

Freie Universität



Berlin

Freie Universität Berlin
Fachbereich Mathematik und Informatik
Takustraße 9, 14195 Berlin

Master thesis

User position prediction in 6-DoF mixed reality applications

Oleksandra Baga

Freie Universität Berlin
Matrikelnummer 5480722
Master Computer Science

E-Mail: oleksandra.baga@gmail.com

Prof. Dr. Christian Forler
Fachbereich VI - Informatik und Medien
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Prof. Dr. René Görlich
Fachbereich VI - Informatik und Medien
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Contents

Abbildungsverzeichnis	I
Listings	II
Abkürzungsverzeichnis	III
1 Introduction	1
1.1 Problem statement	1
1.2 Motivation for the research	1
1.3 Related work	1
1.4 Structure of the thesis	1
2 Background	2
2.1 Augmented reality	2
2.2 Six degrees of freedom	2
2.3 Motion-to-photon latency	2
2.4 Cloud-based volumetric video streaming	2
2.5 Head motion prediction	3
2.5.1 Challenges	3
2.5.2 Deep Learning Algorithms	3
3 Network Architecture	4
3.1 Layers	4
4 Implementierung	5
5 Analyse	7
6 Zusammenfassung	9
Glossar	I
Literaturverzeichnis	I

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	LSTM Fully Convolutional Networks for Time Series Classification	5
Abb. 2	LSTM FCN WRAP	6

Listings

4.1 StudentFactory	5
------------------------------	---

Abkürzungsverzeichnis

AJAX	Asynchrones Javascript und XML
API	Application Programming Interface
ASGI	Asynchronous Server Gateway Interface
ATR	Answer-To-Reset
BGA	Ball Grid Array
CPU	Central processing unit
DOM	Document Object Model
GPU	Graphic processing unit
HTTP	HyperText Transfer Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
IDE	Integrated Development Environment
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
MAC	Media Accesss Control Layer
NFC	Near Field Communication
SDRAM	Synchronous dynamic random-access memory

SoC	System-on-Chip
RAM	Random-access memory
Raspi	Raspberry Pi Board und Minicomputer im PSE-Labor der BHS
RFID	Radio-frequency identification
URI	Uniform Resource Identifier, Unified Resource Identifier
URN	Uniform Ressource Name

Introduction

The topic of this Master's thesis is the process of predicting human head motion with a 6-dimensional degree of freedom (DoF) for Extended Reality (XR) applications.

1.1 Problem statement

A non-full-text database that typically contains article metadata, abstracts, and subject classifications. Used by researchers to locate publications relevant to their research.

1.2 Motivation for the research

The following chapter introduces the preprocessing pipeline, architecture, and evaluation process used to develop ahead motion prediction algorithm.

1.3 Related work

This chapter introduces the background of the thesis to investigate headmotion prediction. First, the concept of extended reality (XR) related to the research problem is presented, followed by introducing different headmotion prediction approaches.

1.4 Structure of the thesis

The organization of this thesis is as follows. The literature review chapter introduces the concepts of XR technologies and principles of motion prediction algorithms. It follows an overview of previous research.

Chapter 1 1 - Introduction.

The following chapter introduces the preprocessing pipeline, architecture, and evaluation process used to develop ahead motion prediction algorithm.

Background

The length and complexity of your theoretical framework depends on your field and topic. Some studies have an obvious basis in a well-established theory, while others require more detailed explanation and justification.

2.1 Augmented reality

This chapter introduces the background of the thesis to investigate head motion prediction. First, the concept of extended reality (XR) related to the research problem is presented, followed by introducing different head motion prediction approaches.

2.2 Six degrees of freedom

This chapter introduces the background of the thesis to investigate head motion prediction. First, the concept of extended reality (XR) related to the research problem is presented, followed by introducing different head motion prediction approaches.

2.3 Motion-to-photon latency

Motion-to-photon latency describes the time gap between a user's physical motion and the resulting displayed content of an HM. Extended Reality enables 3D content to be experienced with six degrees of freedom with head-mounted displays (HMD).

