



Современные системы многопроекторной визуализации на примере цифрового планетария

Виктор Ерухимов, Кирилл
Корняков

Центр компьютерного зрения «Аргус»



Центр компьютерного зрения «Аргус»

- ЦКЗ «Аргус» – компания, реализующая технологии компьютерного зрения в коммерческих приложениях
- Решения:
 - Цифровой планетарий (первый в России)
 - Счётчик посетителей vCount™
- Исследовательские проекты:
 - Vision system for Willowgarage personal robotics
 - Motion capture system for video camera maker
 - Car detection system



Для чего нужны многопроекторные системы

- Военные и гражданские симуляторы
- Планетарии
- Уличная реклама/шоу
- Визуализация больших массивов данных



Планетарии





Уличные шоу



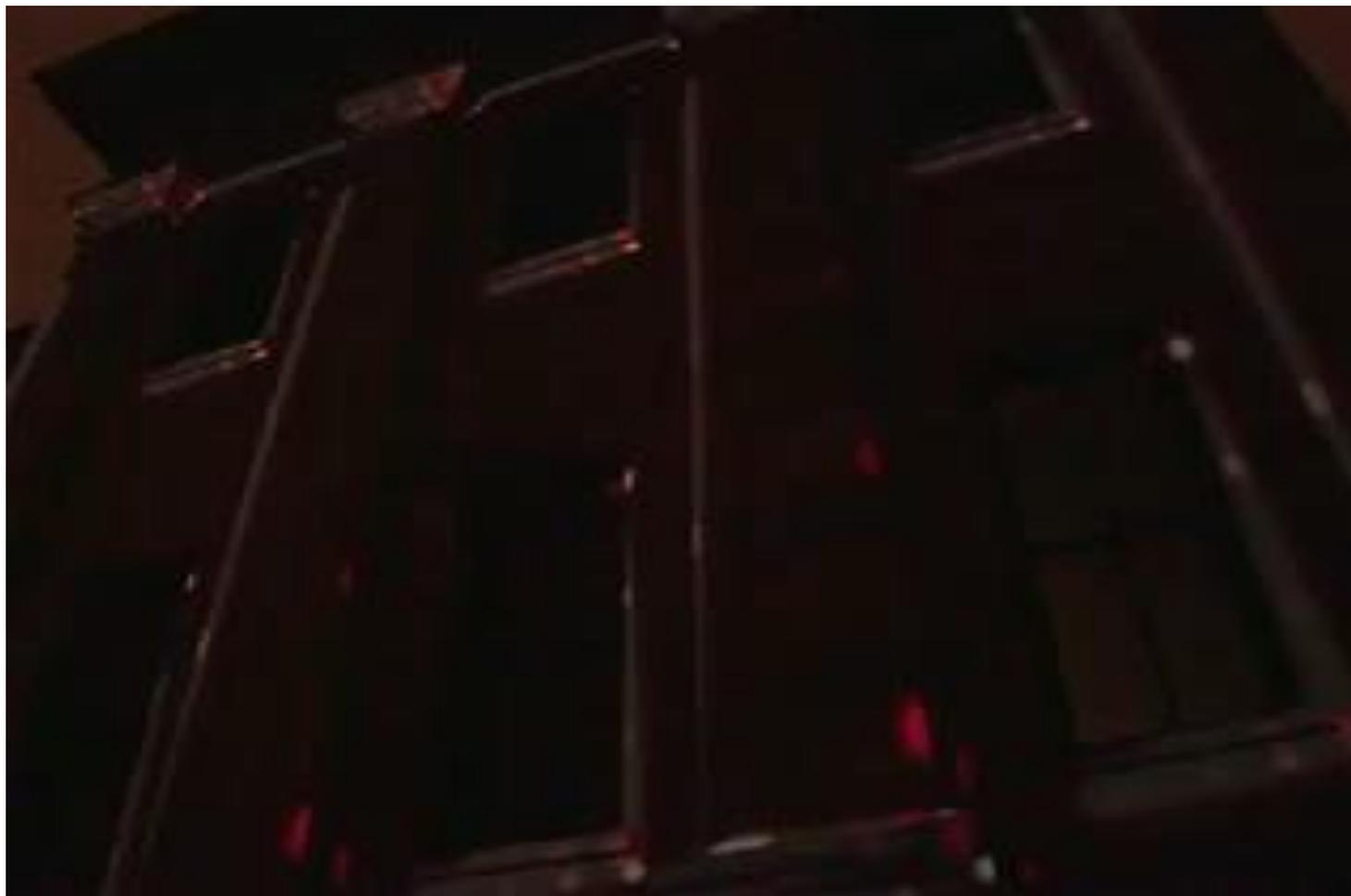


Уличные шоу





Уличные шоу



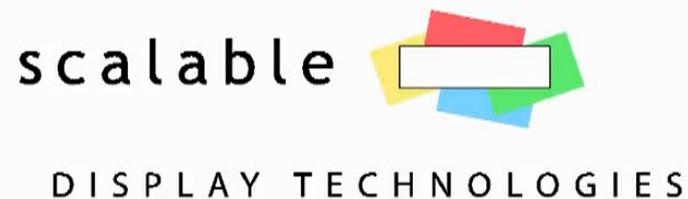


Широкий экран





Большой десктоп



www.scalabledisplay.com



Характеристики проекторов

- Яркость
- Контраст
- Уровень чёрного
- Стоимость эксплуатации
- Шум
- Физические размеры, вес



Типы проекторов

- CRT
- LCD
- DLP™



CRT проектор

- Основаны на классической ЭЛТ
- Преимущества:
 - Высокий срок службы
 - Сверхвысокий контраст
 - Отсутствие эффекта «радуги»
- Недостатки
 - Большой размер и вес
 - Низкая яркость
 - “Screen burn-in”



