

MATERIALES Y ESCÁNER LÁSER DE ALTA RESOLUCIÓN

Escáner Láser de triangulación Vivid 910 Konica Minolta

REPORT 09. 2012

Mt. Univ. Arq. Juan Manuel Corso Sarmiento

UPC. Universitat Politècnica de Catalunya. BarcelonaTech.

LMVC. Laboratorio de Modelización Virtual de la Ciudad

www-cpsv.upc.es/lmvc/
Juan.manuel.corso@upc.edu

Objetivo:

Este reporte se centra en la aplicación de la tecnología de Escáner Láser Terrestre TLS de alta resolución para el estudio de materiales, complementando desde el punto de vista práctico el reporte “*ESCÁNER LÁSER TERRESTRE EN LA RESTAURACIÓN, Recopilación del estado del arte de proyectos de restauración*”, que se centra en la identificación de las principales líneas de intervención, en pinturas, en esculturas y en edificios patrimoniales, desde la tecnología TLS.

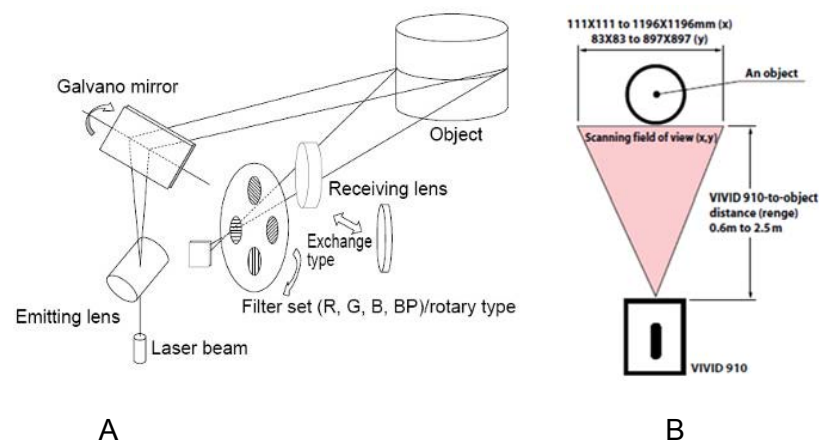
Utilizando para ello un escáner (de triangulación) de alta resolución Konica Minolta vivid 910. En tres escalas, primero en la identificación de materiales de un libro de materiales, la segunda de formas geométricas complejas con un capitel y la tercera en la arquitectura, mediante la identificación de una grieta.

1. Escáner de triangulación Konica Minolta vivid 910

Esta técnica se llama triangulación porque el punto de láser, la cámara y el emisor del láser forman un triángulo¹. Se puede realizar esta triangulación porque se conoce la longitud de un lado del triángulo, la distancia entre la cámara y el emisor, al igual que el ángulo de emisor de láser y el ángulo de cámara se determina al mirar la ubicación del punto del láser en la cámara, esto se ejemplifica en la figura 1. Esta longitud y estos dos ángulos se concretan como tres informaciones que determinan completamente el tamaño y la forma del triángulo, dando la ubicación del ángulo del triángulo.

El VIVID 910: Este escáner genera una malla poligonal al relacionar la información, eliminando automáticamente ambigüedades geométricas. El objeto es escaneado por un plano del escáner laser, este proyecta la luz desde el punto de vista del espejo que rota con la precisión de un galvanómetro, la luz es reflejada desde la superficie del objeto escaneado y cada línea es observada por un cuadro único capturado por un CCD de la cámara. El contorno de la superficie es derivado de la forma de la imagen de cada línea de escaneo. Complementario a ello se capturan imágenes de color de 24-bits.

Figura 1: A) Funcionamiento del escáner de triangulación. B) Rango del escáner



Fuente: Catalog for 3D Measurement, Konica Minolta, investment Ltd. China, 2002.

