Título

Kinectulum

3D Object reconstruction using Kinect and mirrors

3D Object reconstruction using a single Kinect and mirrors

3D Image Acquisition using a Static Setup

3D Information Acquisition of Small Daily Objects

3D Full Data Acquisition a Static Setup

3D Panoramic Data Acquisition using a Static Setup

3D Concentric Data Acquisition using a Static Setup

Head

Thanks

Things

Abstract

Things

What did you do?

Why did you do it? What question were you trying to answer?

How did you do it? State methods.

What did you learn? State major results.

Why does it matter? Point out at least one significant implication.

Resumo

­Introdução

Todos os dias nós, humanos, interagimos com objetos sem precisar de prestar especial atenção aos mesmos. A perceção da geometria destes objetos a distância a que estes são é feita de forma tão natural que nem nos apercebemos disso. No entanto, no mundo digital, fazer com que um computador reconheça autonomamente essa informação sobre as cenas não é um assunto trivial.

Quando capturada com uma câmara convencional (RGB), o mundo 3D é mapeado numa imagem 2D e a noção de profundidade (pode) perder-se com alguma facilidade o que pode dificultar no reconhecimento da correta geometria dos objetivos.



No caso dos scanners 3D, essa informação já existe o que ajuda à análise da cena e dos objetos. Este tipo de tecnologia está em constante evolução e há cada vez mais sistemas capazes de o fazer e cada vez mais acessíveis: a Kinect é um exemplo disso. No entanto, os sistemas que permitem fazer a aquisição concêntrica da informação 3D de um objeto exigem a utilização de um maior número de câmaras (no caso de um *setup* estático), o que implica um maior custo, ou o posicionamento da câmara ou objeto em diferentes perspetivas, o que implica um maior tempo para realizar a captura.

A captura de informação em 3D pode ter diferentes funções. Por exemplo, no caso de uma aplicação de Realidade Aumentada em que está a ser desenhada numa imagem do mundo real informação adicional, se esta informação for colocada no sítio errado pode fazer com que os resultados dessa aplicação sejam incorretos e como tal podem provocar uma experiência pobre para o utilizador. Desta forma, a existência de informação volumétrica pode ser vantajosa dando uma maior robustez a este tipo de sistemas e minimizando erros de posicionamento ou *tracking*.

Outro uso potencial da informação em 3D de objetos é a modelação dos mesmos para posterior utilização num mundo digital. Seja no âmbito de jogos, cinema de animação ou até mesmo em simulações em áreas tão diversas como indústria, medicina ou militar, modelos de objetos são usados para os mais diferentes fins e como tal, sistemas que possam ajudar na construção dos mesmos são úteis. Outra possível utilização destes modelos é através das impressoras 3D. A ponte entre estas duas áreas, aquisição e reprodução de informação, é aliciante e pode abrir portas a novas possibilidades.

Motivação

(Como foi mostrado) A utilização de informação em 3D é útil e pode ser usada diferentes formas. O caso específico da captura de informação de um determinado objeto a partir de uma perspetiva concêntrica, além de útil, levanta um desafio interessante em relação ao método da sua realização.

A utilização de um *setup* móvel, isto é, um *setup* em que é necessário haver o movimento da câmara ou do objeto para a recolha de toda a informação do mesmo, faz com que o processo seja de certa forma, barato (apenas é necessária uma câmara) mas lento, uma fez que a captura é incremental e não instantânea. Por outro lado, um *setup* estático permite que a captura de informação das várias perspetivas seja feita em simultâneo. Além de a aquisição de informação 3D de um objeto fixo ser feita de forma mais rápida, este *setup* possibilita ainda a aquisição e geração de informação em 3D das várias perspetivas em tempo real no entanto, este tipo de *setup* é por norma mais dispendioso uma vez que é frequente usar múltiplas câmaras para o fazer.

Desta forma e juntando o melhor dos dois *setups*, seria um desafio conceber um sistema capaz de fazer uma aquisição concêntrica utilizando apenas uma câmara e um *setup* estático. Isto permitiria a aquisição de mais informação em menos tempo e de forma mais económica. Um sistema deste género poderia permitir a geração de vídeo em 3D real (não apenas com a noção de profundidade estereoscópica) que posteriormente, no prisma de um espectador, possibilitaria a visualização desse vídeo de forma dinâmica em várias perspetivas. A geração de dados com estas características poderá também ser usada mais tarde em sistemas holográficos uma vez que existe informação suficiente para criar uma vista concêntrica do objeto em foco.