CRT гамма коррекция

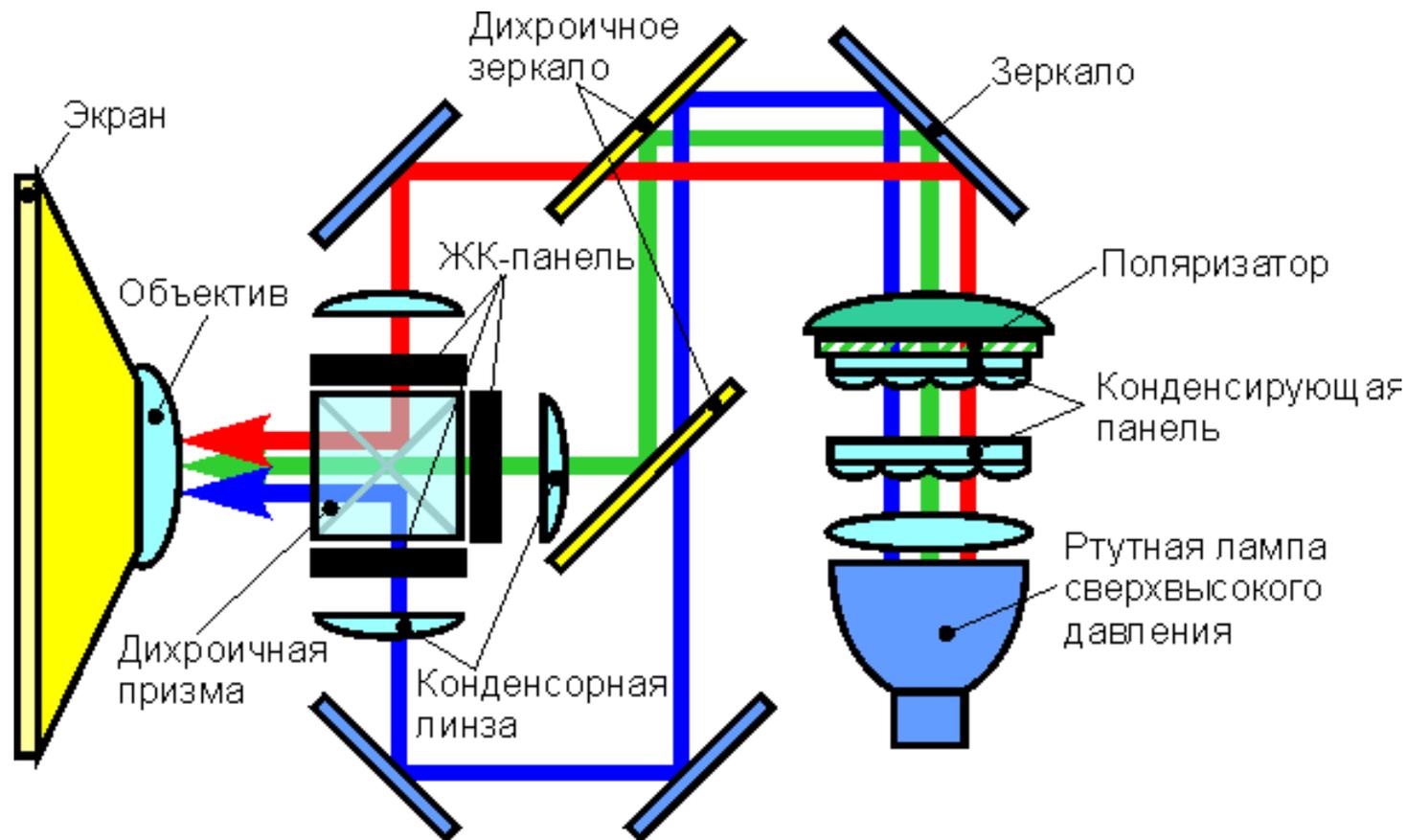
Зависимость между током (светимостью) и входным напряжением (значением подаваемого сигнала для CRT трубок):