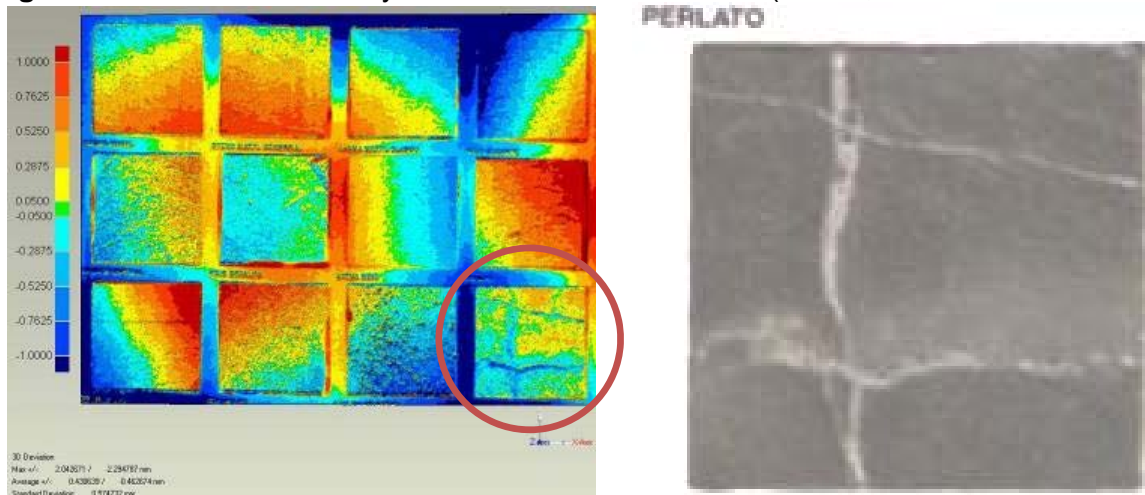
¹ Catalog for 3D Measurement, Konica Minolta, investment Ltd. China, 2002
<http://www.konicaminolta.com/sensingusa/download/catalog>

2. CASOS DE ESTUDIO

3.1 Libro de materiales

Se escaneo un libro de materiales para identificar las diferencias que tienen los diferentes formatos que genera el escáner de triangulación y la influencia que tiene el color en el proceso de escaneo. Llegando al límite de su resolución con el lente Tele, a una distancia de un metro de forma perpendicular al objeto, figura 2. El tamaño del libro que contiene ejemplos de piezas cerámicas es de 29,7x42cm (A4) y se registró en dos posiciones con un área de 16*21cm por posición, con un traslape del 10%. El tamaño de la imagen a color 640*480.

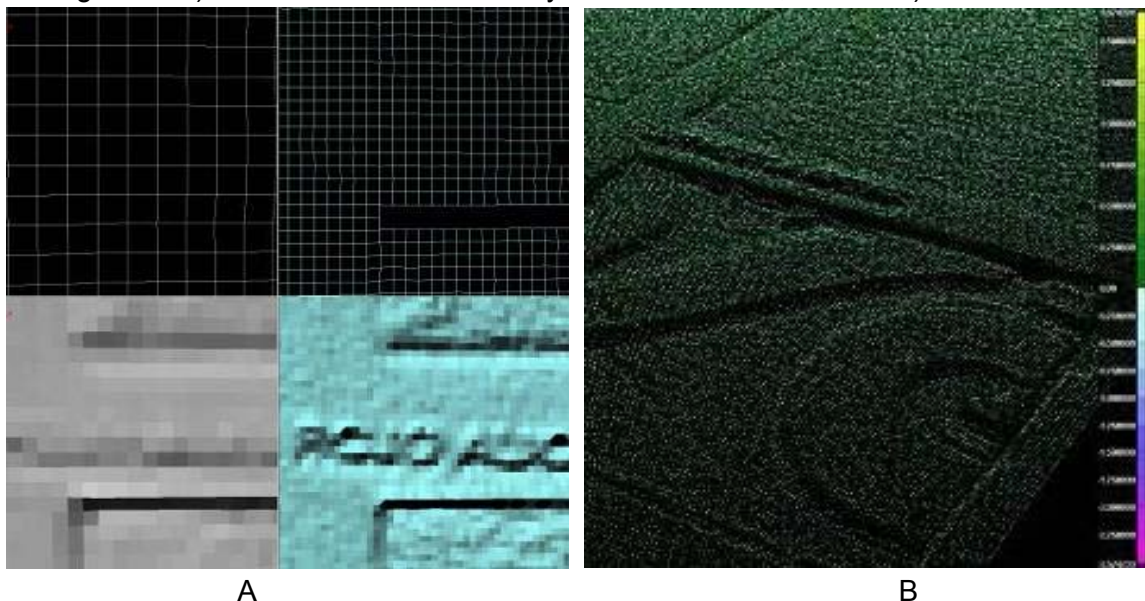
Figura 2: Libro de materiales y zoom en el material Perlato (3x3cm, información de color).



