

Praxissemester bei InterDigital in San Diego, CA, USA

20.08.2012 - 20.02.2013

(Aufenthalt von 14.08.2012 - 23.02.2013)



Praktikant

Ing. Markus Künstner, BSc
Informatik und Informationsmanagement
Alpen-Adria Universität Klagenfurt
e-Mail: markus@isys.uni-klu.ac.at

Arbeitgeber

InterDigital Communications LLC
9710 Scranton Road, Suite 250
San Diego, CA 92121
Web: <http://www.interdigital.com/>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung – Der Weg zum Praktikum in den USA	3
2	MobileHEVC – Einleitung.....	4
3	MobileHEVC – Projektbeschreibung.....	5
4	MobileHEVC – System Architektur	6
4.1	Streaming Server	6
4.2	Netzwerk	7
4.3	Streaming Client.....	7
5	MobileHEVC – Framework	7
5.1	Vorbereitung der Dateien	7
5.1.1	HEVC Videodateien.....	8
5.1.2	MPD Dateien	8
5.2	MobileHEVC Power Aware Streaming Client.....	8
5.2.1	Receiver.....	9
5.2.2	HEVC Decoder.....	11
5.2.3	Display.....	12
5.2.4	Applikationslevel.....	12
5.2.5	User Interface	13
6	MobileHEVC – Zusammenfassung.....	15
7	Technische Kompetenzen – Projektverlauf und Erlerntes	15
8	Soziale Kompetenzen – Arbeit und Freizeit in der USA.....	17
9	Freizeitgestaltung, Urlaube und Ausflüge	18
10	Abschluss – Die Rückkehr nach Österreich	20
11	Resümee – Hat sich das Auslandspraktikum gelohnt?	20

1 Einleitung – Der Weg zum Praktikum in den USA

Mein Name ist Markus Künstner und ich bin Student an der Alpen-Adria Universität Klagenfurt. Ich studiere derzeit im Masterstudium Informatik sowie im Bachelorstudium Informationsmanagement. Parallel zu meinem Studium arbeite ich seit Juli 2008 als Systemadministrator am Institut für Informatik-Systeme der Alpen-Adria Universität Klagenfurt.

Das Praxissemester stellt einen wesentlichen Bestandteil meiner beiden Studien dar und muss zum Abschluss beider Masterstudien absolviert werden. Ich habe mir bereits zu Beginn meines Studiums vorgenommen das Praxissemester in den USA absolvieren zu wollen. Die Gründe dafür waren vorwiegend das Sammeln von Berufserfahrung in einem internationalen Unternehmen, Interesse an Land, Leuten sowie Sehenswürdigkeiten und natürlich auch die Verbesserung meiner Englischkenntnisse. Nach unzähligen Bewerbungen und Versuchen der Kontaktaufnahme mit amerikanischen Unternehmen bekam ich im Frühsommer 2012 schließlich die Zusage für ein Praktikum bei der Firma InterDigital in San Diego, Kalifornien, USA. Mein Traum wurde somit fürs erste wahr. Ab diesem Zeitpunkt begann jedoch auch gleichzeitig eine der bisher größten Herausforderungen meines Lebens, sowohl privat als auch beruflich.

Der Organisationsaufwand für ein Praktikum im Ausland ist sehr hoch und reicht von der Visumsorganisation, Reiseplanung, Wohnungssuche und weiterer, unendlich scheinender, amerikanischer Bürokratie bis hin zum fachlichen Vorbereiten auf das Aufgabengebiet beim zukünftigen Arbeitgeber. Nach der Ankunft in den USA stellten sich Aufgaben, welche im eigenen Land als trivial erscheinen, als gar nicht so einfach heraus. Diese reichten vom Autokauf inklusive Versicherung und Anmeldung, Mietvertrag, Gas/Strom/Wasser Anmeldung, Internetanschluss, Betriebskostenabrechnung, verpflichtende Haushaltsversicherung bis hin zur Organisation einer Sozialversicherungsnummer sowie einem Bankkonto und vielen weiteren Aufgaben. Eine zusätzliche Belastung war auch, dass ich auf Grund von Verzögerungen bei der Visumsorganisation nur fünf Tage vor dem offiziellen Beginn des Praktikums in den USA ankam. Es war also nicht viel Zeit für all diese Aufgaben. Nichtsdestotrotz wurden alle Aufgaben mit mehr oder weniger vielen Komplikationen erledigt und ich konnte mich nach einer kurzen Eingewöhnungsphase voll und ganz auf das Praktikum konzentrieren.