2.4 Cloud-based volumetric video streaming

This chapter introduces the background of the thesis to investigate head motion prediction. First, the concept of extended reality (XR) related to the research problem is presented, followed by introducing different head motion prediction approaches.

2.5 Head motion prediction

In the last decade, Recurrent Neural Network (RNN) algorithms have been adopted for motion prediction of 3D sequences.

2.5.1 Challenges

This chapter introduces the background of the thesis to investigate head motion prediction.

2.5.2 Deep Learning Algorithms

ML refers to a range of techniques that aim to allow statistical models and algorithms to obtain information from given data.

Network Architecture

The history of artificial neural networks is filled with colorful, creative individuals from a variety of fields, many of whom struggled for decades to develop concepts that we now take for granted. This history has been documented by various authors. One particularly interesting book is *Computing: Foundations of Research* by John Anderson and Edward Rosenfeld. They have collected and edited a set of some 43 papers of special historical interest. Each paper is preceded by an introduction that puts the paper in historical perspective.

3.1 Layers

The artificial neural networks discussed in this text are only remotely related to their biological counterparts. In this section we will briefly describe those characteristics of brain function that have inspired the development of artificial neural networks.

Implementierung

Here some code for my super puper neural network:

```
class StudentFactory(DjangoModelFactory):
    class Meta:
        model = Student
    student_card = factory.SubFactory(StudentCardFactory)
    first_name = factory.Faker('first_name')
    second_name = factory.Faker('last_name')
    matricul_no = factory.Faker('random_int', min=850000, max=
        =950000)
    hrz_no = factory.Faker('random_int', min=65000, max=69000)
    group = StudentGroup.A_GROUP
    is_home_loan_enabled = True
```

Listing 4.1: StudentFactory

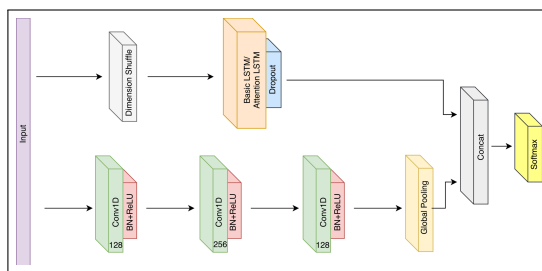


Figure 1: LSTM Fully Convolutional Networks for Time Series Classification

You might already know that you want to apply an established theory or set of theories to a specific context (for example, reading a literary text through the lens of critical race theory, or using social impact theory in a market research project). You might already know that you want to apply an established theory or set of theories to a specific context (for

example, reading a literary text through the lens of critical race theory, or using social impact theory in a market research project). You might already know that you want to apply an established theory or set of theories to a specific context (for example, reading a literary text through the lens of critical race theory, or using social impact theory in a market research project).