Fuente: Propia

La información se recolecta en mallas de rejillas (grid), con dos resoluciones, el VVD y CDM, ya que los programas del escáner filtran los errores de la información registrada, siendo el CDM la información si no procesar, por lo cual tiene una mayor resolución y ruido, figura 3.

Figura 3: A) VVD celdas de 0,895mm y CDM celda de 0,448mm B) VVD vs CDM

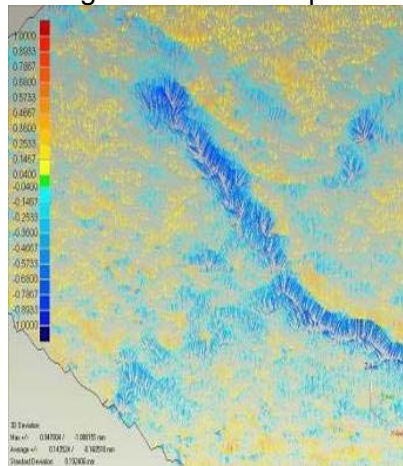


Fuente: Propia

En la figura 3 se comparan la información VVD y CDM, destacando que el VVD como una grid filtrada elimina detalles del relieve de la superficie, pero al mismo tiempo corrige errores de captura por el color de la muestra, un ejemplo muy claro de ello es el hecho que el nombre del material tenga relieve, ya que no lo tiene, pero se registró por las características de reflectancia del color al ser negro.

La figura 4 muestra una comparación el CDM y un plano, haciendo visible el detalle del material, aunque no sea visible el mismo en el CDM, con valores que van del 1 a -1 mm en el área de 3 x 3 cm del material peralto, siendo mayor el ruido en el cambio de material llegando a valores de 1,67 a -2,52 mm de error. Esta problemática sumada con la necesidad de obtener una mayor resolución del material que el obtenido con los procesos de filtrado VVD, nos condujo a utilizar la información CDM y filtros de ingeniería inversa, figura 5.

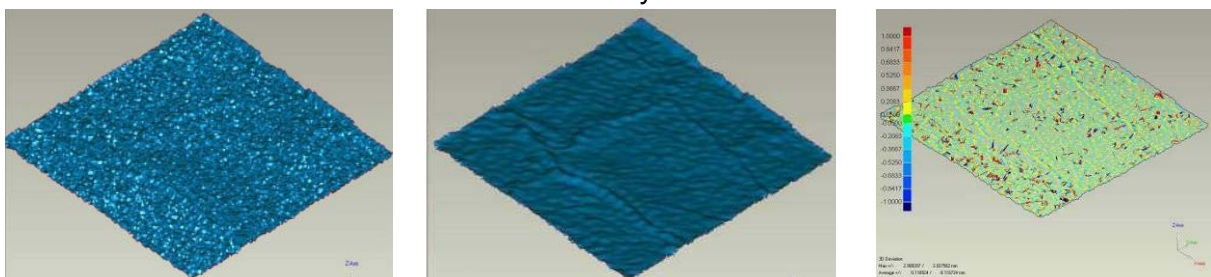
Figura 4: Comparación de la grid CDM con un plano. Rojo 1 mm a Azul -1 mm



Fuente: propia

Los filtros utilizados son: eliminación de picos fuera del promedio de la superficie, y filtros de ruido, que promedian la superficie, sin llegar a aplicar filtros de suavizado de la superficie. Con ello obtenemos una información legible en comparación al CDM, sobre una región menor de 3 cm. En la figura 4 también se realiza una comparación de estas dos mallas, con una representación de vectores que relacionan los vértices que se desplazan.