Wie bereits erwähnt absolvierte ich das sechs Monate dauernde Praktikum bei der Firma InterDigital Communications Inc. Das Unternehmen befasst sich mit Forschung und Innovation im Bereich Wireless-Technologien. Zu den Kunden der von InterDigital entwickelten Konzepte, Technologien und Patente zählen sehr viele bekannte Unternehmen der Computerindustrie. Im Detail war ich Mitglied der Video Standards Group, welche vorwiegend im Bereich Videotechnik tätig ist. Das Team bestand aus Mitarbeitern unterschiedlicher Nationalitäten (China, Korea, Indien und USA). Das Projekt welches mir zugeteilt wurde nennt sich „Power Aware Video Streaming on Mobile Devices Based on High Efficiency Video Coding“ (kurz: MobileHEVC). Der Startschuss für dieses Projekt wurde offiziell zu Beginn meines Praktikums am 20. August 2012 gegeben.

2 MobileHEVC – Einleitung

Heutzutage nehmen die Anzahl mobiler Endgeräte und deren Benutzer rapide zu. Schon lange handelt es sich hierbei nicht mehr nur um Mobiltelefone im herkömmlichen Sinne. Vielmehr regieren Smartphones, Tablets und vergleichbare Produkte den Markt. Des Weiteren nimmt die Leistungsfähigkeit dieser Geräte, sowohl Hardware als auch Software bezogen, stetig zu. Die konstante Steigerung der Leistung führt dazu, dass sich für Benutzer der Geräte eine riesige, ständig zunehmende, Anzahl an Möglichkeiten zur Verwendung der Geräte ergibt. Ein möglicher Verwendungszweck liegt in Multimediaanwendungen wie dem Videostreaming (z.B. YouTube, Netflix, etc.). Verschiedenste Studien belegen auch, dass der Anteil von Video Downloads im Internet rapide zunimmt bzw. zunehmen wird und bereits einen Großteil des aktuellen Datenkonsums mobiler Anwendungen ausmacht (siehe Abbildung 1).

