среды на людей, сельское хозяйство, природные и техногенные системы подразумевает параллельный анализ разнородных данных из распределенных источников с разграничением прав доступа.

В рамках данной концепции мы выделяем следующие категории:

- **Информационные сообщения.** В большинстве случаев сообщения имеют геопривязку, например, временной ряд наблюдений температур на метеостанции, изображение с передвижной веб-камеры, магнитуда и гипоцентр землетрясения.
- **Сеточные поля.** Например, прогноз поля температур, скорости ветра или облачности.
- **Электронные карты.** Например, карты автомобильных дорог или рельефа местности.
- **Мозаики спутниковых изображений.** Например, мозаики орбит метеорологических спутников или географические сервисы Google Maps .

В большинстве случаев доступ к различным категориям данных осуществляется через веб-сервисы по зашифрованным каналам наложенной сети передачи данных или Интернет. Для указанных категорий приняты стандарты протоколов обмена с веб-сервисами, т.е. форматы запросов на получение данных и ответов сервисов с выборкой данных.

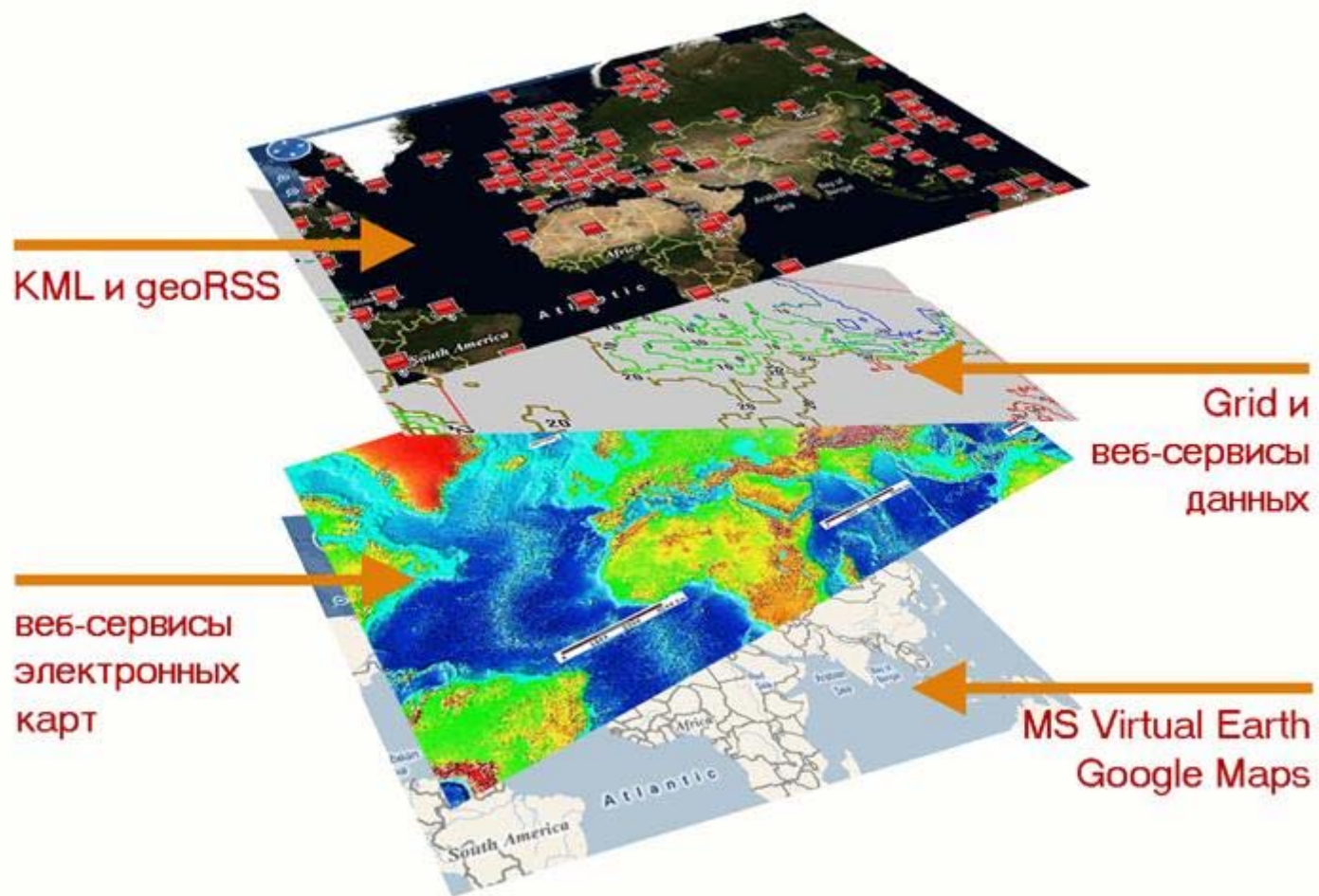
Стандарты протоколов обмена данных с веб-сервисами