Figura 5: A) Grid CDM, B) malla CDM filtrada 34.956 polígonos, C) Desviación estándar entre A y B



Fuente: Propia

Resolución aproximada de cada celda de la *grid*: VVD 0,895 mm CDM 0,448 mm
 Número aproximado de celdas CDM 173.151

Diferencias entre VVD y CDM: -0.002625 cm de media, 0,141457 cm desviación estándar. Se testaron 302094 puntos, de los cuales el 82% 250292 están dentro de $\pm(1*\text{desviación estándar})$ el 95% está dentro de $\pm(2*\text{desviación estándar})$

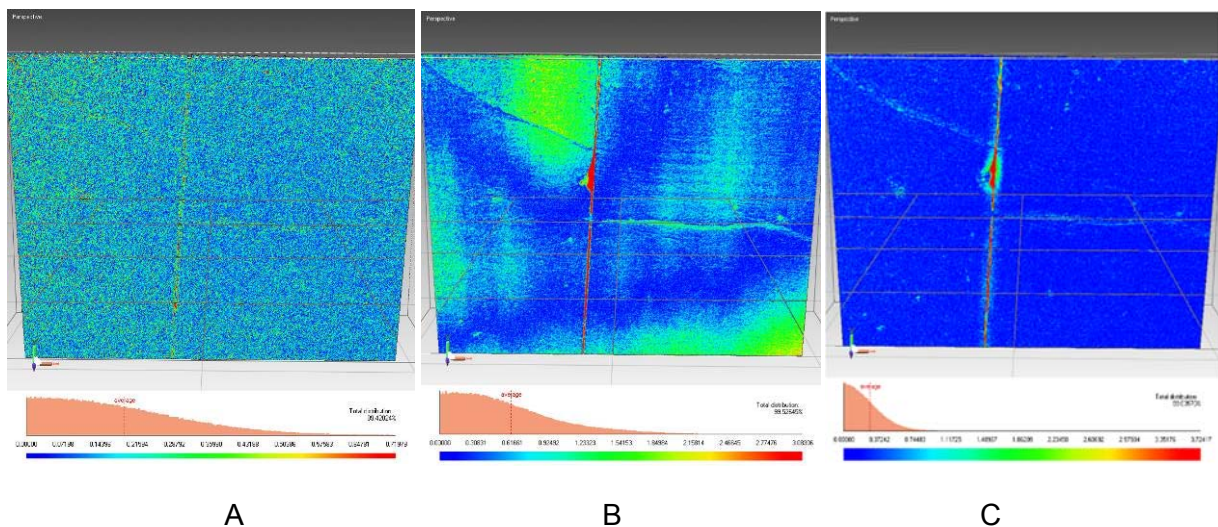
En esta comparación se entiende el ruido del instrumento y cómo actúan los procesos de limpieza, que promedian los vértices, re alineando los que están fuera del promedio de la superficie, en relación a los vértices próximos, permitiendo una lectura del relieve más relevante de la superficie, en relación al error del instrumento al trabajar a escalas menores del milímetro y por el efecto que produce el cambio del color, al ser un escáner de luz.

3.2 Fisura en el suelo de un aparcamiento

El análisis de fisuras es complejo, ya que no se puede comparar la superficie a un plano, por las deformaciones milimétricas que tiene las superficies, como se ejemplifica en la figura 6 en el ejemplo B, mediante la comparación de la malla filtrada y un plano.

Una forma de resaltar este detalle (de la grieta) es comparar el promedio de la superficie con el CDM sin ruido, mediante técnicas de suavizado, obteniendo un promedio de la superficie que elimina las fisuras, consiguiendo la representación en falso color de la figura 6 C. El color azul representa las superficies coincidentes de ambas mallas, de verde las que se alejan y rojo las distancias máximas alcanzadas en las fisuras.

Figura 6: A) CDM vs malla filtrada B) malla filtrada vs un plano C) malla filtrada vs promedio de la superficie