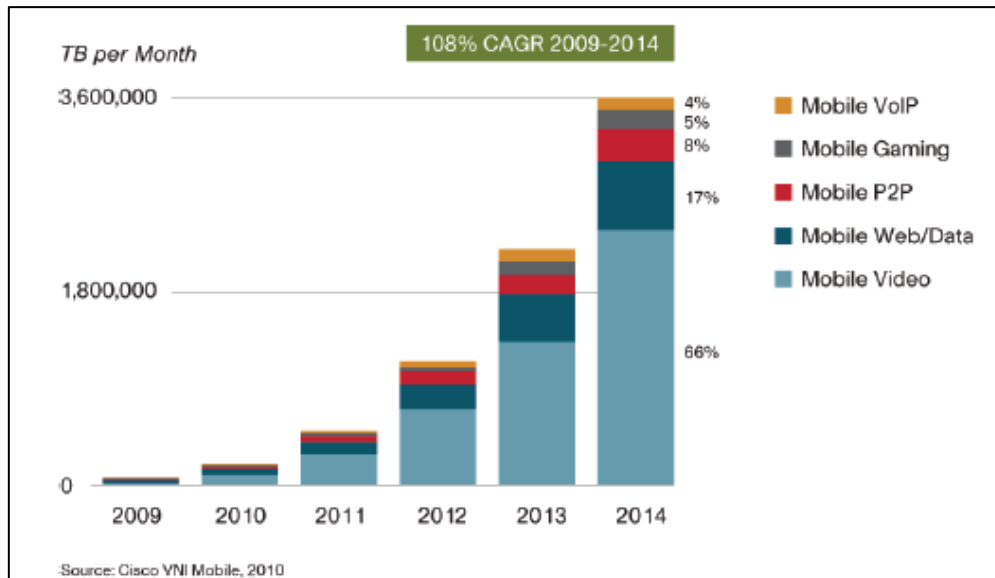


Abbildung 1: Prognose des Datenkonsums mobiler Geräte bis 2014

Um Videos auf einem mobilen Client jedoch zu vollster Benutzerzufriedenheit genießen zu können, muss die Anwendung mindestens folgende drei Aspekte erfüllen. Aspekt 1, die Qualität der Videoübertragung, spielt eine große Rolle. Die Displays der Geräte werden immer besser und können bereits sehr hohe Auflösungen in gestochen scharfer Qualität darstellen und an die Benutzer weitergeben. Dieser Aspekt wird durch den HEVC Standard, welcher im Jahr 2013 zum aktuellsten Videocodierungsstandard wurde, in hohem Ausmaß erfüllt. Dem Aspekt 2, der Kontinuität der Videoübertragung, muss vor allem bezogen auf mobile Endgeräte große Aufmerksamkeit geschenkt werden. Benutzer sind prinzipiell unzufrieden wenn das Video gegen den eigenen Willen stoppt oder Verzögerungen entstehen. Der Grund dafür sind die Fluktuationen der Bandbreite, welche z.B. durch die ständigen Positionswechsel der Benutzer mit ihren mobilen Geräten entstehen. Um diesem Problem entgegenzuwirken gibt es bereits einige Konzepte und Standards wie z.B. DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP). Hier wird der Ansatz verfolgt, dass die Videoqualität während dem Abspielen des Streams verändert werden kann um die Kontinuität des Videos, trotz schwankender Bandbreiten, zu gewährleisten. Es wird also die bestmögliche Videoqualität anhand der verfügbaren Netzwerkbandbreite an die Benutzer geliefert um kontinuierliches Abspielen des Videos zu ermöglichen. Aspekt 3, die sogenannte Power Awareness, zielt ebenfalls auf die Kontinuität des Abspielens des Videos ab. Hierbei wird jedoch nicht auf die Bandbreite sondern auf die verbleibende Akkuleistung des mobilen Endgerätes eingegangen. Reicht die verfügbare Akkukapazität für das vollständige Abspielen des Videos nicht mehr aus, muss darauf reagiert werden. Aktuelle Ansätze wechseln hierbei z.B. die Auflösung des Quellvideos was in einer Reduktion der Rechenoperationen und somit Einsparung von Batterieleistung resultiert. Der Nachteil dieses Ansatzes ist, dass das Wechseln der Auflösung vom Benutzer durch subjektive Qualitätsunterschiede wahrgenommen wird. Das Projekt MobileHEVC verfolgt jedoch einen neuartigen Ansatz und fokussiert zusätzlich die Entwicklung eines Prototyps für ein ausgewähltes Betriebssystem für mobile Endgeräte.

3 MobileHEVC – Projektbeschreibung

Das Forschungsprojekt MobileHEVC fokussiert Power Aware Streaming für mobile Endgeräte. Im Detail bedeutet dies, dass das Abspielen eines Videos, welches über verschiedenste Netzwerke (meistens WLAN, 3G, 4G, etc.) gestreamt wird, auf die verbleibende Akkuleistung des betreffenden Gerätes Rücksicht nimmt. Dies kann erreicht werden, indem die Clientsoftware anhand eines intelligenten Algorithmus den idealen Videostream, bezogen auf die vorhandene Akkukapazität wie auch die Länge des Videos, von einem Server auswählt und dem Benutzer in Form des decodierten Videos zur Verfügung stellt. Natürlich handelt es sich hierbei um einen periodischen Prozess, da auf unvorhersehbare Schwankungen der Akkuleistung eingegangen werden muss. Im Gegensatz zu derzeit bekannten Lösungen ist bei MobileHEVC jedoch nicht die Auflösung des Quellvideos, sondern die Decodierungskomplexität variabel. Dies resultiert darin, dass subjektive Qualitätsunterschiede nicht bzw. nur sehr schwer wahrgenommen werden können. Die Umsetzung dieses Projekts erforderte Forschung und Entwicklung auf verschiedenen Ebenen.

Einerseits mussten verschiedenste Möglichkeiten erforscht werden um die Decodierungskomplexität von HEVC Videos zu reduzieren um verschiedene Komplexitätsstufen eines Quellvideos generieren zu können. Unterschiedliche Komplexitätsstufen von Videos bedeutet im weiteren Sinne unterschiedlichen Akkuverbrauch pro Zeiteinheit am Endgerät. Diese Videostreams mussten anschließend von einem Server zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich benötigt das mobile Gerät die notwendigen Informationen um festzustellen, welche Videos mit unterschiedlichen Komplexitäten vom Server zur Verfügung gestellt und somit zur Wiedergabe verwendet werden können.