<http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spr03/cs426/lectures/21-3Dscan.pdf>

3D Scanning Applications

•• Computer graphics

•• Product inspection

•• Robot navigation

•• As--built floorplans

•• Product design

•• Archaeology

•• Clothes fitting

•• Art history

Objectivos

Neste contexto, pretende-se com esta dissertação desenvolver um sistema de baixo custo capaz de realizar a captura concêntrica de informação 3D em tempo real de um objecto de pequenas/médias dimensões a partir de um *setup* estático e de apenas uma câmara. Inicialmente será necessário compreender o processo de captura de informação 3D e como a partir dessa informação poderemos gerar o objeto em questão.

A captura concêntrica de informação 3D de um objecto requere a aquisição de informação de várias perspectivas. Para o conseguir fazer de forma instantânea (todas as perspectivas ao mesmo tempo) é comum usar-se vários sensores/câmaras, no entanto, além do aumento da carga computacional, isso também envolve um maior custo em *hardware.* Como tal, um dos desafios será conceber a arquitectura de um sistema que consiga obter a informação de todas essas perspectivas em simultâneo e de forma eficiente utilizando apenas um sensor.

Como a captura e tratamento de informação em 3D envolve um grande esforço computacional, um outro desafio será estudar formas de agilizar este processamento.

Em suma, os objectivos para esta dissertação são:

* Compreender os diferentes processos de captura de informação de 3D.
* Estudar e conceber uma arquitectura do sistema capaz de recolher a informação do objecto de todas as perspectivas utilizando apenas uma câmara estática e sem mover o objecto.
* Desenvolver esse sistema de captura e também a componente de visualização de informação.
* Estudar formas de melhorar o desempenho e a qualidade da informação capturada.

Estrutura do Documento

Esta dissertação está dividida em X capítulos. O primeiro capítulo, este, apresenta uma pequena introdução ao tema e ideia por detrás desta tese.

No capítulo 2 será feita um apanhado do estado da arte no campo da aquisição de informação em 3D. Serão abordados diferentes métodos de captura deste tipo de informação, primeiro de forma genérica e depois com mais detalhe os processos capazes de realizar essa captura de forma concêntrica. Por fim serão ainda apresentadas diferentes……..

No capítulo 3 o problema será descrito de forma detalhada e será apresentado a arquitetura do sistema desenvolvido. Neste capítulo serão também justificadas todas as decisões tomadas que levaram à construção de tal sistema.

No capítulo 4 será descrito o processo de desenvolvimento do sistema

No capítulo 5 serão apresentados e analisados os resultados

Finalmente, no capítulo 6 concluímos a conclusão. E trabalho futuro.

Related Work

Os primeiros sistemas de captura de informação em 3D remontam à década de 1960 onde eram usadas luzes, câmaras e projetores para realizar esta tarefa. Era um processo moroso e que exigia muito esforço e tempo para conseguir ter resultados satisfatórios. Durante vários anos esta tecnologia não sofreu grandes desenvolvimentos e tal pode ser justificado por exemplo pelas limitações de largura de banda ou pela capacidade de armazenamento necessária. No fim dos anos 1980 foram criados os primeiros scanners 3D a laser foram criados

[http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue4/Articles/Lerch/Lerch\_full\_2 21\_07.pdf](http://www.tx.ncsu.edu/jtatm/volume5issue4/Articles/Lerch/Lerch_full_2%0921_07.pdf)

<http://fer.rb.kau.edu.sa/Pages-drmtfaen1.aspx>

The first 3D scanning technology was created in the 1960s. The early scanners used lights, cameras and projectors to perform this task. Due to limitations of the equipment it often took a lot of time and effort to scan objects accurately. After 1985 they were replaced with scanners that could use white light, lasers and shadowing to capture a given surface.

Many different technologies can be used to build these 3D scanning devices; each technology comes with its own limitations, advantages, and costs. Many limitations in the kind of objects that can be digitized are still present: for example, optical technologies encounter many difficulties with shiny, mirroring, or transparent objects.