- Для информационных сообщений с геопривязкой это KML и geoRSS. В обоих случаях - XML файлы с простой схемой, в которой предусмотрены поля для географических координат, текста сообщения и дополнительных сетевых ссылок.
- Для сеточных полей в метеорологии приняты сетевые протоколы OPeNDAP и OGSA-DAI. Сервисы сеточных данных возвращают параметры окружающей среды для заданной области (обычно, прямоугольной) и интервала времени, при этом допуская интеграцию (одновременную выборку из нескольких файлов) и частичную обработку данных на сервере (прореживание, осреднение, арифметические операции). Формат возвращаемых данных может быть текстовым, XML, или бинарным.

Стандарты протоколов обмена данных с веб-сервисами

- Электронные карты предоставляются веб-сервисами в стандарте OGC (Open Geospatial Consortium), в первую очередь сервисами WMS (Web Map Service). В WMS электронная карта представлена набором слоев (например, дороги, города, реки) в некоторой проекции (например, Меркатора) и диапазоне масштабов. По запросу сервис электронных карт возвращает слой или несколько слоев карты, наложенных друг на друга, для заданной прямоугольной области и в заданном масштабе в виде файла-изображения в одном из общепринятых форматов GIF , PNG , TIFF , и т.п.
- Мозаики спутниковых изображений в настоящее время в основном предоставляются с помощью так называемых tile -серверов (tile это плитка). При высоком разрешении исходного материала (зачастую 1 пиксел на изображении отвечает 1 м на местности) склейки орбит для всего земного шара дают очень большие изображения (до $2^{23} \times 2^{23}$), которые хранятся в единой проекции (обычно, Меркатора) в виде пирамиды фрагментов (плиток размером 64x64 пиксела) с различным разрешением. Переход с одного уровня пирамиды на другой обычно удваивает разрешение снимков.

Пример объединения данных из различных сетевых сервисов метеоданных и электронных карт для совместной визуализации