$$I \propto V^\gamma$$

$$\gamma \sim 2.2 - 2.8$$



LCD проектор



From: <http://www.ixbt.com>

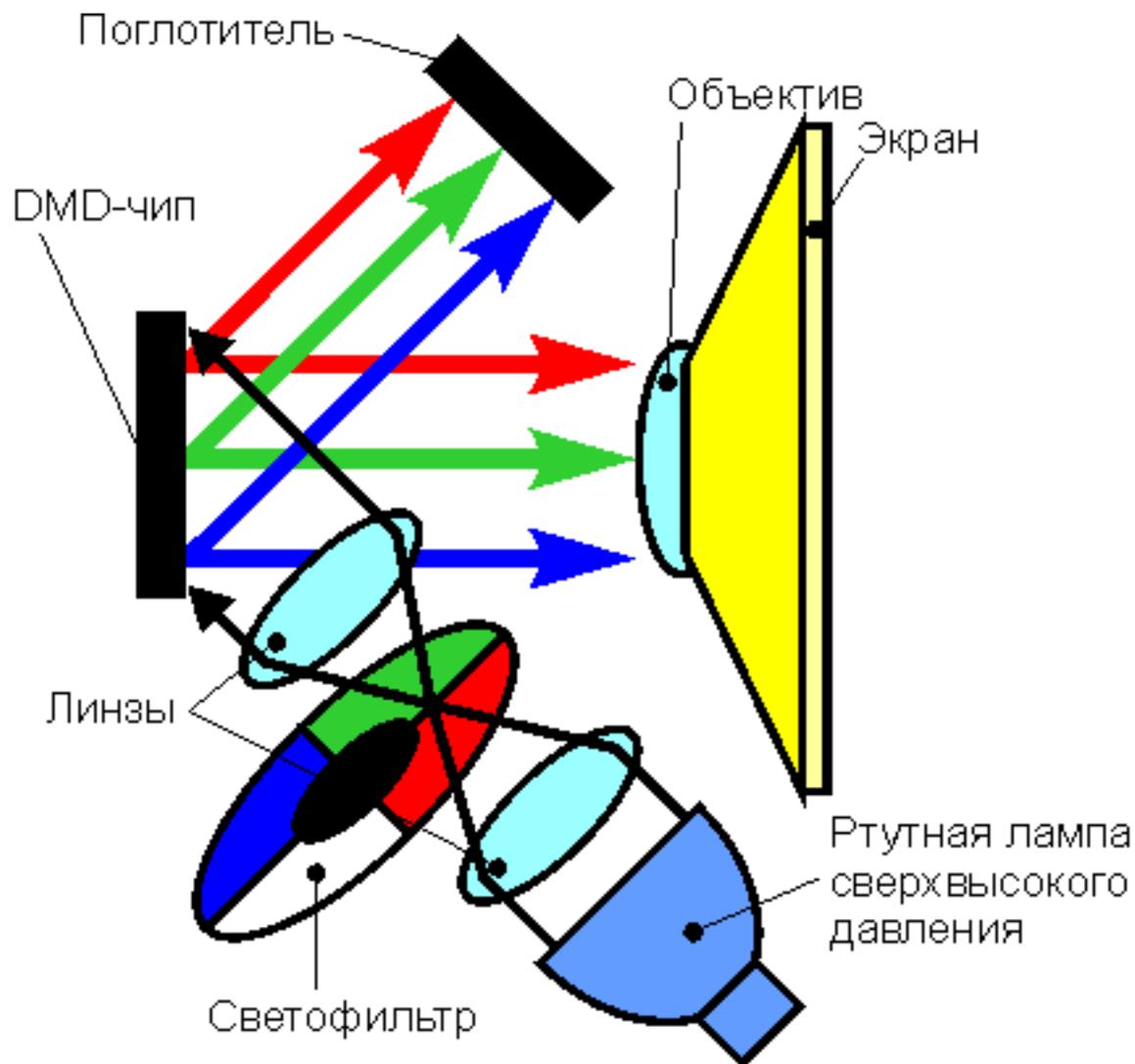


LCD проектор

- Преимущества
 - Более компактный и лёгкий, чем CRT
 - Высокая яркость
 - Отсутствие эффекта «радуги»
 - Низкая стоимость
- Недостатки
 - Низкий контраст и высокий чёрный уровень
 - Более низкий срок службы лампы
 - “Screen burn-in”



Single-chip DLP™



From: <http://www.ixbt.com>



Single-chip DLP™

- Преимущества
 - Высокий контраст