A survey of content based 3D shape retrieval methods [pdf]

* The first 3D scanning technology was created in the 1960s. The early scanners used lights, cameras and projectors  to perform this task. Due to limitations of the equipment it often took a lot of time and effort to scan objects accurately.   After 1985 they were replaced with scanners that could use white light, lasers and shadowing to capture a given surface.
* A 3D laser scanner works by first projecting laser light onto the object or surface, then detecting the reflected light. Based on where the lights fall in relation to each other, the scanner calculates their positions and creates data points. These points help a computer recreate it visually.
* 3D laser scanning is used in a variety of fields and academic research. It has benefited clothing and product design, the automotive industry and medical science. Laser scanning can also be used to record built and natural struchtures, especially in places that people may not be able to access due to safety hazards.

[<http://artescan.net/blog/3-d-laser-scanner-history/>]

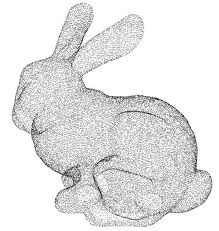
<http://3dscanningservices.net/blog/index.php/what-does-a-3d-scanner-do/>

<http://3dscanningservices.net/blog/index.php/growth-change-and-the-future-of-3d-scanning/>

## The History of Laser scanning

Posted on [September 10, 2013](http://3dscanningservices.net/blog/index.php/the-history-of-laser-scanning/) by [Gareth](http://3dscanningservices.net/blog/index.php/author/gareth/)

Laser scanning has actually been around since the 1960’s, only everyone was more concerned about going to Woodstock. The popularity of 3d scanning didn’t break through beyond the engineering field until the late 1990’s.  Which should have been expected as, laser scanning could never advance correctly until the hard drive storage and bandwidth increased.

**[](http://3dscanningservices.net/blog/wp-content/uploads/2013/09/Laser-Scanned-Rabbit-Piont-Cloud.jpg)**

Laser Scanned Rabbit cloud point example

In today’s times, point clouds are too large to be delivered via e-mail or FTP format, but are delivered instead to external hard drives or thumb drives mainly because the data files are so large. Laser scanning, typically started out in the same way [**GPS**](http://www8.garmin.com/aboutGPS/) (Global Positioning System) was introduced. When GPS was introduced only military personnel, aviators, boaters and surveyors used it. Today, GPS technology is incorporated into millions of various devices throughout the world, including, cars, computers, and mobile phones.

One example of how laser scanning has become more commonplace is the X-box gaming station. If hooked up with the Xbox **[Kinnect](http://www.wired.co.uk/news/archive/2013-03/18/kinect-sdk-update)** feature, this has the ability to perform a type of 3d scanning. The various games scan the player in real-time, shape movements, size, and collects data to create a virtual reality.

The process of scanning technology is a very simple and a straight-forward science, 3d points are used to define the tangible real surfaces that are scanned. It doesn’t matter if it’s a car, house, jumbo jet or even a person. The finished result is always high quality and accurate detail.

A cloud point can be anything from 10 to 100 GB’s, meaning most CAD programs aren’t able to handle it. The power behind successful three-dimensional scanning is utilizing the point cloud and the built model. The scan takes the collected data and places it from the point cloud in the user’s selected software system. The benefits are being able to visualize both of the components it ultimately maximizes the ability for clash detection (interference in a project), which allows for faster turn-around time on every new project

[<http://3dscanningservices.net/blog/index.php/the-history-of-laser-scanning/>]

<http://3dscanningservices.net/blog/index.php/growth-change-and-the-future-of-3d-scanning/>

<http://store.makerbot.com/digitizer.html>

Many different technologies can be used to build these 3D scanning devices; each technology comes with its own limitations, advantages, and costs. Many limitations in the kind of objects that can be digitized are still present: for example, optical technologies encounter many difficulties with shiny, mirroring, or transparent objects.

História de captura 3D – gesso (?)