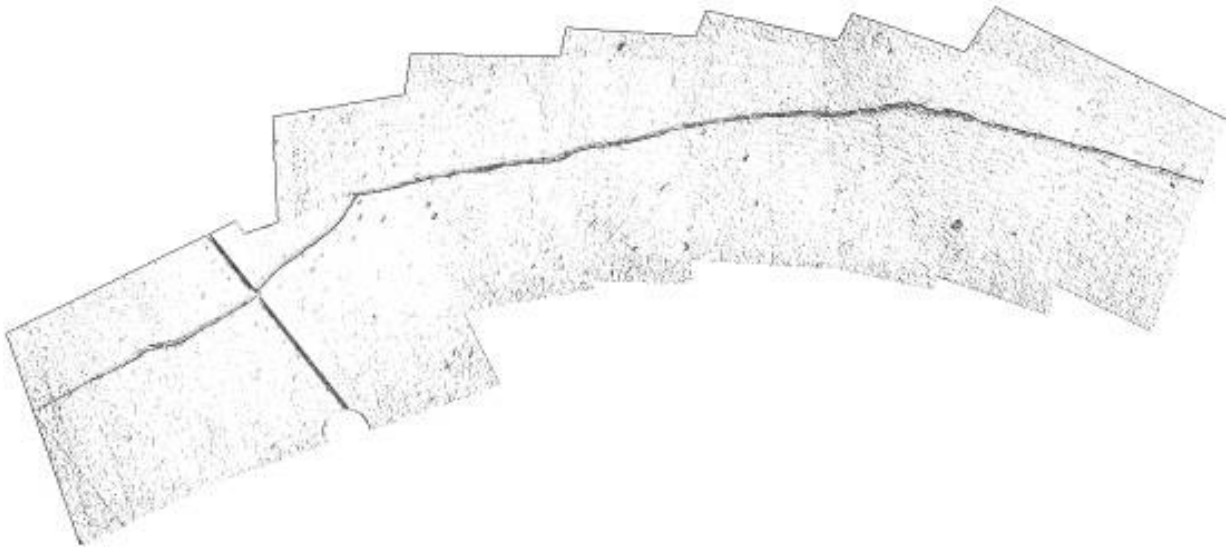
Fuente: Propia

Área escaneada 55*80 por posición.
Tamaño aproximado de la celda: CDM 0.12mm
Tamaño imágenes de color: 640*480

La información de color es reducida al estar en un parking sin iluminación, por lo cual necesitan una manipulación posterior.

Complementario a ello mediante procesos de iluminación sobre la superficie CDM filtrada, se logra destacar la información de las fisuras, figura 7.

Figura 7: 8 posiciones superpuestas (Konica minolta).



Fuente: Propia

3.3 Detalle de elementos complejos, escáner láser de un Capitel

El registro del capitel se llevó a cabo con 12 posiciones, tanto de forma perpendicular a cada cara, como el registro de las esquinas, consiguiendo una mejor consolidación de las posiciones, a una distancia de 1.2 m y con el lente Tele, buscando la mayor resolución del elemento.

Figura 8: Detalle alcanzado al añadir la textura a una superficie de malla decimada.



Fuente: Propia

El área de escaneo de cada posición es de 20*25, con un traslape del 30% con cada posición.

Tamaño aproximado de la celda: CDM 0,57 mm
Número aproximado de celdas CDM 153.894
Tamaño de la imagen 640*480.

La complejidad de un modelo volumétrico plantea la necesidad de dividir el modelo en volumen y texturas que almacenan la resolución alcanzada en el proceso de escaneo. La malla se generó de forma automática a partir de los puntos y se reconstruyó en base a la detección de vértices, concluyendo con una malla ordenada de normales, que permitió su texturizado y manipulación. Estos procesos se explican a continuación.

3.3.1 Reconstrucción de la malla, procesos semiautomático (Surface Phase)

Las Surface Phase se utilizan para reestructurar la malla de forma libre (construida a partir de la triangulación de los puntos TLS), mediante procesos semiautomáticos, usando "quadriateral patches", concluyendo con una malla organizada en nurbs. Para la construcción de estas mallas nurbs² existen dos procesos automáticos Shape Phase y Fashion Phase, en el caso de estudio se explica el Shape phase, por las características orgánicas del modelo.