 - Компактные и лёгкие
 - Реалистичные цвета
 - Нет эффекта “screen burn-in”
 - Whiteboost
- Недостатки
 - Короткий срок службы лампы
 - «Эффект радуги»
 - Узкоугольность
 - Whiteboost



Другие технологии

- 3-chip DLP™
- LCOS (Liquid Crystals on Silicon)
- LED projectors
- Laser projectors

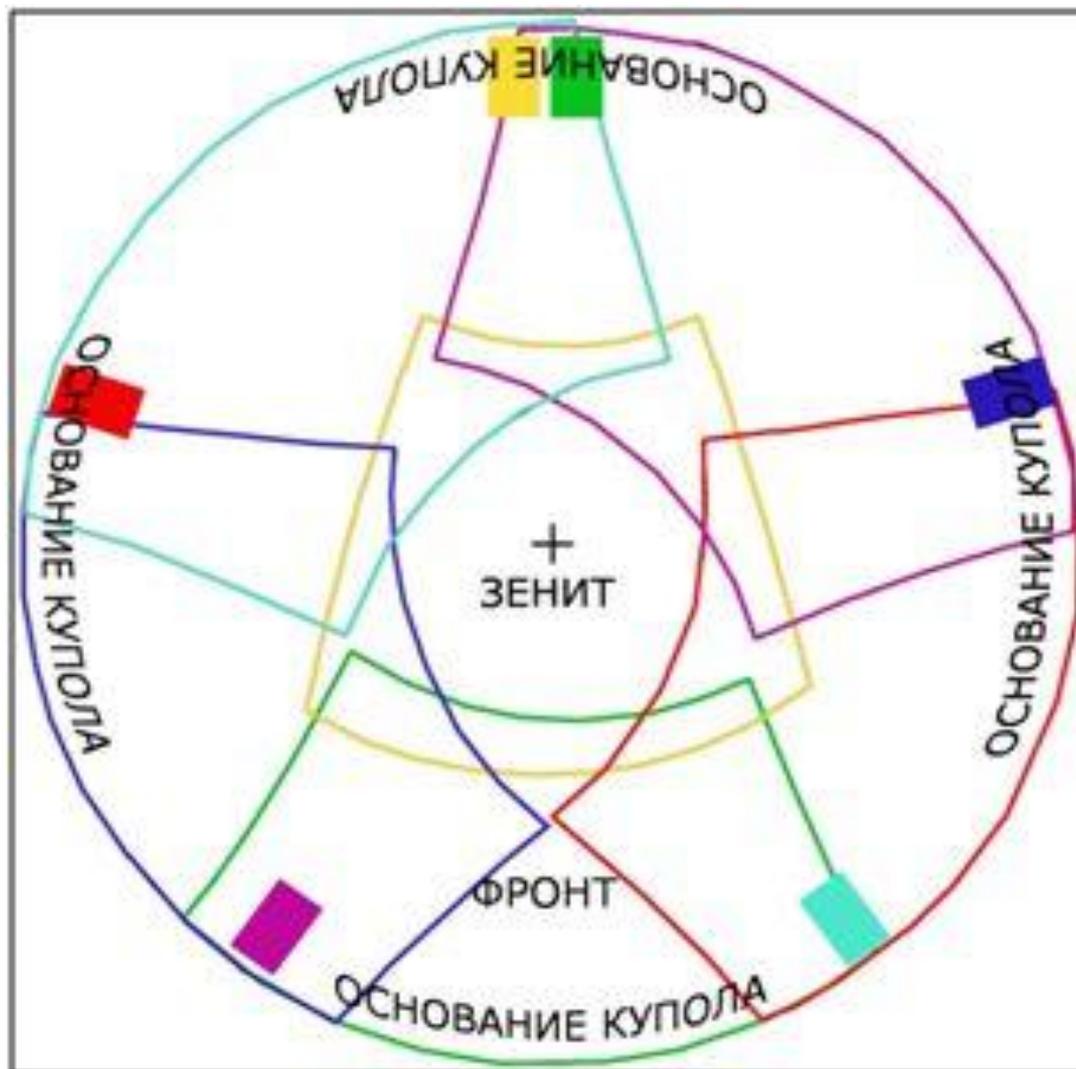


Проблемы создания многопроекторных систем

- Геометрическая калибрация
- Цветовая калибрация
- Edge blending («сшивки» изображений)
- Black level compensation

