

A woman in a red dress stands inside a large, illuminated, spherical light stage structure. The structure is composed of a metal frame with numerous small lights attached, creating a glowing effect. The background is dark, and the overall scene is lit with a mix of warm and cool tones.

# A Lighting Reproduction Approach to Live-Action Compositing

## Light Stage 3

CG Seminar SS03  
Rajwinder Kang

## Light Stage 3

- Introduction
  - Person durch die Reproduktion des Umgebungslichtes einer realen oder virtuellen Welt beleuchten
  - live performance

## Light Stage 3

- Zu Beachten
  - gleiche Perspektive
  - Rand zwischen Person und Hintergrund
  - Gleiche Eigenschaften
    - brightness response curve
    - color balance
    - sharpness
    - lens flare
    - noise...

## Lichtanpassung

- selbe Schattierung
- selbe Highlights
- indirekte Beleuchtung
- Schatten der Person

# Lichtanpassung

- selbe Schattierung
  - selbe Highlights
  - indirekte Beleuchtung
  - Schatten der Person
- konsistente realistische Beleuchtung zwischen Vor- und Hintergrund erreichen

# Lichtanpassung

- selbe Schattierung
  - selbe Highlights
  - indirekte Beleuchtung
  - Schatten der Person
- konsistente realistische Beleuchtung zwischen Vor- und Hintergrund erreichen
- Ziel: Nachahmung der realen Beleuchtung

## Bekannte Methoden

- Photographie
  - combination prints
- Rückprojektion
- Frontprojektion (1950)
- color difference method (Petro Vlahos)
- infrared oder ultraviolet sensitive film
- optical printing process
- technique of Environment Mapping

## Umsetzung

- 2m Kugel mit nach innen gerichteten Computer gesteuerten Lichtquellen
- Jedes einzelne Licht kann willkürlich jede Farbe und Intensität annehmen

# Umsetzung

- 2m Kugel mit nach innen gerichteten Computer gesteuerten Lichtquellen
- Jedes einzelne Licht kann willkürlich jede Farbe und Intensität annehmen
- Möglich reale Welt oder virtuelle Umgebung darzustellen

# Apparatus

- Structure
- Lights
- Camera System
  - Lenses
- Infrared Lights
  - Infrared Matting System
- Backing Material

## Structure

- 42 vertices, 120 edges, 80 faces
- Lichtquelle an jeder Kante und an jeder Ecke  
→ 162 Lichter
- Boden ausgelassen → 156 Lichter
- 80cm Podest (Kopfhöhe)

## Structure

- 2m Durchmesser → Standardraum
  - groß genug um verschiedene Einstellungen aufzunehmen
  - groß genug um die Lichtquellen von der Person entfernt zu halten
  - nah genug um die benötigte Beleuchtung zu kreieren
- Matt schwarz → Reflektion auf Person minimiert

# Lights

- iColor MR lights from Color Kinetics corporation
- Mischung von 18 red, green und blue LED's
- jedes Licht produziert 20lx auf 1m entfernter Fläche (bei voller Intensität)
- Anschluss an normale Kabel
- Verbindung mit Computer durch USB

# Lights

- jede Farbkomponente der einzelnen Lichter
  - 8bit mit Werten von 0-255
  - Modulationsrate (pulse width modulation) schnell genug um durchgehend Schattierung am menschlichen Auge/ Farbkamera zu produzieren
- 156 Lichter genug für gute Beleuchtung
  - spärlich genug um doppelte Schatten zu erzeugen
  - Reflektion in Augen kann im tight close-up gesehen werden
  - bei medium close-up → lights blurr together realistically

# Lights

- man kann noch mehr Lichtquellen verwenden

# Camera System

- color & infrared Bild gleichzeitig einfangen
- Farbkamera: Sony DXC-9000 3CCD
  - high quality, progressive scan color images (60 frames/sec)
  - nimmt kein infrarotes Licht wahr
- Monochrome Kamera: Uniq Vision UP-610
  - high quality, progressive monochrome images with good sensitivity in the near infrared (700-900nm) spectrum (asynchronously 110 frames/sec)
- auch für sichtbares Licht sensibel
  - Hoya R72 Infrarot-Filter

# Camera System

- im rechten Winkel an einer Platte angebracht  
(2 translating Bogen tripod heads)
  - Kamera kann sich 4 inches nach vorn/hinten bewegen
  - Bewegung erlaubt, damit man für verschiedene Linsenkonfigurationen den ‚nodal point‘ anpassen kann
- 1 glass beam splitter zwischen beiden Kameras (45°)
  - Licht wird 30% zu UP-610 und 70% zu Sony
    - Verhältnis entsprechend der Kamerasensibilität
- Verbesserung mit ‚hot mirror‘
  - infrared light to infrared camera

# Lenses

- Sony: standard zoom lens (widest setting)
  - 40° field of view
- UP: 6mm lens mit 42° horizontal field of view
  - entspricht field of view von Sony
- ZUKUNFT
  - single 4 channel camera
    - für RGB und infrared sensible
    - focus, aperture, zoom während einer Aufnahme anpassbar/bedienbar