Andererseits mussten sehr viele Fragen bezüglich der Entwicklung der Software und des Power Aware Konzepts geklärt werden. Der Client (die Software bzw. App die vom Benutzer verwendet wird) übernimmt im Großen und Ganzen drei Aufgaben. Im Detail handelt es sich dabei um den Download, die Decodierung und die Anzeige von Videostreams am Display des mobilen Gerätes. Die Implementierung der Logik um Power Awareness zu gewährleisten wurde hauptsächlich im Download und Decodierungsteil implementiert (dies ist auch konform mit verschiedensten Standards in diesem Bereich).

Sowohl beim Codierungs- als auch beim Decodierungsprozess wird die Version HM7.0 (vorläufiger Entwurf des HEVC Standards) verwendet. Der Grund dafür ist, dass die finale Version des Standards zum Zeitpunkt als das Projekt startete noch nicht spezifiziert war. Der Fokus des Projekts lag in der Entwicklung eines Konzepts für Power Aware Streaming auf mobilen Geräten basierend auf diesem vorläufigen Standardentwurf. Da das Betriebssystem Android einen Marktanteil von ca. 75% hat (siehe Abbildung 2) wurde zur Implementierung unseres Prototyps als Proof of Concept ein High-End Tablet der Marke ASUS verwendet, welches auf diesem Betriebssystem basiert.

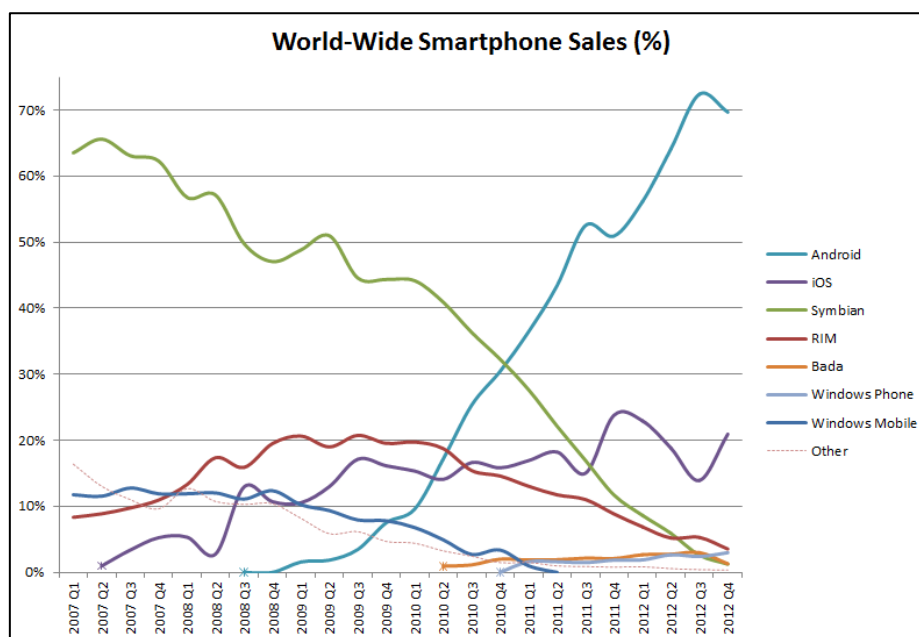


Abbildung 2: Marktanteil von mobilen Betriebssystemen (Stand: 04/2012)

Der entwickelte Prototyp stellt einen einfachen HEVC Videoplayer für Android Geräte (Tablets, Smartphones, etc.) dar. Dieser bietet ein intuitives Benutzerinterface mit einigen Konfigurationsmöglichkeiten und eindeutigen Feedback für die Benutzer. Die Details wie die Architektur, das Framework, das Benutzerinterface, die implementierte Logik, etc. werden im Folgenden genauer erläutert.

4 MobileHEVC – System Architektur

Die Architektur des entwickelten Streaming Systems wird in untenstehender Abbildung 3 dargestellt. Das System beinhaltet einen Streaming Server, ein Netzwerk sowie einen Streaming Client.