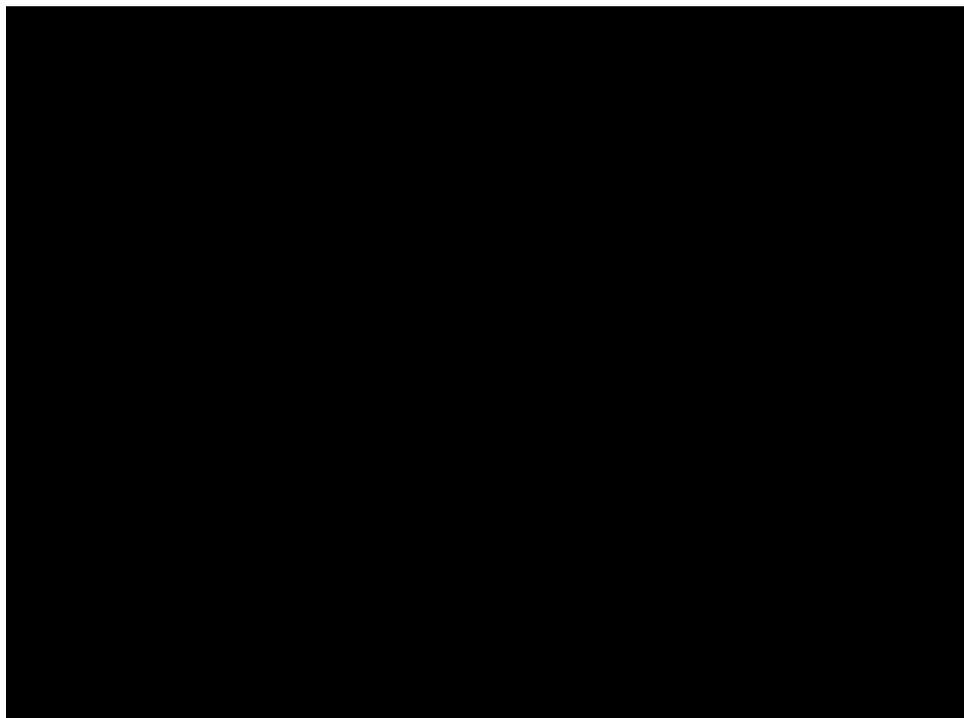


Геометрическая калибровка





Геометрическая калибрация



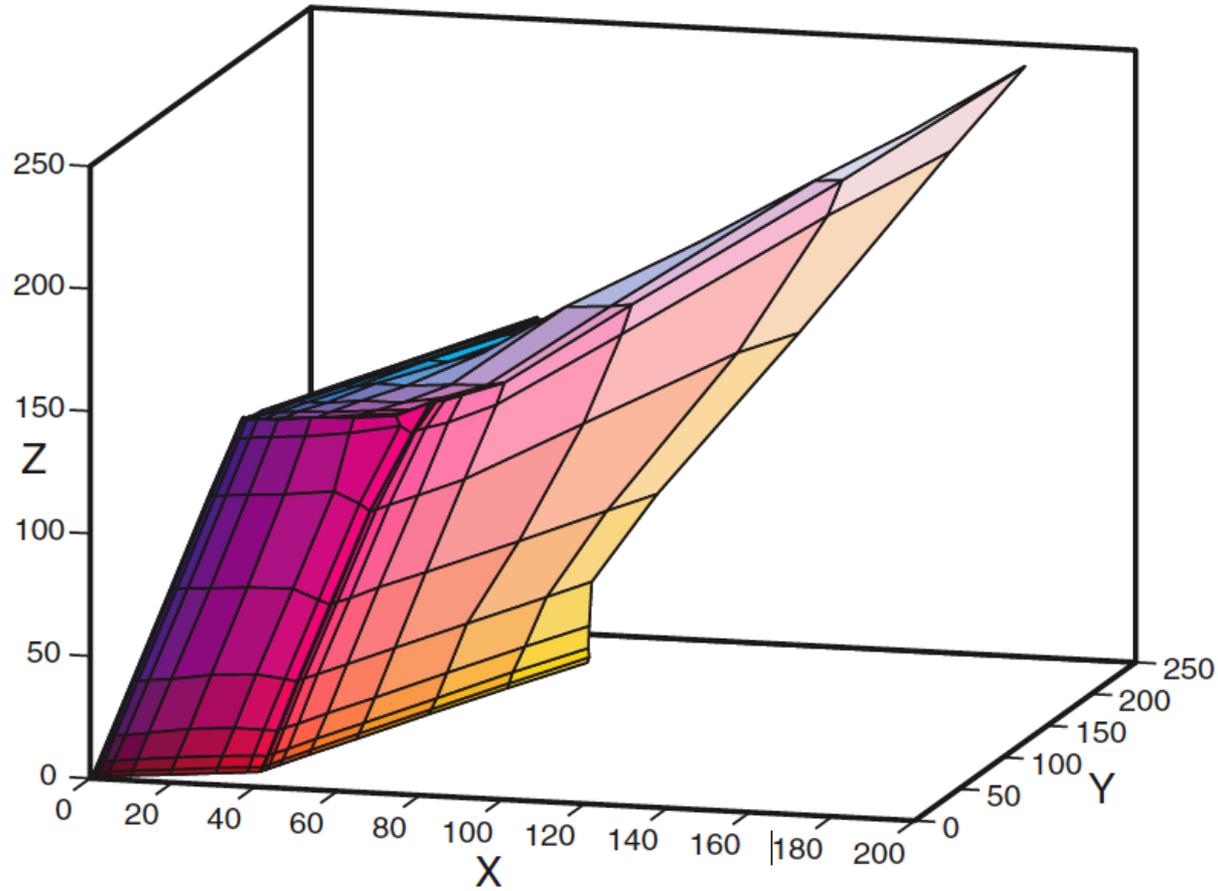


Цветовая предобработка

$$I_{out} = I_{in}^{1/\gamma}$$



A typical gamut of a DLP projector



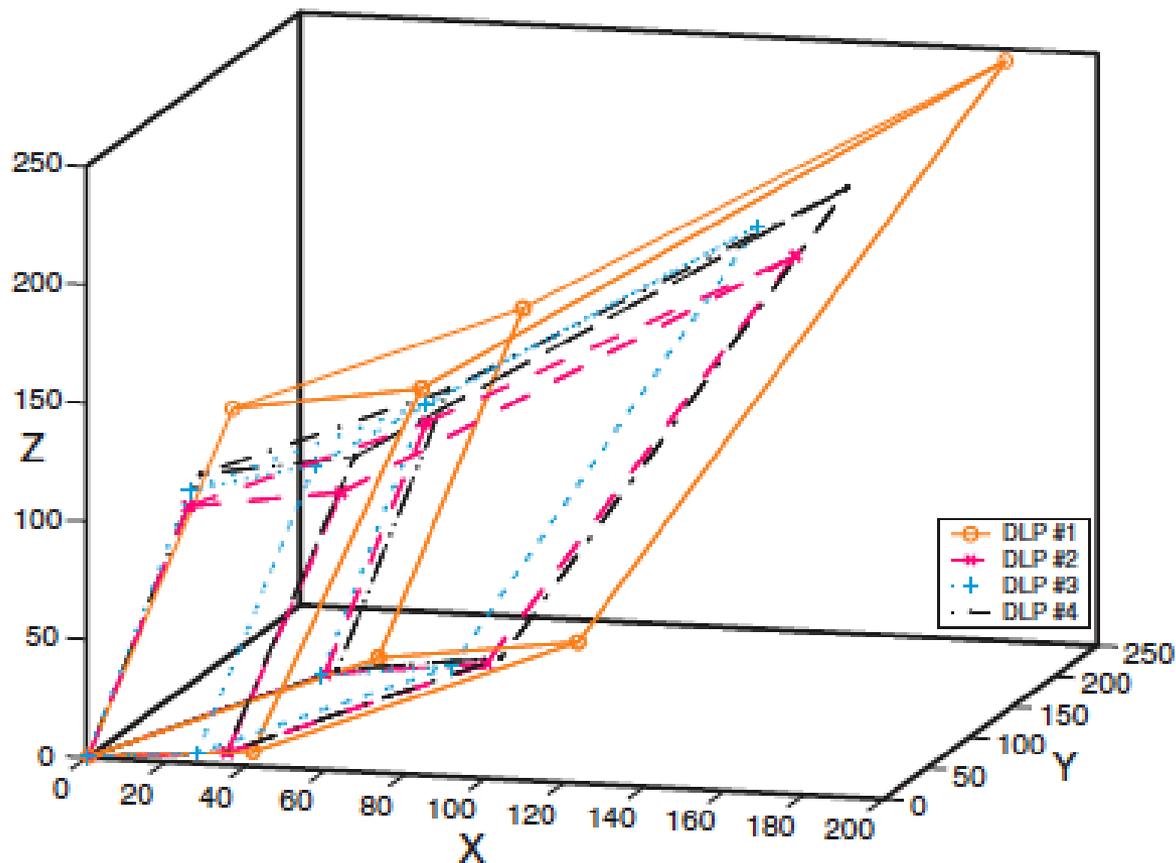


Цветовая модель DLP-проектора

$$(X, Y, Z) = F(r, g, b)$$



Gamuts for different projectors





Компенсация «чёрного» уровня

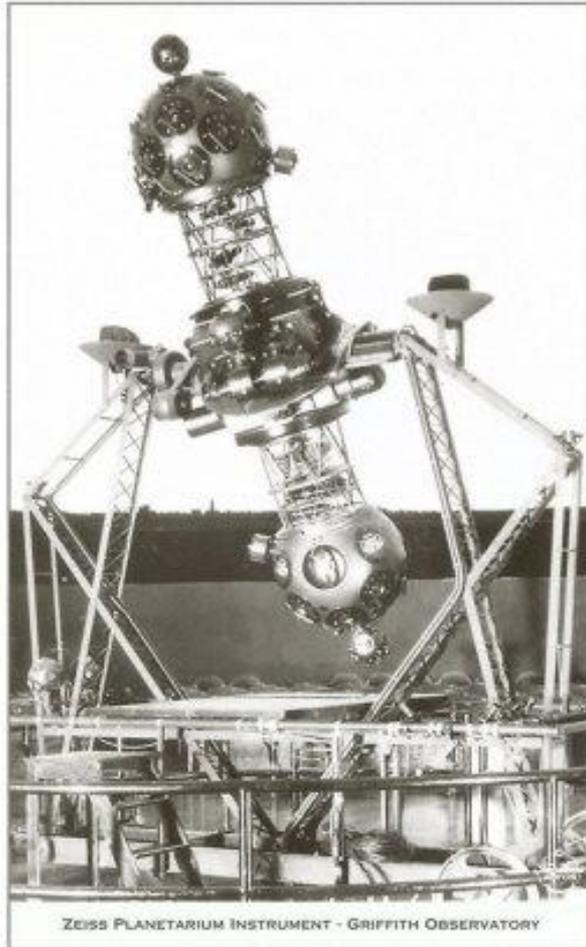


Компенсация «чёрного» уровня

- Optical blending
- Constant fill value