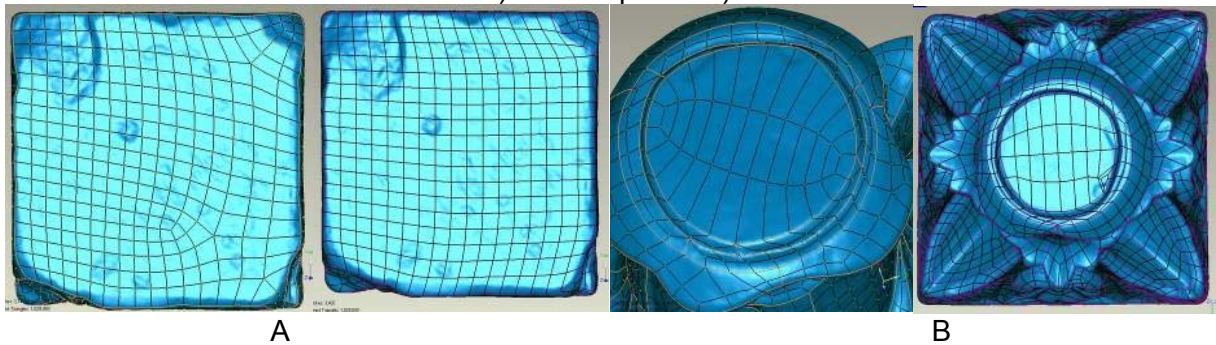
Parte de la detección de los contornos y su expansión, precisando de una corrección manual de las irregularidades. Los errores más comunes en este proceso automático son intercepción de patches, zonas pequeñas que no se detectan en relación a las grandes, esquinas de patches con un ángulo muy alto o con una distancia muy grande con respecto a sus vecinos, regiones mal configuradas y puntos sueltos, figura 9. El paso posterior es la clasificación de la superficies siguiendo las aristas y la geometría del modelo base, al tener las superficies se procede a detectar las aristas, las cuales se mallan de forma tangencial, con el mayor número de puntos de control permitido, a modo de estructura que permite la construcción de la malla.

Shape Phase: Se basa en la detección de contornos permitiendo distribuir una red de patches, en relación a la geometría del objeto, construyendo una malla de nurbs sobre la malla poligonal de alta resolución. Los procesos que permiten esta construcción son:

- 1) Detección de contornos
- 2) Edición de contornos
- 3) Subdivisión y extensión de contornos
- 4) Edición de extensiones
- 5) Construcción de patches
- 6) Redistribución de los patches
- 7) Edición de patches
- 8) Identificación y corrección de los errores de los patches
- 9) Construcción de la malla
- 10) Resaltar contornos
- 11) Proyección a la superficie
- 12) Comparación con la base

² Las Nurbs (Non-uniform rational B-spline) se define por puntos de control en cierto orden y por vectores, generada por dos B-splines, curva Bézier y superficies, la principal diferencia comienza en el peso de los puntos de control, que racionalizan la curva. Donde las curvas de nurbs se generan en una dirección paramétrica, usualmente llamada "S" o "U", las superficies de nurbs se generan en dos direcciones paramétricas llamadas "S" y "T" o "U" y "V"

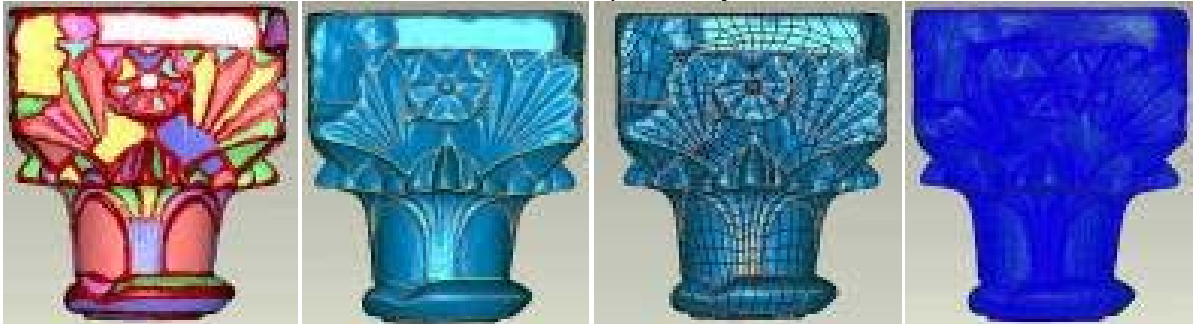
Figura 9: Edición de errores en la construcción de la malla, parches irregulares y su corrección. A) Cara superior B) cara inferior



Fuente: Propia

Estos procesos dependen en gran medida de la detección de la superficie inicial, lo cual es una limitante, siendo más precisa la detección de contornos en superficie homogéneas, en que las zonas detectadas tengan tamaños similares, ya que estos se detectan con parámetros preestablecidos para cada modelo. Por ello el proceso se establece de forma no lineal, se puede editar la detección de contornos y regresar a etapas posteriores, figura 10.