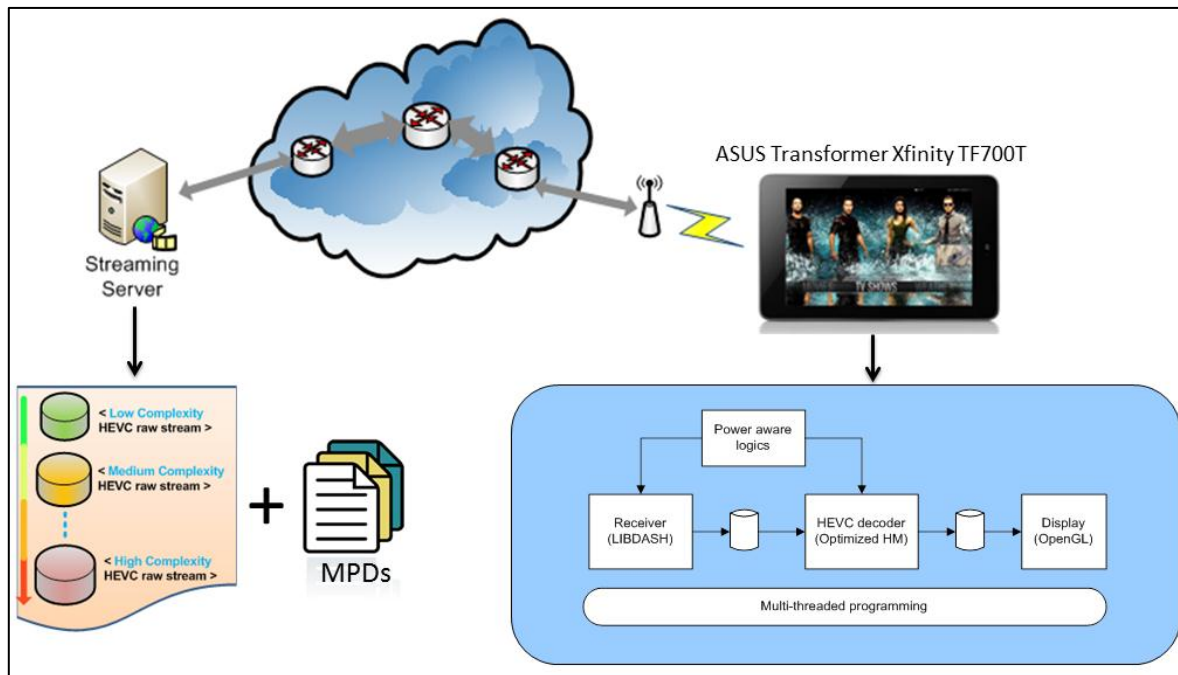


Abbildung 3: MobileHEVC System Architektur

Diese Architektur wurde in unserem Labor simuliert, kann jedoch ohne großen Zusatzaufwand direkt in die „echte Welt“ übertragen werden. Die drei Hauptkomponenten werden im Folgenden kurz erläutert.

4.1 Streaming Server

Beim Streaming Server handelt es sich um einen einfachen HTTP Server (auch Webserver genannt). Dieser stellt den Multimediainhalt und die sogenannten MPD (Media Presentation Description) Dateien zur Verfügung. Beim Multimediainhalt handelt es sich um codierte Videodateien im HEVC Format, welche in unterschiedlichen Komplexitäten vorliegen müssen um vom Client konsumiert werden zu können. Da es sich beim Download der Videos vom Server um Streaming handelt, müssen die Quellvideodateien in sogenannte Segmente aufgeteilt werden. Jedes Segment kann für sich als eigenes Video betrachtet werden, jedoch mit der Einschränkung, dass beim Abspielen die Reihenfolge eingehalten werden muss um das gesamte Video korrekt wiedergeben zu können. Der Server muss für jede Komplexitätsstufe dieselben Segmente zur Verfügung stellen um das kontinuierliche Wechseln der Komplexität am Client zu ermöglichen. Der Streaming Server stellt also eine Vielzahl von Videosegmenten zur Verfügung, welche mittels des HTTP Protokolls ganz einfach über das Netzwerk heruntergeladen werden können. Das MPD liefert eine textuelle Beschreibung (basierend auf dem XML Standard) des Inhalts auf dem Server. Im Detail werden Informationen (sogenannte Metadaten) wie z.B. Bandbreite, Bitrate, Segmentlänge, Decodierungskomplexität, etc. zur Verfügung gestellt. Diese Informationen werden vom Client verwendet um den Inhalt auf dem Server kennenzulernen und in weiterer Folge zu verwenden. Die Formate für die segmentierten Videodateien bzw. die MPD Dateien sind standardisiert nach HEVC bzw. MPEG-DASH.