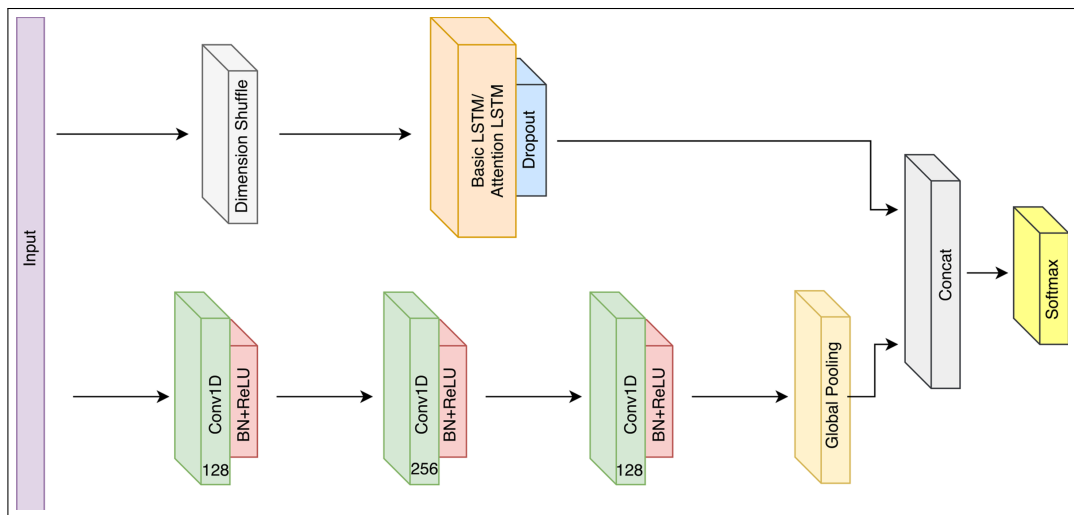


Figure 2: LSTM FCN WRAP

Analyse

Bei der Entwicklung benutzerdefinierter Webanwendung "acaLoan" wurde Python einer anderen Programmiersprache bevorzugt, um ihre einfache und ausdrucksstarke Syntax zu nutzen. Da Django in der Programmiersprache Python geschrieben ist, wird es auch sinnvoller, die Abschlussarbeit in Python Code zu erstellen, indem die alle Komponenten Syntaxregeln von Python nutzen. Django stellt die Ressourcen bereit, die während der Implementierung der analysierte Software sofort benötigt wurden: allgemeine Vorgänge wie Datenbankmanipulation, HTML-Vorlagen, URL-Routing, Sitzungsverwaltung und Sicherheit. Mit der MVC-Prinzip (Model-View-Controller) sind die Benutzeroberfläche (UI) und die Geschäftslogikebenen des acaLoan-Systems getrennt. Django unterstützt verschiedene Betriebssysteme wie Windows, Linux und MacOS, damit es keine strenge Softwareabhängigkeiten bei acaLoan-System während sowohl der Bereitstellung des Djangos mit ASGI als auch in der Zukunft gegeben werden sollten.

Für sowohl eine Markierung der Raspi-Boards als auch für eine Authentifizierung der Studierenden werden RFID-Tags benutzt. Da RFID Funkwellen zur Kommunikation verwendet werden, müssen sich RFID-Tags nur innerhalb des Lesebereichs des Lesegeräts befinden. Das lässt die kleine NFC-Tags auf der Rückseite des jeden Boards unter dem Schutzschirm zu kleben, sodass der Board am RFID-Leser ohne präzise Positionierung auf dem Lesefeld angelesen werden kann. Da die Studentenkarte der Beuth Hochschule mit MIFARE DESFire kontaktlose Chipkartentechnik hergestellt sind, wird es möglich, in acaLoan-System nur mit einem RFID-Leser zu arbeiten und sowohl die Daten der Studierende als auch die Raspi-Boards abzulesen.

An dieser Stelle muss es gesagt werden, dass die RFID-Tags bestimmte Nachteile haben, die wurden zwischen den Mitarbeiter und Autorin der Abschlussarbeit diskutiert. Es wurde jedoch die Entscheidung getroffen, dass RFID-Tags für die vorgesehenen Zwecken des Verfolgen des Raspi-Boards (welchen Raspi-Board von welchem Student am welchen Tag ausgeliehen wurde und bis zum welchen Tag zurückgegeben muss) die Sicherheitserwartungen der PSE-Labor Mitarbeiter erfüllen. RFID-Tags sind aus mehreren Gründen im Vergleich nicht ideal. Da ein RFID-Tag nicht zwischen Lesegeräten unterscheiden kann, können die Informationen von fast jedem gelesen werden, sobald sie die ursprüngliche Lieferkette verlassen haben. Weil RFID-Lesegeräte so tragbar sind und die Reichweite einiger Tags so groß ist, können