## Infrared Lights

- UP: macht matte images um Person vor Hintergrund setzen zu können
- Wunsch: matte erzielen ohne Einbüßung der Vordergrundfarbe und ohne Person mit blauem/grünem Licht von backing zu beleuchten

## Infrared Lights

- UP: macht matte images um Person vor Hintergrund setzen zu können
- Wunsch: matte erzielen ohne Einbüßung der Vordergrundfarbe und ohne Person mit blauem/grünem Licht von backing zu beleuchten
- Lösung: infrared matting system

# Infrared Matting System

- Objekt wird vor einer mit infrarotem Licht beleuchteten Fläche gesetzt
- warum infrarot:
  - sehr einfach Hintergrund mit infrarotem Licht zu beleuchten als mit polarisiertem Licht
  - sehr einfach mit infrarotem Licht, Kamera und Optik umzugehen als mit ultraviolettem Licht
  - sehr einfach Hintergrundfläche (backing) herzustellen und damit zu arbeiten als bei Frontprojektion

# Backing Material

- soll infrarotes Licht und kein sichtbares Licht reflektieren
- Methode um das Material zu finden:
  - -Sony ‚night shot‘ camcorder mit Hoya IR-pass filter
- Material sehr dunkel, und sehr strechy (Absicht)
- Stoff so geschnitten, dass 20 faces bedeckt
  - entspricht dem field of view von Kamera
  - + Spielraum für pan/ tilt

## Backing beleuchten

- 6 Clover Electronics infrared LED Lichtquellen (850nm peak wavelength)
  - an Innenseite der Stage zwischen farbigem Licht plaziert
- cloth backing durch infrared LED's beleuchtet und sichtbar durch infrared camera

## System Calibration

- Intensity and Color Calibration
- Matte Registration
- Image Brightness Calibration
- Matte Extraction and Compositing
- Rotating Camera Composites
- Moving Camera Composite

## Intensity and Color Calibration

- Leuchtdichte für jeden Kanal kann sehr genau durch Gammakurve ermittelt werden

$$L = (z/255)^\gamma \text{ mit } \gamma = 1,86$$

$L$  = relative Leuchtdichte  
 $z$  = 8 bit input des Lichts

$$\rightarrow z = 255L^{(1/\gamma)}$$

(linear light levels to 8 bit inputs)

## Intensity and Color Calibration

- Vorteile von nonlinear response: drastische Erhöhung der gebrauchten dynamic range von jedem einzelnen Licht
  - high dynamic range environment verwendbar
- um sicher zu gehen, dass das Licht kein ultraviolettes oder infrarotes Licht produziert, wird Emissions-Spektrum von rotem, grünem und blauem Licht LED's gemessen

## Color calibration

- Leuchtdichte der Kameras
  - die Bildpixelwerte können durch lineare Werte mit Wertebereich  $[0,1]$  für jeden Kanal dargestellt werden

## Color calibration

- 156 individuelle Lichtfarben des Bildes bestimmen

## Color calibration

- 156 individuelle Lichtfarben des Bildes bestimmen
  - triangular structure des Light Stage auf Bild projizieren
    - Bild in triangular cells mit je einem Licht an jeder Kante aufgeteilt
  - Durchschnitt von jedem Pixelwert in den benachbarten Dreiecken (5 oder 6) ermittelt
    - Farbe der einzelnen Lichter

## Color calibration

- Gewichtung der Pixel in jedem Dreieck entsprechend ihrer Baryzentrischen Koordinaten
  - ein Pixel wird mehr Licht an benachbarte Kanten ausstreuen
- um alles Licht gleich zu behandeln wird die Ausstreuung jeden Pixels entsprechend seinem festen Winkel gewichtet

## Color calibration

- Absolute Intensity and Color Balance

$$\begin{aligned} R &= \int_{\Omega} L \rho_d / \pi \cos\theta \, d\omega \\ &= L \int_{\Omega} 1 / \pi \cos\theta \, d\omega = L \end{aligned}$$

## Color calibration

- wenn ein weißes diffuses Objekt in einem gleichmäßigen Lichtfeld gesetzt wird, wird es die selbe Intensität und Farbe haben wie seine Umwelt
  - erlaubt Kalibrierung von Light Stage