4.2 Netzwerk

Beim Netzwerk handelt es sich um eine beliebige Netzwerkverbindung zwischen Streaming Server und Client. In unserer Testumgebung wurde der Server mit einem CISCO Wireless Access Point ausgestattet. Der Client konnte somit per WLAN auf den Inhalt am Server zugreifen und die Streaming Session durchführen. In realen Umgebungen würde der Server per Internetverbindungen kontaktiert werden. Dies kann per WLAN oder sonstige mobile Internettechnologien (z.B. 3G) durchgeführt werden.

4.3 Streaming Client

Der Streaming Client stellt das Herz des gesamten Systems dar. Dieser beinhaltet die drei Hauptmodule Receiver, Decoder, Display sowie das Benutzerinterface. Der Client ist somit für den gesamten Streaming Prozess verantwortlich. Er streamt die Multimediadateien vom Server, decodiert die codierten Bitstreams und stellt sie dem Benutzer per Ausgabe am Display zur Verfügung. Zusätzlich bietet er dem Benutzer die Möglichkeit unterschiedliche Konfigurationen für das Videoplayback am Benutzerinterface vorzunehmen und verschiedene Videos auszuwählen. Die Details zum Client, welcher der Schwerpunkt dieses Projekts war, werden in Abschnitt 5.2 erläutert.

5 MobileHEVC – Framework

Im vorhergehenden Abschnitt wurde eine Übersicht über die System Architektur von MobileHEVC gegeben. In diesem Abschnitt soll jedoch viel detaillierter auf die einzelnen Komponenten eingegangen werden. Dies wird anhand einer Darstellung des gesamten Frameworks verdeutlicht, welches in Abbildung 4 abgebildet ist.

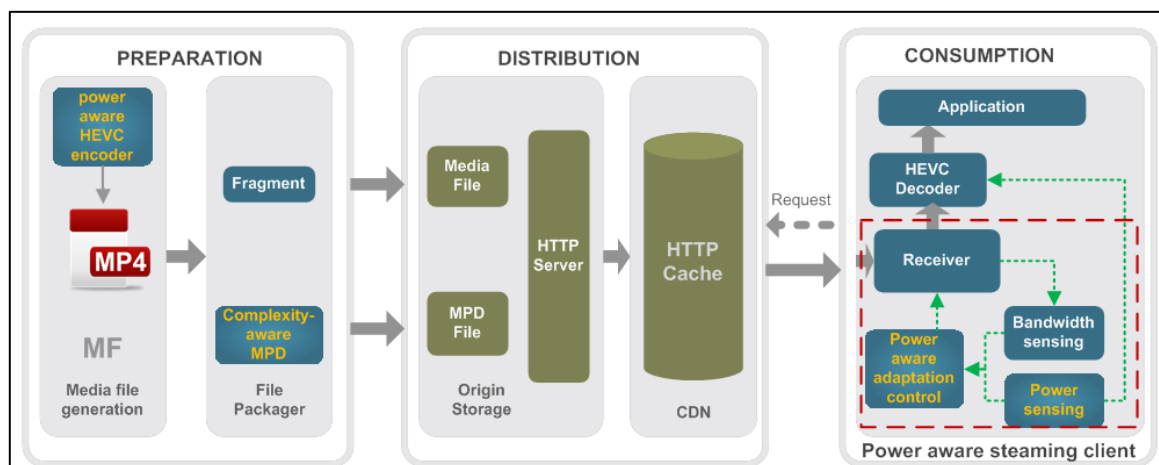


Abbildung 4: MobileHEVC Framework

Das Framework zeigt neben einem sehr guten Überblick über das gesamte System auch die Arbeitsschritte, welche im Rahmen des Projekts abgearbeitet werden mussten. Hierbei handelt es sich um die Vorbereitung, Verteilung und Konsum der HEVC Videodateien. Die Verteilung der Daten, sozusagen der Streaming Server, wurde bereits in Abschnitt 4.1 ausreichend erläutert. In diesem Abschnitt wird zuerst die Vorbereitung und Erzeugung der Multimediadateien erläutert. Anschließend wird sehr detailliert auf den Konsum der Daten, den mobilen Client, eingegangen.