Визуализация пространственных данных

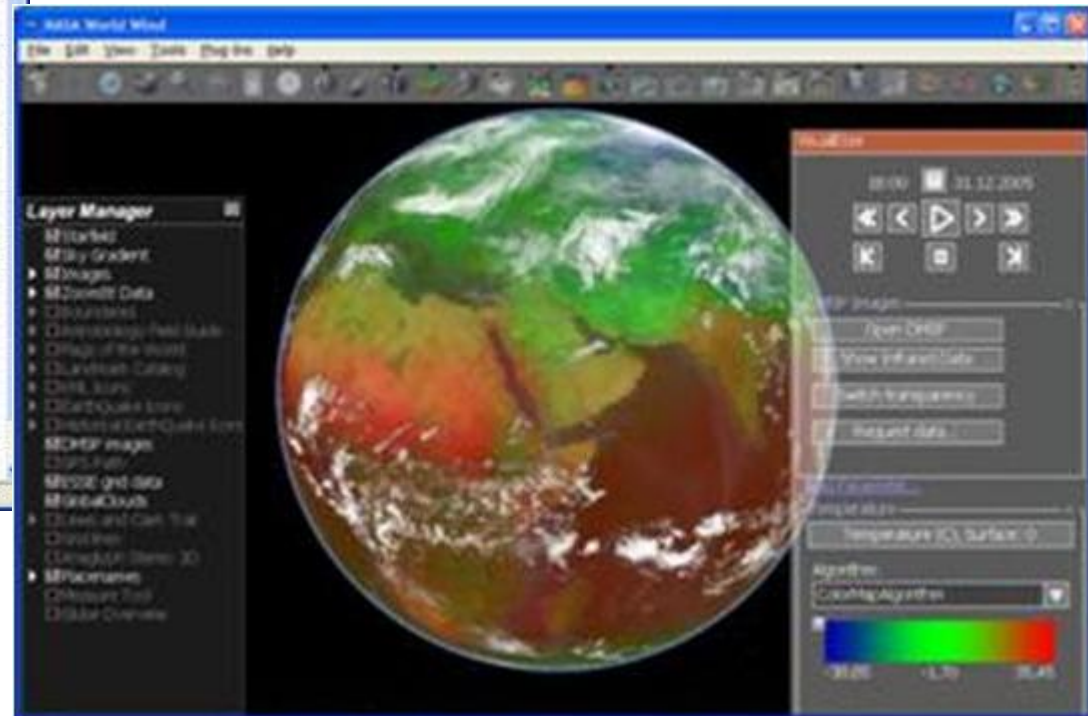
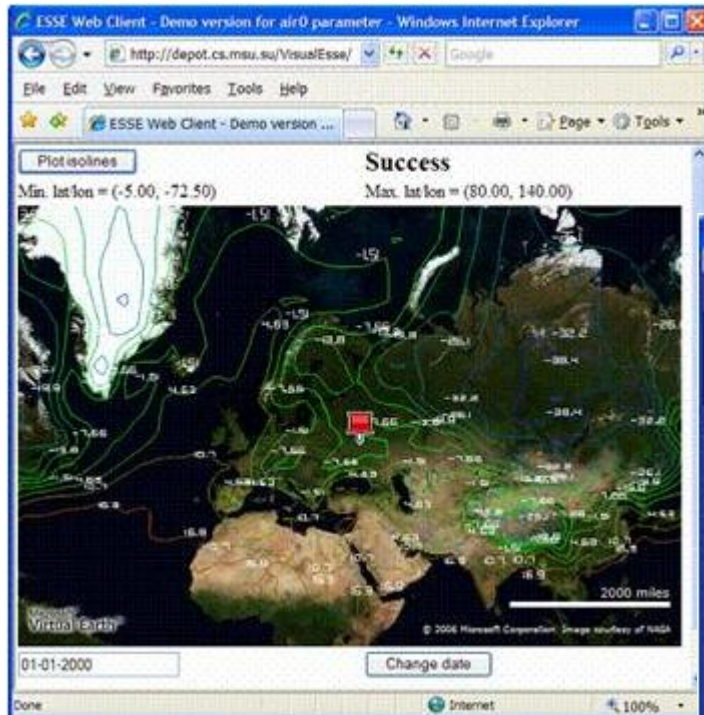
Проблема объединения данных из различных сетевых сервисов метеоданных и электронных карт на дисплее ситуационного центра, будь то дисплей рабочей станции или видеостена, требует решения нескольких задач:

- все данные надо представить графически
- графические представления должны быть согласованы по проекции и масштабу.
- визуализирующий клиент должен уметь интерактивно запрашивать нужную графику с распределенных сервисов, а также управлять порядком и прозрачностью графических слоев на дисплее.

В отличие от электронных карт и спутниковых мозаик, информационные сообщения и сеточные поля требуют дополнительной графической обработки. Сообщения на дисплее отображаются обычно в виде всплывающих окон (pushpins) рядом с местом геопривязки. Сеточные поля обычно обрабатываются на сервере и передаются клиенту как электронные карты или пирамиды изображений tile-сервера. Наиболее распространенными проекциями для отображения многослойных карт являются прямоугольная (широта-долгота), Меркатора, и трехмерная сфера (виртуальный глобус).