Betrüger Informationen sammeln, auf die sie sonst keinen Zugriff hätten. Dies bedeutet, dass jeder ohne Wissen einer Person potenziell sensible Informationen sammeln kann. Diese Nachteile der RFID-Tags wurden vernachlässigt, da sowohl Studentenkarte als auch geklebte auf den Raspi-Boards RFID-Tags keine sensible Information behalten und eine kleine Reichweite von bis zu 10 cm haben. Es gäbe zwei Arten von Bedrohungen. Entweder könnte die Studentenkarte von einem Täter geklont werden, um sich für einen Student auszugeben und ein Raspi-Board stehlen zu könnten. Oder ein Raspi-Board Tag könnte geklont werden, um einen Datensatz in der Datenbank zu erzeugen, über das Zurückgeben des Boards, obwohl in der Realität der Raspi-Board nie ins Labor zurückgekommen war. Gegen das Klonen des Raspi-Tags wurde es besprochen, dass in der Zukunft im PSE-Labor im Schrank mit den Raspi-Boards jeden Platz für jeden entsprechenden Raspi-Board mit einem Gewichtssensor ausgerüstet werden wird und acaLoan-System auf der Erscheinung des bestimmten Gewicht erwarten werden wird. Dies ist aber nicht der Teil bestehenden Abschlussarbeit und von Mitarbeiter des PSE-Labor als eine spannende Aufgabe für die andere Abschlussarbeit vorgesehen ist. Gegen das Klonen der Studentenkarte wurde es zuerst entschieden, dass ein bestehender Zugang zu einem Schrank mit Raspi-Boards entlang der beiden Arbeitstische der Mitarbeiter des PSE-Labor eine bestimmte Sicherheit gewährleisten könnte. Die anderen Lösungen werden nach der Lieferung der Software diskutiert und liegen ebenfalls außerhalb des Rahmens der bestehenden Abschlussarbeit.

Obwohl oben die Nachteile der RFID-Tags erwähnt wurde, lässt sich zusammenfassend sagen, dass die neue Studentenkarte, die an der Beuth Hochschule ab Sommersemester 2018 verwendet wurde, eine zuverlässige und zeitgemäße Lösung ist. Die Karte beinhaltet keine elektronischen persönlichen Daten der Studierenden und die Campus-Automaten abrufen alle persönlichen Daten anhand eines Pseudonyms online abrufen müssen (d.h. liegen in den Automaten auch keine persönlichen Daten vor). Sodass im Fall des Verlusts die persönlichen Daten von den Unberechtigten nicht ausgelesen werden können [TB]. Das stand im Fokus der Entscheidung, eine Studentenkarte als einziges elektronisches Identifizierungsmittel beim Ausleihe/Rückgabevorgängen im PSE-Labor zu benutzen.

In dieser Abschlussarbeit wurde nachgewiesen, dass das Verleihprozedere für die Raspi-Boards (Lab und Home) mit gewählten Mitteln für die Verwendung im PSE-Labor erfolgreich automatisiert wurde.

Zusammenfassung

Das zu Beginn der Arbeit gesetzte Ziel der Entwicklung von Software für PSE-Labor wurde erfolgreich erreicht. Die Implementierung aller Bestandteile und ein Zusammenspiel unter der Verwendung des Entwicklungsservers wurde erfolgreich den Mitarbeitern des PSE-Labors präsentiert. Mit dem acaLoan-System werden die Studierende in die Lage versetzt, einen Raspi-Board selbständig im PSE-Labor für die Übungen auszuleihen und später zurückzugeben. Damit wird ein Arbeitszeitverbrauch für die Verwaltung der Bordstandortbestimmung reduziert und die Mitarbeitern können sich auf weitere neuen geistliche wissenschaftlichen Herausforderungen konzentrieren und damit in der Weiterentwicklung des acaLab-Projekts hineinbringen. Der Funktionsumfang des acaLoan-Systems erlaubt es den Studierenden, den Raspberry Board entweder für die Übung im Labor oder für die selbständige Arbeit zu Hause auszuleihen.

Darüber hinaus wird der Kommunikation der Studierende mit dem acaLoan-System auf notwendiges Minimum reduziert, sodass ein Ausleihe- / Rückgabevorgang nur mit drei Tastendruck erledigt wird. Zuerst wird die Taste "Loan / Return Board" gedrückt, um eine neue Benutzersitzung zu starten. Das Ablesen der Studentenkarte und Raspi-Boards geschieht ohne weitere Tastendrucke nur über das Register-Client, der die abgelesenen Daten dem Server in den Endpunkt der REST API schickt. Es wird abhängig von dem Typ des Boards bestimmt, ob abgelesenes Board zum Ausleihen oder Rückgabe ist. Mit dem zweiten Tastendruck bestätigt der Studierende seinen Wunsch, das Board auszuleihen oder zurückzugeben. Mit dem dritten Tastendruck nach dem erfolgreichen Beenden der Operation, beendet der Studierende seine Sitzung und gibt das acaLoan-System dem nächsten Studierenden wieder frei.