5.1 Vorbereitung der Dateien

Die Vorbereitung der Daten war ebenfalls nur ein Randbereich des Projekts und wird deshalb nur kurz angesprochen. Die Dateien, welche vorbereitet werden mussten sind die Videodateien sowie die MPD Dateien. Natürlich wurde dieser Prozess während dem Projektverlauf unzählige Male wiederholt, da Änderungen in der Decodierungsvariante wie auch in den MPD Dateien durchgeführt werden mussten. Es wurden verschiedene Varianten ausprobiert, getestet und validiert.

5.1.1 HEVC Videodateien

Die HEVC Videodateien wurden ausgehend von den nicht codierten YUV Dateien generiert. Dabei wurde die sogenannte Intra-Period-Codierung verwendet. Dies bedeutet, dass das Video in bestimmten Zeitabständen separiert wird. Der Decoder kann diese Teile des codierten Videos dann separat decodieren und ist nicht auf vergangene oder zukünftige Daten angewiesen. Es handelt sich jedoch trotzdem noch um eine einzige Datei, die Separierung ist nur intern in der Videostruktur vorhanden. Aus diesem Grund wurde eine Software namens HEVCSplitter von uns entwickelt, welche eine mit Intra-Period-Verfahren codierte Datei in separate Dateien aufteilt. Die entstehenden Videodateien mit einer Länge von jeweils fünf Sekunden nennt man Segmente. Dieser Vorgang muss für jede Komplexitätsstufe wiederholt werden und die Segmente werden in Folge vom Server zur Verfügung gestellt.

5.1.2 MPD Dateien

Um die generierten HEVC Segmente anhand von Metadaten zu beschreiben, mussten die sogenannten Media Presentation Description Dateien erstellt werden. Diese sind laut MPEG-DASH Standard spezifiziert. Ein MPD beinhaltet mehrere Repräsentationen eines Videos mit z.B. unterschiedlichen Bandbreiten. Für jede Repräsentation existiert die gleiche Anzahl von Segmenten, welche den gleichen Inhalt abbilden, jedoch unterschiedlich codiert sind. Um den MobileHEVC Prototyp in die Realität umzusetzen musste der aktuelle Standard erweitert werden. Das Streaming System stellt Repräsentationen unterschiedlicher Komplexitätslevel zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde das MPD um eine Eigenschaft „complexityLevel“ erweitert. Die Komplexitätslevels reichen von 1 (niedrigste Komplexität) bis 10 (höchste Komplexität). Das MPEG-DASH standardisierte MPD erweitert um das Komplexitätslevel wird in Abbildung 5 dargestellt.

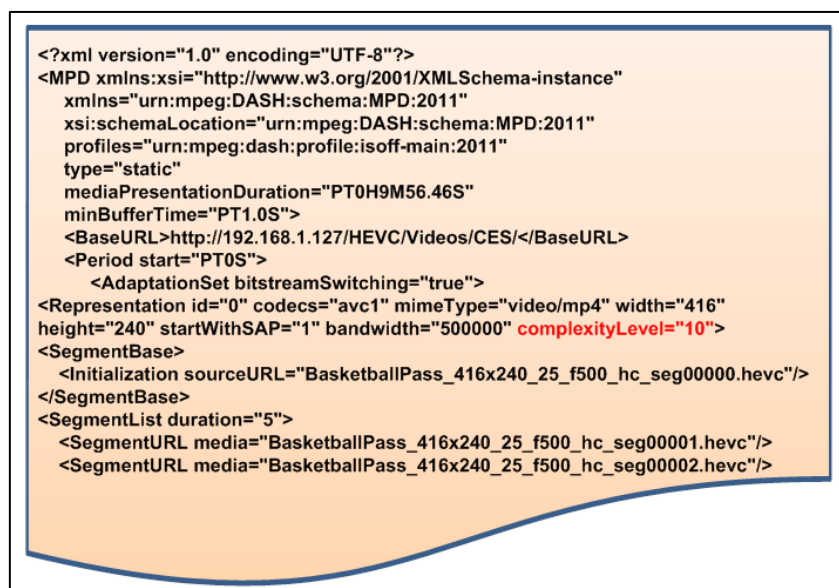


Abbildung 5: Erweiterte MPD Datei

5.2 MobileHEVC Power Aware Streaming Client

Die Hauptaufgabe, auf der auch der Schwerpunkt der Forschung lag, war die Entwicklung des Power Aware Streaming Clients basierend auf HEVC Videostreaming. Hierbei waren zwei grundlegende Hauptaufgaben zu bewältigen.