3D Scanning / Images Acquisition

Things

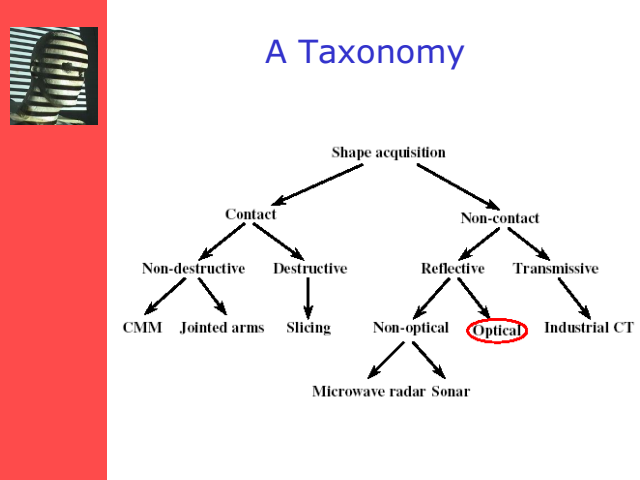


Ilustração 1 - Structured Lighting (Talk - 2012)~

“Consumer RGB-D Cameras and their Applications”

Stereoscopy

Things

Structured Light

Things

Time-Of-Flight

See Book Time-of-Flight Cameras and Microsoft Kinect

Things

Kinect

Things

See Book Time-of-Flight Cameras and Microsoft Kinect

Panoramic Data Acquisition Systems

Things

Moving

Things

Static

Things

­­­­­­­Summary

Things

Concept Design (?)

Como foi brevemente descrito na introdução, o objetivo desta tese consiste em criar um sistema de baixo custo capaz de fazer a aquisição concêntrica de informação 3D de um objeto em tempo real a partir de um *setup* estático e utilizando apenas uma câmara.

Com isto em mente, neste capítulo vamos mostrar os passos tomados que permitiram chegar ao sistema final. Primeiro serão mostradas as decisões tomadas a nível de material utilizado para a realização da captura e qual

que levaram à construção deste sistema e qual a arquitetura final do mesmo.

Decisions

For each part of the system explain the reason of that choice.

Data Acquisition

Vários dos métodos referidos no capítulo anterior foram testados de

Descartar projetores.

Utilização de câmaras + estereoscopia ? descartar

()Depois de realizados alguns testes de aquisição com

Como tal, foi decidido usar-se uma câmara de profundidade devido à facilidade e rapidez no acesso à informação em 3D. Dentro desta gama de câmaras, a foram estudadas as características da Kinect, Carmine 1.09, \_\_\_\_\_, como se pode ver no seguinte quadro

QUADRO COM CARACTERÍSTICAS DA KINECT E OUTRAS CAMARAS

<http://www.asus.com/Multimedia/Xtion_PRO_LIVE/#specifications>

<http://www.primesense.com/get-your-sensor2/>

<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131033.aspx>

<http://eng.au.dk/fileadmin/DJF/ENG/PDF-filer/Tekniske_rapporter/Technical_Report_ECE-TR-6-samlet.pdf> - pag 3

Apesar das câmaras X, Y e a Kinect serem bastante similares em termos de características e preços, decidiu-se utilizar a Kinect como dispositivo de captura para este projeto devido à sua popularidade em ambientes de desenvolvimento. Entre as duas Kinects apresentadas, a escolha recairia pela Kinect base uma vez que é mais económica. No entanto e para os testes realizados foi usada uma Kinect for Windows cedida pelo CCG[[1]](#footnote-1).

**Criteria for Decisions**

Why use Kinect.

Carmine 1.09 - This short-range evaluation sensor gives devices the ability to sense their environment - Range 0.35m-1.4m

accurately up close

Low cost, static setup, Real-time

Concentric (Acquisition) Setup

A aquisição de informação de uma forma concêntrica pressupõe que esta seja adquirida de várias perspetivas. Como foi referido anteriormente, uma das formas de o fazer é utilizando várias fontes de captura o que tem como algumas desvantagens como o aumento da carga computacional e também um maior custo em *hardware*. No caso específico da utilização de várias *Kinects*, existe ainda outro problema relacionado com a interferência entre elas. Quando, por exemplo, duas *Kinects* estão apontadas para uma determinada zona existem áreas de sobreposição, nessas regiões pode haver a introdução ruído. Isto deve-se à sobreposição dos padrões de IR que impossibilitam a correta estimativa da profundidade dessas áreas. Na figura X pode ver-se este fenómeno.

Dada a característica “baixo custo” proposta, a utilização de mais que uma *Kinect* torna-se inviável. Desta forma foi necessário arquitetar outra forma de conseguir fazer a captura das outras perspetivas (que não a da Kinect) sem perder a propriedade de tempo real. Assim, o método proposto foi a utilização de espelhos que, ocupando a periferia da imagem (não interfere com a visão direta ao objeto), recolhe informação dos outros lados do objeto.