- Argus *DarkSky* technology

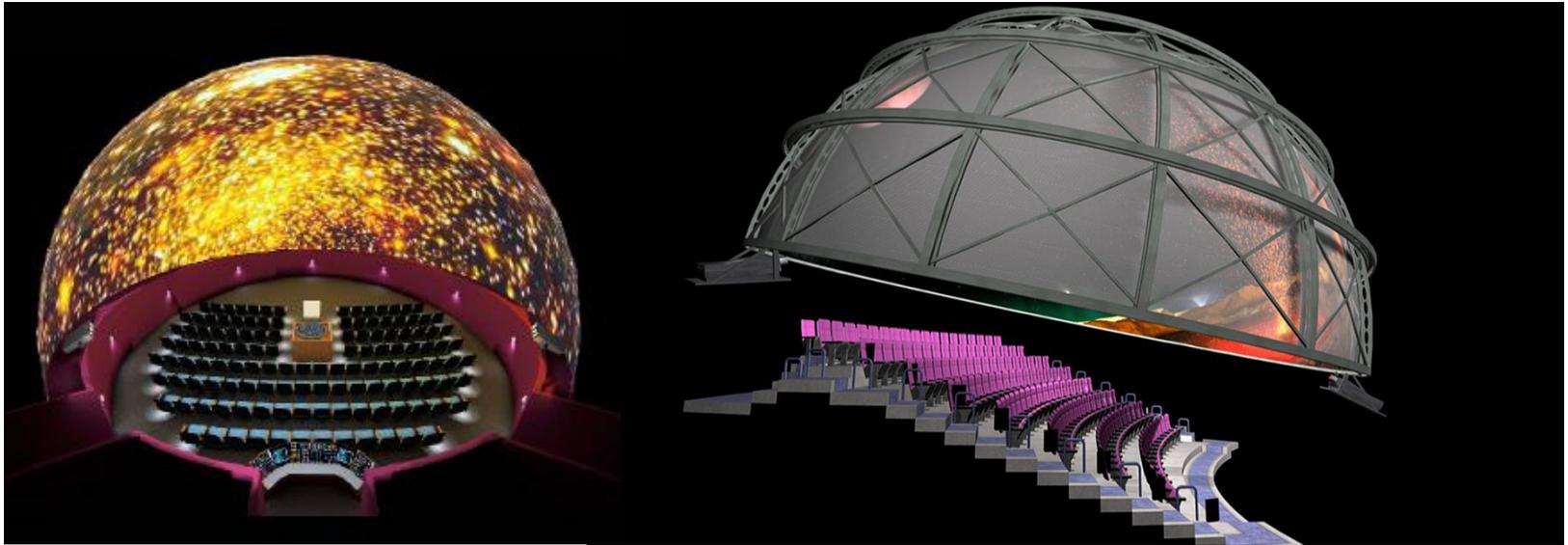
Оптико-механические планетарии

- В 1924 в Германии был создан первый *планетарий*.





Цифровые планетарии



- Цифровые планетарии – это продвинутые аналоги современных кинотеатров, создающие **мощный эффект присутствия** у зрителей.
- Огромный сферический экран, полностью охватывающий поле зрения человека, погружает посетителей в виртуальную реальность.



MasterDome



Video

- Dome master sequence
(.png or .tga)
- 30 fps
- 3000x3000

Audio

- 5.1 surround
(6 .wav or .mp3)