Программы визуализации метеоданных реализуются в виде тонкого или толстого клиента. В первом случае визуализация происходит внутри веб-браузера, с помощью JavaScript. Слои электронных карт и плитки спутниковых мозаик запрашиваются с распределенных сервисов в фоновом режиме по технологии Ajax. Так реализованы известные приложения Google Maps и MS Virtual Earth (оба используют проекцию Меркатора). Производительность встроенных интерпретаторов JavaScript пока не позволяет реализовать трехмерную графику внутри веб-браузера, поэтому виртуальные глобусы реализуются с помощью толстых клиентов, например, Google Earth или NASA World Wind.

Визуализация метеоданных: MS Virtual Earth и NASA World Wind



Видеостена ИКИ РАН

Осенью 2007 г. в ИКИ РАН была установлена видеостена, на которой был проведен ряд экспериментов по коллаборативной научной визуализации данных с EVL UIC, Курчатовским научным центром и научными центрами РАН в г. Черногоровке. Видеостена составлена из 12 мониторов, каждый с диагональю 21 дюйм и разрешением 1920x1200 пикселей, что в целом дало возможность демонстрировать изображения и анимации на мозаике 3x4 дисплея с разрешением 26 Мп на площади около 5 кв. м.

Управление осуществляется с помощью графического кластера, состоящего из десктопных машин, что существенно удешевило установку и снизило уровень шума в помещении. В кластере 6 узлов визуализации (каждый управляет двумя дисплеями); один файл-сервер с параллельным массивом дисков для локального хранения больших изображений и видеофайлов, а также сервер приложений – контроллер графического кластера.

Все серверы и узлы кластера объединены коммутатором в локальную сеть 1 Гбит. Для проведения обмена данными и приложениями, параллельной визуализации на видеостенах и видеоконференций к видеостене подключен интернет-канал 1 Гбит. Маршрутизация потоков данных между узлами кластера и связь управляющих серверов с интернет реализована на двух отдельных коммутаторах. По выделенному каналу связи между ИКИ РАН и EVL UIC в своё время был установлен рекорд скорости обмена данными между Россией и США.

Первоначально на видеостене использовалось программное обеспечение SAGE под управлением ОС Linux. В ходе совместных экспериментов с EVL UIC по распределенной визуализации удалось продемонстрировать возможность удаленной трансляции в реальном времени из США в Россию и обратно научных видеофильмов в формате 4K-видео и проведения видео-конференций с видеопотоком в формате HD.

Использование видеостены SAGE для визуализации электронных карт и научных массивов данных по окружающей среде в ОС Windows с помощью клиента NASA World Wind стало возможным, после реализации виртуальный буфер обмена графическими данными между графическими платформами DirectX и OpenGL. При этом библиотека SAIL была перенесена на платформу .NET. В результате был получен интерактивный трехмерный виртуальный глобус с возможностью наложения различных слоев данных с геопривязкой, включая спутниковые снимки и электронные карты.

Визуализация данных на видеостене в ИКИ РАН



Видеостена в Черногловке



Приложение для видеостен MultiViewer

MultiViewer :

использует *каждый узел* кластера видеостены для запуска клиентов, которые синхронно управляются головным сервером, тогда как SAGE -клиент работает *на отдельном сервере* , не входящем в состав кластера видеостены. При этом существенно повышается эффективность использования процессоров и графических карт на узлах кластера видеостены.

Каждый клиент MultiViewer сам загружает ту часть данных, которые необходимо показать на подключенных к нему дисплеях, осуществляет предварительную обработку данных на центральном процессоре и готовит графические буферы на графической карте. Смена изображений на видеостене происходит синхронно по команде с управляющего сервера по мере готовности новых графических буферов на всех клиентах. По команде Prepare frame каждый клиент загружает, обрабатывает и отображает (рендерит) свою часть данных. Работа ведется параллельно, при этом клиенты могут получать данные как из локального кеша на диске, так и из кластерной файловой системы, установленной на видеостене (еще одно возможное применение серверов) или из удаленных сервисов данных по сети интернет. По готовности нового изображения клиент отправляет на Node_0 подтверждение Commit . Когда все клиенты завершат подготовительную работу, Node_0 дает команду Swap buffer , чтобы обновить изображения сразу на всех дисплеях.