## Color calibration

$$\mathbf{L} = \mathbf{MR}$$

## Matte Registration

- Nodal point bestimmen
- Calibration grid

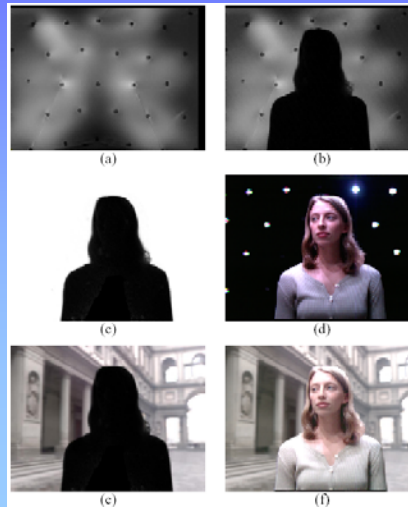
# Image Brightness Calibration

- iColor MR lights richtungsabhängig und beleuchten Fläche nicht gleichmäßig

# Image Brightness Calibration

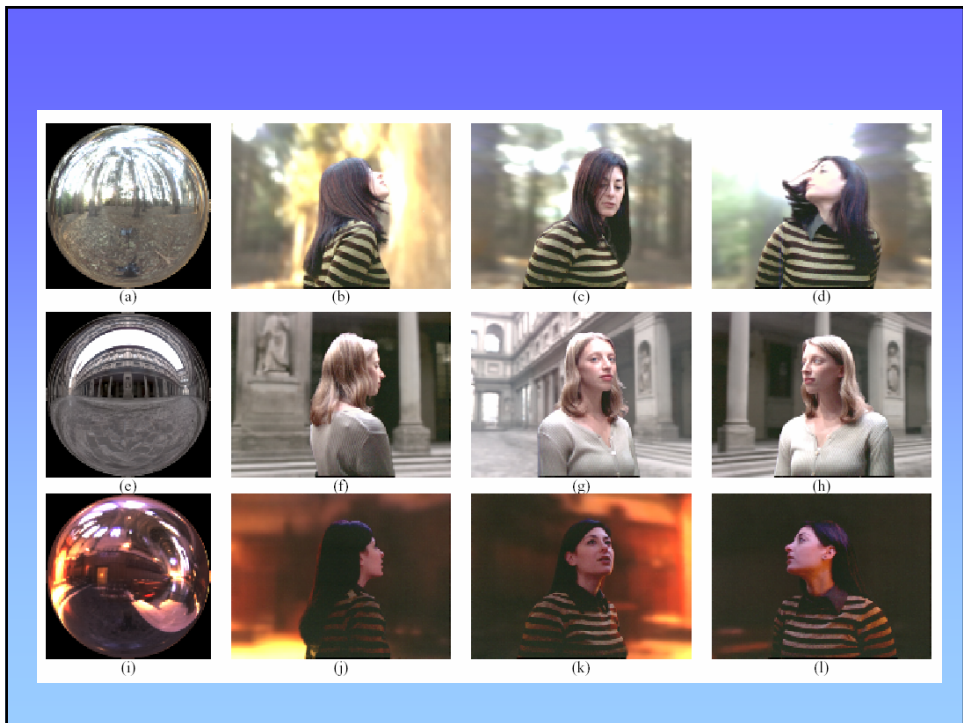
- weiße Fläche in Richtung des Kamerasichtfeldes
- erhöhen der Beleuchtung der Lichter bis die Pixel kurz vor der Sättigung sind
- ein Bild der Fläche aufnehmen
- Die Farbe der Fläche so skalieren, dass der hellste Wert (1,1,1) entspricht
- die Bilder der Kamera korrigieren, indem man diese durch das normalisierte Bild der Fläche teilt

# Matte Extraction and Compositing



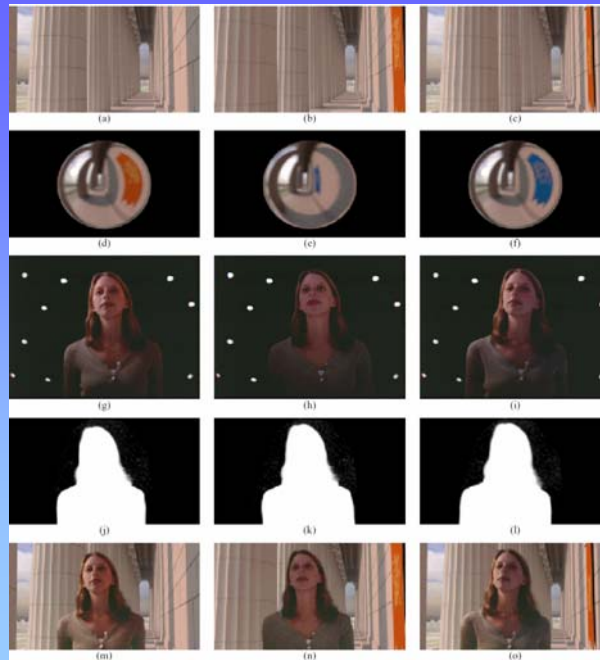
## Rotating Camera Composites

- Kamera fest, aber Light Stage und Person bewegen sich
  - Artefakte: Hintergrundbeleuchtung ursprünglich durch Reflektion von spiegelndem Ball berechnet und daher etwas anders in der Auflösung als Person im Vordergrund



## Moving Camera Composite

- moving camera
- virtual camera
- Simulation von Sonne



## Light Stage 3

- Zukunft
  - Alles in größeren Dimensionen
  - Video Projektoren statt der Lichter
  - Sichtweise der Person zeigen
  - Ganzen Körper darstellen
  - Mehrere Personen auf einmal
  - Schatten der Person in die Umgebung werfen
  - Single Kamera mit beiden Aufnahmetechniken
  - Zusätzliche Farben der LED's
  - Beleuchtungstechniken