Сценарии использования

- Планетарии и кинотеатры



- Художественные представления



- Ночные дискотеки, рестораны



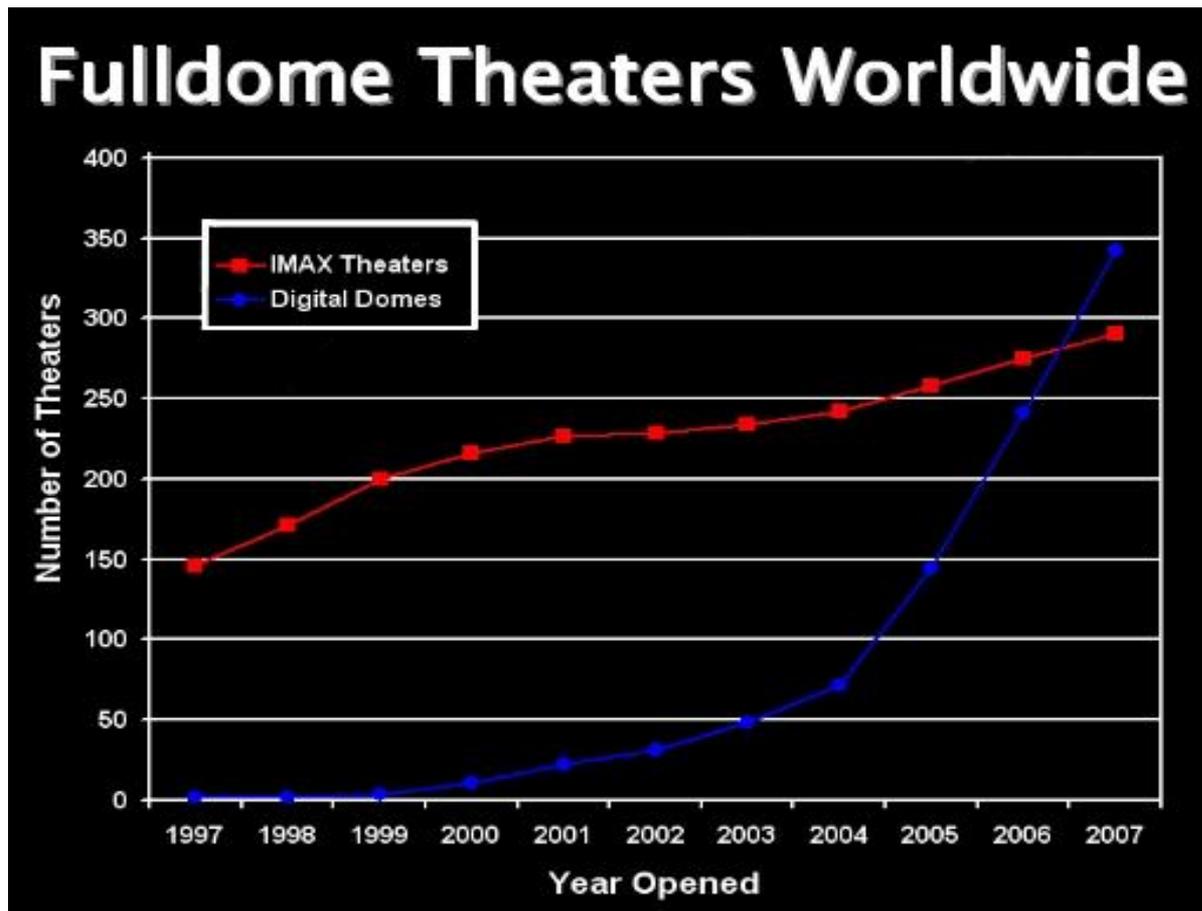
- Выставки и конференции





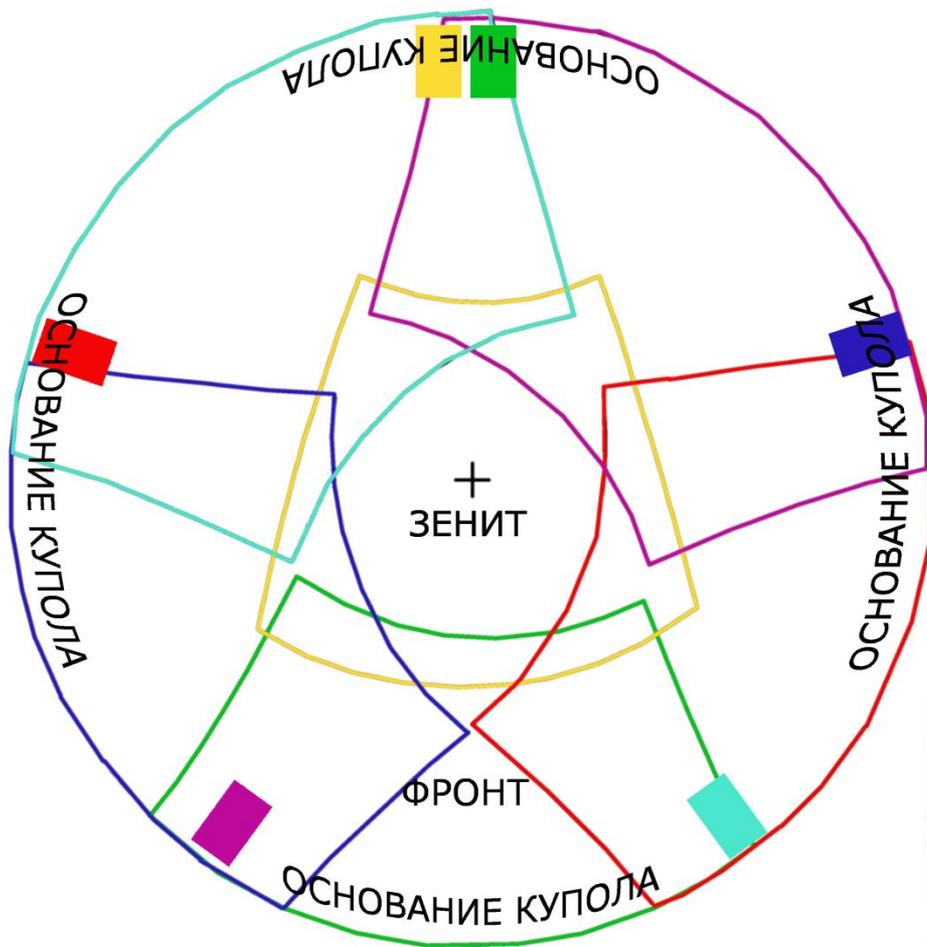
Цифровые планетарии

- Сегодня говорят уже не просто о планетариях, а о *полнокупольных цифровых театрах*.





Нижегородский планетарий



Используется 6 проекторов Projectiondesign, полностью покрывающих купол.



Нижегородский планетарий





Аппаратное обеспечение

- Управляющий компьютер
- 6 проекторов
- 6 серверов, объединенных в кластер
 - 2 двухъядерных Xeon 5130 2.0ГГц
 - 8 Гб оперативной памяти
 - NVidia GeForce 8800 Ultra
 - 1 Гбит
- Коммуникационное оборудование



Нижегородский планетарий

- MasterDome
 - Сторонние шоу
 - Полнокупольная анимация
 - Лекции о звездном небе
 - Winamp
- Звездное небо в реальном времени
 - Аналог оптико-механического планетария