Технологии SAGE и MultiViewer (Windows only) не являются взаимоисключающими. Клиенты MultiViewer на узлах видеостены в свою очередь могут быть клиентами SAGE для распределенной визуализации – транслировать свою часть изображения (графический буфер) на удаленную видеостену, возможно, с другим количеством и конфигурацией дисплеев.

Архитектура Multiviewer



Возможности MultiViewer

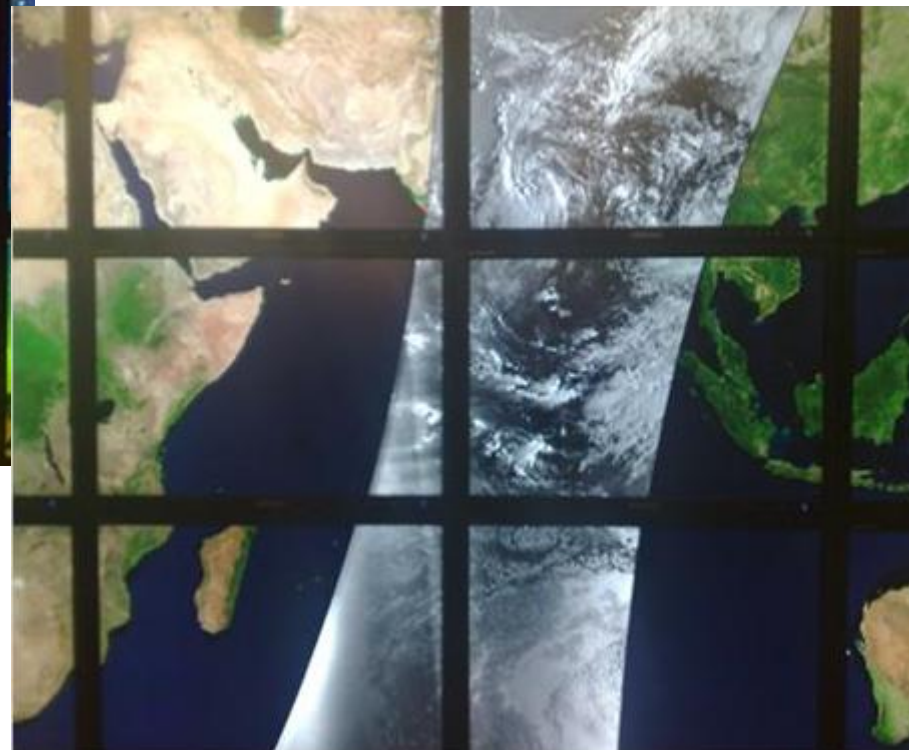
Клиенты MultiViewer могут работать со всеми перечисленными выше распределенными источниками пространственных данных, включая информационные сообщения, сеточные поля, электронные карты и tile-серверы.

Информационные сообщения загружаются по сети в формате KML и отображаются на стене в виде пушпинов. Пушпин может так же содержать гиперссылки, при открытии которых поверх карты отображается окно веб-браузера, в котором возможна дальнейшая навигация и которое можно перемещать и масштабировать внутри группы дисплеев, подключенных к тому серверу в кластере стены, на чьем фрагменте карты находится гиперссылка. Окно веб-браузера нельзя транслировать на удаленную видеостену по технологии SAGE, т.к. браузер уже не является SAGE-клиентом.