Figura 10: Etapas de la construcción de la malla nurbs. Detección de contornos, vértices de los contornos, construcción de los patches y construcción de la malla



Fuente: Propia

Al ser un modelo que parte de nurbs se mantienen los bordes rectos aunque estos estén subdivididos en polígonos, lo cual permite desdoblar las UV.

Ventajas de Surface Phase con respecto a la malla libre poligonal

- Bordes homogéneos entre segmentos: Soluciona el problema de contornos irregulares (bordes de cierre por polígonos), para el desdoblamiento UV de la superficie.
- UV automáticas: Las UV se construyen de forma automática a través de los parches.
- Tamaño de los archivos: las geometrías orgánicas como nurbs se almacenan en archivos de menor tamaño que las poligonales.
- Mallas uniformes: Los modelos de Nurbs correctamente generados tienen mayor densidad poligonal entre planos y están regularmente distribuidos.
- Corrección de la normal: Se corrige la dirección de la normal en zonas con problemas.
- Desplazamiento en el renderizado: Las nurbs permiten un mayor desplazamiento evitando subdividir el modelo en el proceso de renderizado.

- Modelos paramétricos: Los procesos de clasificación geométrica Fashion Phase permiten generar modelos modificables, que se integran a programas de ingeniería industrial y mecánica, ejemplo de ello es su aplicación en programas de prototipado.

Limitantes Surface Phase:

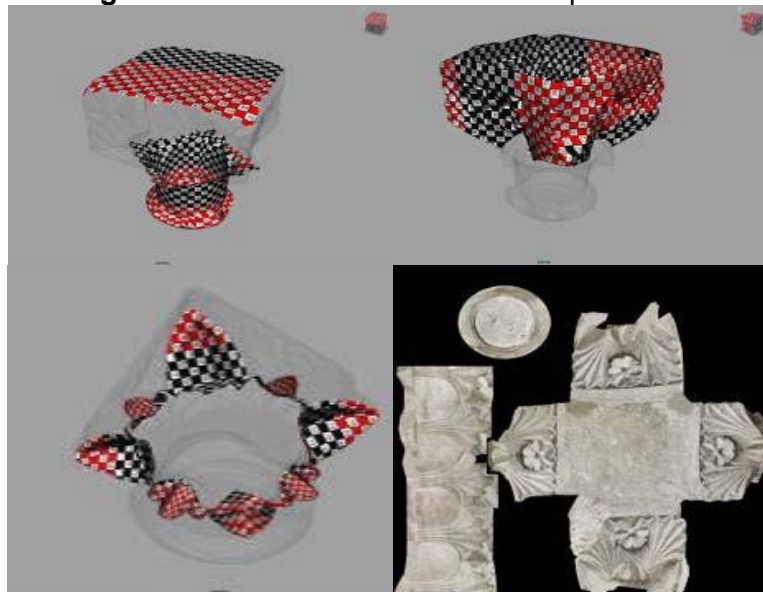
- Perdida de detalle: Se pierde detalle al generar las superficies nurbs a partir de la detección de contornos en el proceso de identificación de la forma.
- Perdida de los Quards: Al pasar el modelo a polígonos se pierde su propiedad de Quards, ya que los polígonos se dividen en triángulos, aumentando el número de polígonos y dificultando la modificación del modelo en programas de modelado, en los cuales la continuidad de las líneas es indispensable.
- Limitantes de las nurbs en programas de modelado: Las nurbs no son fácilmente modificables ya que se generan como superficies continuas y al mover sus vértices se desplaza información no deseada, siendo un proceso de modificación complejo.

3.3.2 Estructura de las UV:

A diferencia de los ejes X, Y, Z, que son las coordenadas del objeto 3D original en el espacio del modelo, están también las coordenadas U V de la transformación del objeto, agregando información a la superficie del objeto, figura 11.

Cuando un modelo es creado como una malla poligonal en un programa de modelado, las coordenadas UV se generan de forma automática para cada vértice de la malla, por ello la técnica de mapeado UV solo se usa en geometrías complejas, ya que las platónicas, solidas, primitivas, o formas regulares pueden tener mapas proyectados automáticamente gracias a parámetros preestablecidos.