Realtime system

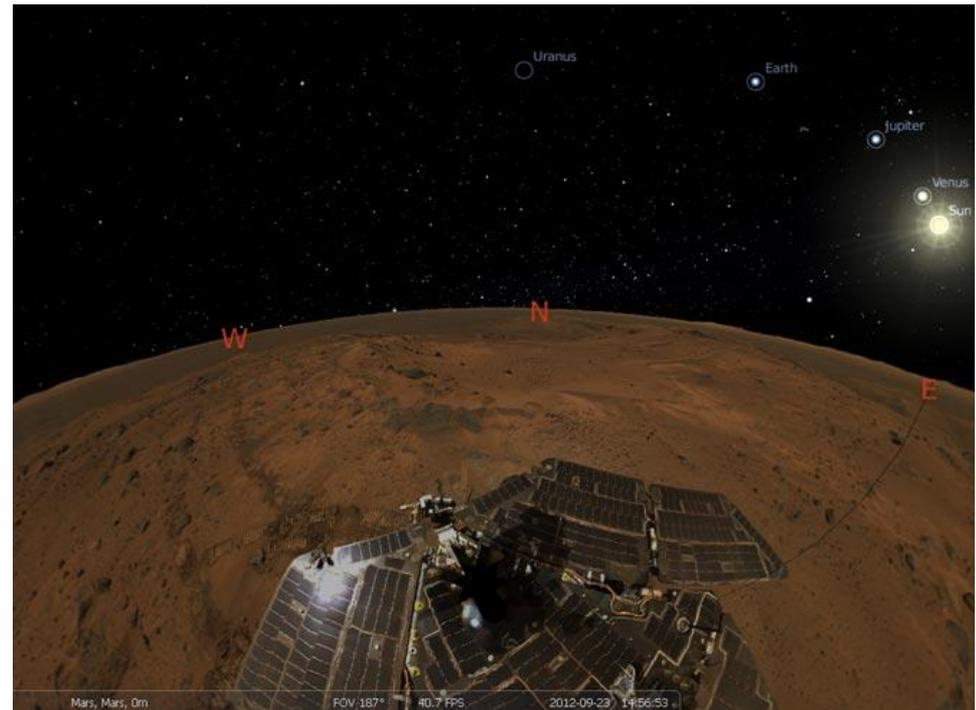
Основные задачи:

- Рендеринг звездного неба в разрешении 3Кх3К
- Инфраструктура (управление, синхронизация)
- Выделение видеопотока для проекторов

Рендеринг

Используется open source компьютерный планетарий Stellarium (www.stellarium.org).

- 118 000 звезд
- Солнечная система
- Богатство астрономического материала
- Fisheye проекция
- 25 fps (3000x3000)





Инфраструктура

- Где создавать полнокупольный кадр?
 - Централизованно и рассылать
 - Создавать на серверах
- Где осуществлять выделение видеопотока для проекторов?



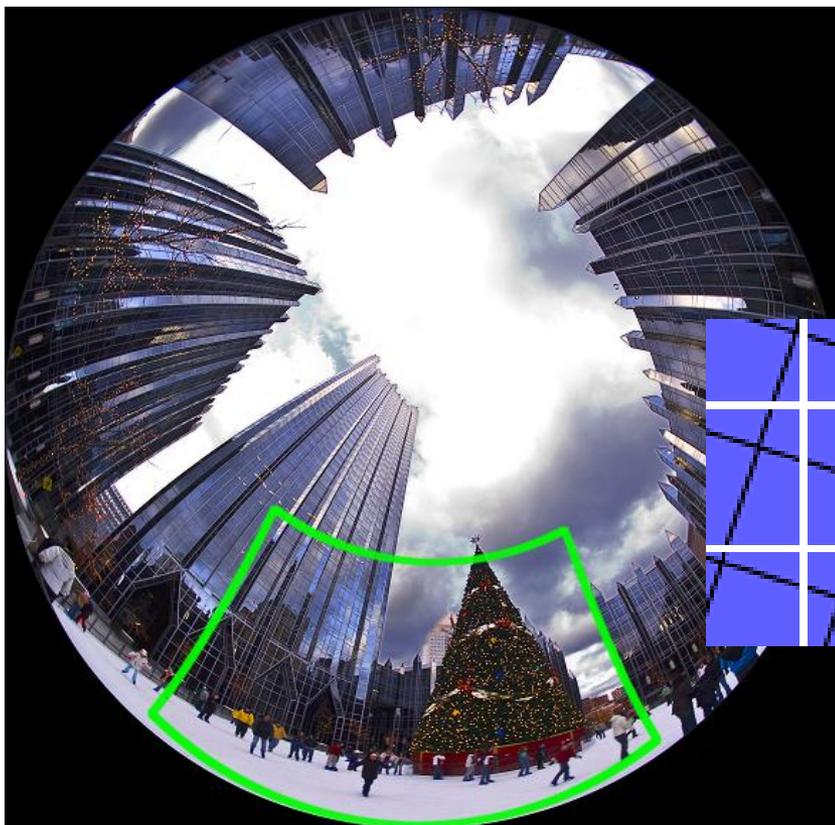
Инфраструктура





Выделение видеопотока

Полнокупольный кадр



Кадр фронтального проектора





Выделение видеопотока

$$C_{ij} = \left[w_{ijst} (C_{st}^{FD})^\gamma + w_{ijs+1t} (C_{s+1t}^{FD})^\gamma + w_{ijst+1} (C_{st+1}^{FD})^\gamma + w_{ijs+1t+1} (C_{s+1t+1}^{FD})^\gamma \right]^{1/\gamma}$$

На выделение одного кадра для проектора
требуется следующее число операций в секунду:

$$10^9 =$$

30 кадров в секунду *

1400 * 1050 пикселей *

3 цветовых канала *

12 операций



Выделение видеопотока

Свойства алгоритма:

- Каждый пиксел обрабатывается независимо
- Соответствие принципу SIMD
- Небольшое количество условных переходов

Практически идеально ложится на потоковую модель вычислений, поэтому имеет смысл использовать GPU.



Реализация

- Stellarium (C++, OpenGL)
- NVidia CUDA
 - 128 ядер, 768 потоков
 - 300мб данных на один проектор
(это выравненные для когерентного чтения
70мб калибрационных данных)
 - использование текстурного кеша
- Видеопоток выделяется с частотой
220 кадров в секунду.



Итоги разработки

- Создана система, позволяющая демонстрировать звездное небо в реальном времени.
- Система воспроизведения реального времени может быть использована для других приложений.



Направления развития

- Полнокупольные 3D – фильмы



- Полнокупольные интерактивные игры





Вопросы?

ve@argus-cv.com

kirill.kornyakov@argus-cv.com