Für die Implementierung des acaLoan-Systems ist ein ausführliches Software Engineering in Form der objektorientierten Analyse und des Designs der endlichen Zustandsmaschine durchgeführt worden. Das acaLoan-System konnte ohne Server nicht realisiert werden, da Benutzerdaten länger als eine Sitzung gespeichert werden müssen: die Studentenkarten und die Datensätze aller Ausleihvorgänge müssen mindestens für ein laufendes Semester gespeichert werden, damit die Mitarbeiter des PSE-Labors immer einen Zugang zu allen gespeicherten vorherigen Leihvorgängen (von der Ausleihe bis zur Rückgabe eines Boards) bekommen können. Der Server ist erfolgreich mit Django Webframework realisiert. Es ist auch vorgesehen, dass am Ende des Semesters

nach dem letzte Rückgabe eines Boards die Datensätzen des zu Ende gegangen Semesters gelöscht werden können. Der Zugriff von Server auf Display-Client wird durch entsprechende Schnittstellen mithilfe der RESTful Kommunikation ermöglicht. In der realisierten Abschlussarbeit wurde auch ein notwendigen Teil namens Register-Client entwickelt, an dem ein RFID-Leser angeschlossen wurde. Der Register-Client verfügt selbst über keinen Datenbank und darf nur die abgelesene Daten dem Server schicken. Es geht um eine Simplex-Verbindung, da ein Nachrichtenverkehr asymmetrisch ist, weil der Register-Client keine Daten vom Server zurückbekommen darf und über den erfolgreiche oder gescheiterte Leihvorgang nicht wissen muss. Für die Implementierung des Register-Clients wurde uComputer Raspberry Pi benutzt, der schon zur Verfügung im PSE-Labor stand und ergänzend nicht geliefert werden muss.

Glossar

AJAX

AJAX (asynchrones Javascript und XML) ist der allgemeine Name für Technologien, mit denen asynchrone Anforderungen (ohne erneutes Laden von Seiten) an den Server gestellt und Daten ausgetauscht werden können. Da die Client- und Serverteile der Webanwendung in verschiedenen Programmiersprachen geschrieben sind, müssen zum Austausch von Informationen die Datenstrukturen (z. B. Listen und Wörterbücher), in denen sie gespeichert sind, in das JSON-Format konvertiert werden.

ASGI

Asynchronous Server Gateway Interface ermöglicht nicht nur mehrere eingehende und ausgehende Ereignisse für jede Anwendung, sondern auch eine Hintergrundkoroutine, damit die Anwendung andere Aufgaben ausführen kann.

BGA

BGA oder Ball Grid Array ist eine Art oberflächenmontiertes Gehäuse, das in elektronischen Produkten zur Montage integrierter Schaltkreise wie Mikroprozessoren, FPGAs, WiFi-Chips usw. verwendet wird. Die Anschlüsse liegen in Form von Lötugeln vor, die in einem Gitter angeordnet wie Muster auf der Unterseite des Gehäuses sind, um den für die Verbindungen verwendeten Bereich zu vergrößern.

Daemon

Ein Unix-Daemon ist ein Programm, das "im Hintergrund" ausgeführt wird, ohne dass die Steuerung über ein Terminal erforderlich ist, und dem Benutzer die Möglichkeit bietet, andere Prozesse "im Vordergrund" auszuführen. Der Dämon kann entweder von einem anderen Prozess gestartet werden, z. B. von einem der Systemstartskripte, ohne auf ein Steuerterminal zuzugreifen, oder vom Benutzer von einem beliebigen Terminal aus. In diesem Fall "entführt" der Dämon das Terminal jedoch nicht, während es ausgeführt wird.

DOM

DOM (Document Object Model) ist die Struktur einer HTML-Seite. Bei der Arbeit mit dem DOM werden HTML-Tags (Elemente auf einer Seite) gefunden, hinzugefügt, geändert, verschoben und entfernt.