**Criteria for Decisions**

Low cost, static setup, Real-time

As previously shown, the built system will make use of mirrors in the periphery of the camera’s image to achieve the concentric setup

Why to use mirrors (cheap and static system, no moving around with the camera)

System Overview

De forma a alcançar os objetivos traçados e tendo sempre em mente que um deles é ser um sistema de baixo custo, foi escolhido implementar um sistema que utiliza apenas uma câmara, de profundidade (Kinect) e espelhos.

Desta forma, o sistema construído consiste numa câmara colocada numa posição superior e centrada no objeto e um conjunto de N espelhos numa posição quer permita ocupar as areas da câmara

Quick overview of the System: Image of the physical architecture, brief description of the *modus operandi.*

System Design / System Architecture and Functionalities

Extended overview of the system.

Architecture

Show the proposed system (architecture).

Image of the System and explanation of the use of one camera and N mirrors (configurable)

Functionalities

Single Object Acquisition

Real-time Acquisition

Development

Neste capítulo começaremos por mostar qual a pipeline

System pipeline

If necessary, show some specific parts of the code or implemented algorithms.

Setup

Setup “Manual” referred to Appendix?

Point Cloud Acquisition

Mirrors and Floor differences

Mesh Generation

Smoothing (where?)

Data Visualization / Recording

Problems and Solutions

Noise

Distance filtering

Floor removal

Hole filling

“Multiple Kinect Studies - Technical Report”

“DEPTH CAMERA IMAGE PROCESSING AND APPLICATIONS” - In this paper, we introduce various systematic and non-systematic depth errors and state of the art enhancement methods

“Incremental 3D Model Generation using Depth Camera” - we propose a method of retaining knowledge of surfaces from depth camera images acquired over time

Technology

Used Technologies: OpenNI, OpenCV, (C++)

Kinect for windows Near Mode –

http://blogs.msdn.com/b/kinectforwindows/archive/2012/01/20/near-mode-what-it-is-and-isn-t.aspx

Results

Object Acquisition

Show examples of Point Clouds and Meshes.

Continuous acquisition for missing data

Hole filtering technics/3D processing

Real-time Acquisition

Show examples of Point Clouds videos and Fast Mesh Generation

Quality analysis

Performance Analysis.

Conclusion and Future Work

Conclusions

Future Work

Use of Leap Motion – Show the advantages of Leap and a possible integration with a RGB camera to complement depth and rgb image.

Appendix

User Guide

Related Work

3D Scanning / Images Aquisition

Things

Technology (Instruments)

Describe each technology and point the pros and cons.

Structured Light

Stratified light?

Depth Cameras (emphasis on Kinect)

Ranging Cameras

Triangulation Scanners

**Mesa Imaging SwissRanger 4000 (SR4000)**

<http://www.acroname.com/robotics/parts/R317-SR4000-CW.html>

**PMD Technologies CamCube 2.0**

http://www.geometh.ethz.ch/people/kohtobia/DGPF2011

<http://openni-discussions.979934.n3.nabble.com/OpenNI-dev-Minimum-Depth-td4015339.html>

**PMD Nano**

http://www.pmdtec.com/html/pdf/order\_CamBoard\_nano.pdf

**Bumblebee 2 e XB3 specs**

http://uprt.vscht.cz/kubicekm/Novinky%20ze%20sv%C4%9Bta/Stereo\_Vision\_Introduction\_and\_Applications.pdf

**Bumblebee 2**

http://3dvision-blog.com/forum/viewtopic.php?f=23&t=2655

**Bumblebee XB3**

http://www.ece.gatech.edu/academic/courses/ece4007/11fall/ECE4007GTS/sv1/documents/ASEDProposal.pdf

**Kinect**

**Primesence**

**Other Cameras**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Time-of-flight_camera#Brands>

<http://dinast.com/ipa-1110-cyclopes-ii/>

http://www.3d3solutions.com/products/3d-scanner/

Systems

Show some examples of working systems. Point the technologies that they use, their characteristics and for what purposes where they developed and explain how they are used (static or moving camera, p.e.)

From Capture to Models

Mesh construction from point clouds.

Smoothing

Color issue.

Normal, reflection, etc.

­­­­­­­Summary

Things

1. Centro de Computação Gráfica (www.ccg.pt) [↑](#footnote-ref-1)