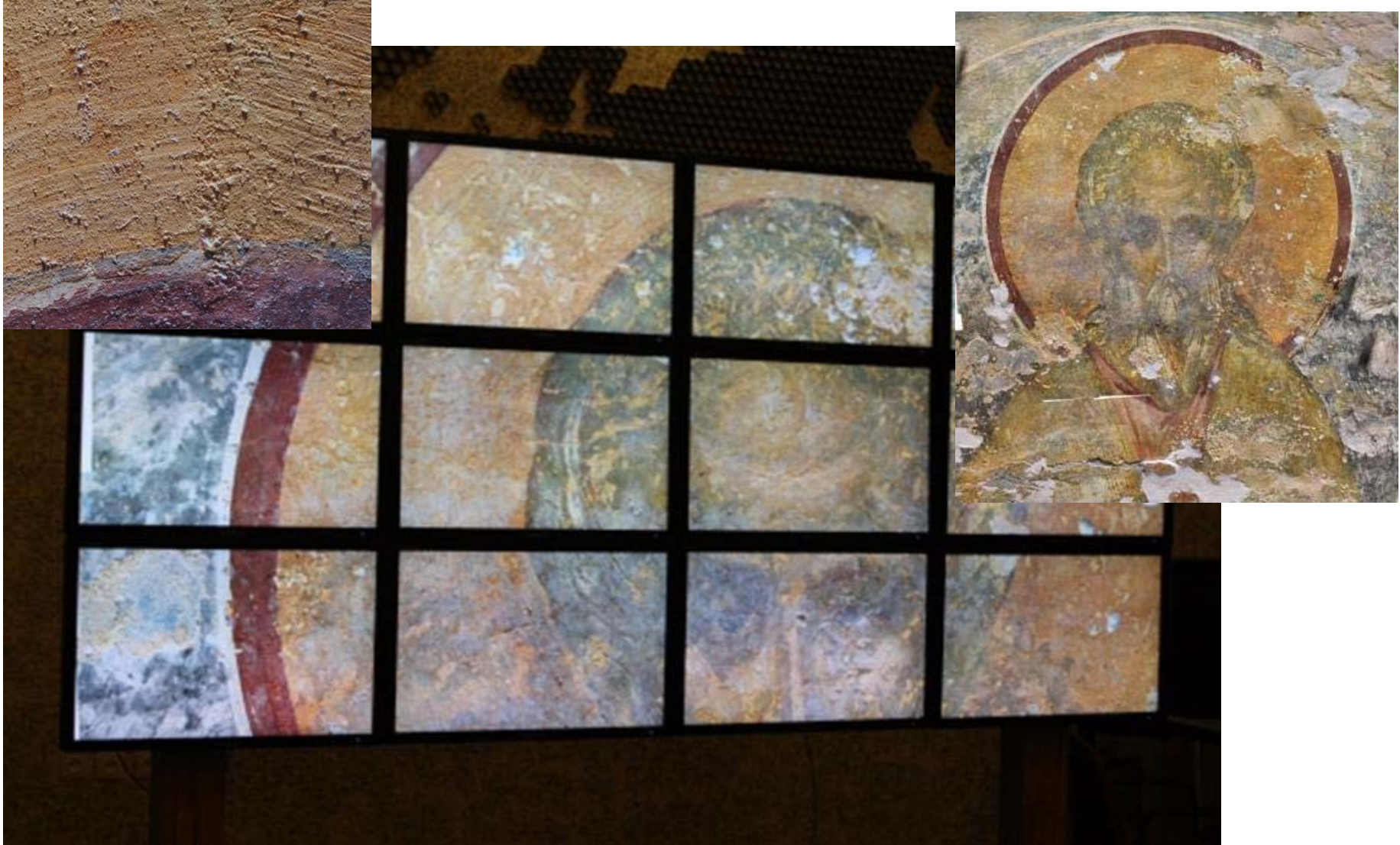
Сеточные данные загружаются с сервисов OGSA-DAI в специальном XML формате, разработанном в ИКИ РАН, или по протоколу OPeNDAP. Для подложки карты на видеостене клиент может запросить фрагмент электронной карты с сервера WMS или набор плиток с tile-сервера Microsoft Virtual Earth.

Примеры: наложение сеточных данных прогноза погоды на изображение Земли со спутника и изображения с метеорологического спутника DMSP на карту Virtual Earth. Температура воздуха на поверхности отображается полупрозрачным слоем одновременно в виде раstra и контурных линий. Метеоданные запрашиваются клиентами с удаленного сервера OGSA-DAI. Части изображения DMSP запрашиваются клиентами с удаленного сервера по протоколу OPeNDAP.

Совмещение разных слоев пространственных данных в MultiViewer



Фреска Дионисия 1502г.



Спасибо за внимание!