GPU

Die Grafikverarbeitungseinheit ist ein programmierbarer Prozessor, der auf das Rendern aller Bilder auf dem Computerbildschirm spezialisiert ist. Eine GPU bietet die schnellste Grafikverarbeitung, und für Gamer ist die GPU eine eigenständige Karte, die an den PCI Express (PCIe) -Bus angeschlossen ist. GPUs wurden ursprünglich entwickelt, um Bilder für Computergrafik zu erstellen, jedoch seit Anfang 2010 können GPUs auch verwendet werden, um Berechnungen mit großen Datenmengen zu beschleunigen.

HOST

Host - Dies der Name der IP-Adresse für den Webserver, auf den zugegriffen wird. Dies ist normalerweise der Teil der URL, der unmittelbar auf den Doppelpunkt und zwei Schrägstriche folgt.[RR03, p.31]

HTML-Vorlage

Eine HTML-Vorlage ist eine intelligente HTML-Seite, die Variablen anstelle bestimmter Werte verwendet und verschiedene Operatoren bereitstellt: if (if-then),

for-Schleife (Durchlaufen einer Liste) und andere. Das Abrufen einer HTML-Seite aus einer Vorlage durch Ersetzen von Variablen und Anwenden von Operatoren wird als Vorlagenrendering bezeichnet. Die resultierende Seite wird dem Benutzer angezeigt. Falls einen anderen Abschnitt zu öffnen ist, muss ein anderer Musters geladen werden. Wenn andere Daten in der Vorlage verwendet werden müssen, werden sie vom Server angefordert. Alle Formularübermittlungen mit Daten sind auch AJAX-Anforderungen an den Server.

HTTP

HTTP steht für HyperText Transfer Protocol, Hypertext Transfer Protocol". HTTP ist ein weit verbreitetes Datenübertragungsprotokoll, das ursprünglich für die Übertragung von Hypertextdokumenten vorgesehen war (Dokumente, die möglicherweise Links enthalten, mit denen Sie den Übergang zu anderen Dokumenten organisieren können). Die Basis dieses Protokolls ist eine Anforderung von einem Client (Browser) an einen Server und eine Serverantwort an einen Client.

JSON

JSON (JavaScript Object Notation) ist ein universelles Format für den Datenaustausch zwischen einem Client und einem Server. Es ist eine einfache Zeichenfolge, die in jeder Programmiersprache verwendet werden kann.

PORT

Dies ist ein optionaler Teil der URL, der die Portnummer angibt, die der Zielwebserver abhört. Die Standardportnummer für HTTP-Server ist 80, einige Konfigurationen sind jedoch so eingerichtet, dass sie eine alternative Portnummer verwenden. In diesem Fall muss diese Nummer in der URL angegeben werden. Die Portnummer wird direkt mit einem Doppelpunkt, der unmittelbar auf den Servernamen oder die Adresse folgt, eingegeben.[RR03, p.31]

RFID

RFID (englisch radio-frequency identification oder „Identifizierung mit Hilfe elektromagnetischer Wellen“) bezeichnet eine Technologie für Sender-Empfänger-Systeme

und wird bei der Abschlussarbeit verwendet, um die vorhandenen zur Ausleihe Raspberry Pi Boards zu markieren und identifizieren.

URI

Uniform Resource Identifier ist ein Pfad zu einer bestimmten Ressource (z.B. einem Dokument), für die eine Operation ausgeführt werden muss (z. B. bei Verwendung der GET-Methode bedeutet dies das Abrufen einer Ressource). Einige Anforderungen beziehen sich möglicherweise nicht auf eine Ressource und in diesem Fall kann der Startzeile anstelle des URI ein Sternchen (Symbol "*") hinzugefügt werden.

Literaturverzeichnis

- [RR03] Leon Shklar und Richard Rosen. *Web Application Architecture. Principles, protocols and practices*. John Wiley & Sons Ltd, 2003. ISBN: 0-471-48656-6.
- [TB] Beuth Hochschule für Technik Berlin. *Campus-Card*. <https://www.beuth-hochschule.de/campus-card>. abgerufen am 08. Oktober 2020.