Figura 11: Desdoblamiento de los mapas de UV



Fuente: Propia

Existen formas automáticas de desdoblar la malla de triángulos utilizando diferentes capas para secciones de la malla por separado en un mismo modelo. Si el modelo se asemeja o es una esfera se pueden generar una proyección que desdoble este objeto con la forma

regular, esto nos permite seleccionar partes del modelo y proyectarlas independientemente según su geometría, para ser posteriormente editadas y unidad como conjunto.

Es importante conocer que las coordenadas de las UV son aplicadas por cara y no por vértice, esto significa que un mismo vértice puede tener coordenadas UV separadas para cada triángulo, y que los triángulos adyacentes pueden dividirse y posicionarse en diferentes partes del mapa, permitiendo un mayor aprovechamiento del espacio del mapa para no desperdiciar memoria en espacios vacíos.

UV representan la proyección en unidades de vectores en el espacio en el plano x y:

$$U = \sin \theta \cos \varnothing = \frac{X}{\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}}$$
$$V = \sin \theta \sin \varnothing = \frac{Y}{\sqrt{X^2+Y^2+Z^2}}$$

El primer paso para desdoblarse el modelo es que corresponda con los ejes del proyecto, para facilitar los diferentes tipos de proyección, en las vistas en axonometrías. A diferencia de los desdoblamientos tradicionales en donde las UV no necesitan ninguna interpretación métrica se estira y modifica el mapa para que sea más manipulable posible y para que no malgaste espacios en el mapa aprovechando al máximo la resolución que este otorgue teniendo en cuenta el tamaño del archivo generado.

Por ello para construir un mapa de UV que tenga medidas reales en el espacio de 0 a 1 en UVW, hay que realizar proyecciones perpendiculares a los planos. Y en zonas de mayor curvatura hay que fijar los límites que tengan valores reales y el resto que se reorganicen, con respecto a el tamaño de cada polígono trasladándolo a el modelo UV desdoblado. En este proceso algunas zonas se contraen y otras se expanden, tratando de mantener el promedio del tamaño real con respecto al modelo 3D.

Por otra parte las UV tienen que contemplar también de qué forma se tomaron las fotos, ya que estas se tienen que posicionar de igual forma que el mapa, descomponer la foto en planos que se puedan encajar en el mapa. Con este objetivo se busca tanto la homogeneidad entre fotos, en las superficies comunes y corregir la iluminación de la foto quitando las sombras de la textura, dejando solo la información de color. En este proceso no se busca encontrar o resaltar el detalle, por lo contrario el contraste en la imagen imposibilita la adecuada homogenización entre imágenes.

El aprovechamiento del espacio de las UV es fundamental, ya que este determina el rendimiento del mapa en el objeto, si el mapa es muy grande retarda el procesamiento, si es pequeño pero pierde información, en cambio sí es compacto y con buena resolución puede almacenar un mayor número de datos, manteniendo los archivos de un tamaño considerable pequeño, con respecto a la información almacenada, lo cual depende también del formato del archivo.

El mapeado UVW se puede interpretar como los ejes cartesianos en los mapas, en donde cada punto en el UVW mapa corresponde a un punto en la superficie del objeto, en donde el diseñador o programador genera un proceso matemático para aplicar el mapa, cada punto de la textura es asignado al punto en XYZ de la superficie. Entendiendo que entre más ordenado el mapa (teniendo en cuenta la disposición de los polígonos) más fácil es trabajar con las texturas.

Bibliografía

BERALDIN, J-A, Virtualizing a Byzantine Crypt by Combining High-resolution Textures with Laser Scanner 3D Data, VSMM 2002 Schedule, Date: 25~27 September 2002, Venue: Hilton Hotel, Gyeongju, Korea

Catalog for 3D Measurement, Konica Minolta, investment Ltd. China, 2002

Grammatikopoulos, L., Automatic Multi-View Texture Mapping Of 3d Surface Projections, Department of Surveying, Technological Educational Institute of Athens, Greece, 2007.

<http://www.konicaminolta.com/sensingusa/download/catalog>

TARINI, Marco, PolyCube-Maps, Visual Computing Lab, ISTI / CNR, Pisa, 2004