Zum einen musste die Software für den Streaming Client für Android Geräte entwickelt werden. Dies umfasste die Entwicklung der Module Receiver, Decoder, Display sowie deren Integration und die Einbindung in den Java Code sowie die Entwicklung des Benutzerinterfaces.

Zum anderen musste aufbauend auf dieser Entwicklung mit der Forschung und Entwicklung im Bereich des Power Aware Streamings begonnen werden. Das Ziel lag darin, das bestehende System um einen intelligenten Algorithmus zu erweitern um Power Awareness zu ermöglichen. Dies umfasste sehr intensive Forschungsarbeit und Beschäftigung mit bestehender Literatur. Es musste das Konzept, der Algorithmus sowie die Implementierung unserer Idee diskutiert und umgesetzt werden.

Wie bereits erwähnt musste die Entwicklung unseres Prototyps als Proof of Concept sowohl in Java als auch in C/C++ Code umgesetzt werden. Dies wird in Abbildung 6 sehr übersichtlich dargestellt. Die drei Module Receiver, Decoder und Renderer (Display) sind in nativen C/C++ Code gehalten und können somit für weitere Entwicklungs- und Forschungszwecke sehr leicht auf andere System portiert werden. Zusätzlich gibt es das PAVS UI (Power Aware Video Streaming User Interface), welches auf Grund der Tatsache, dass die Applikation Android basierend ist, in Java entwickelt wurde. Die Verbindung zwischen den unterschiedlichen Programmiersprachen wird durch das sogenannte JNI (Java Native Interface) erreicht. Dies ermöglicht es die C/C++ Module vom Java Code aus zu verwenden und auch Daten zwischen Java und C/C++ Code auszutauschen.

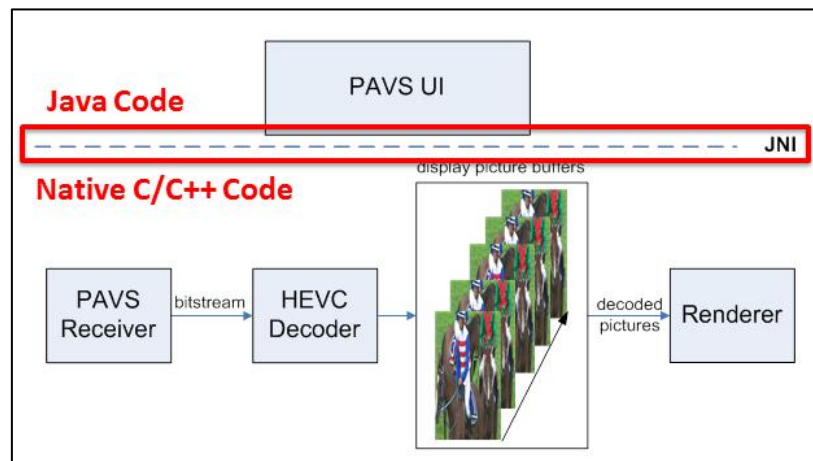


Abbildung 6: Client Module

In den folgenden Abschnitten wird auf die einzelnen Module der Applikation im Detail eingegangen.

5.2.1 Receiver

Der Receiver ist der wichtigste Teil des intelligenten Clients bezogen auf die Power Awareness. Dieser wurde durch die LIBDASH (Open Source Library des Instituts für Informationstechnologie an der Alpen-Adria Universität Klagenfurt) implementiert. Wie der Name bereits verrät unterstützt diese Library unter anderem den MPEG-DASH Standard, also dynamisches und adaptives Streaming bei schwankenden Bandbreiten. Dies bedeutet, dass die Library automatisch den, zur verfügbaren Bandbreite passenden Bitstream, vom Server auswählt um kontinuierliches Abspielen des Videos zu garantieren. Dies erhöht die Benutzerzufriedenheit in hohem Maße, da es nicht zu unerwarteten Ruckeln oder Stopps des Videos kommt.

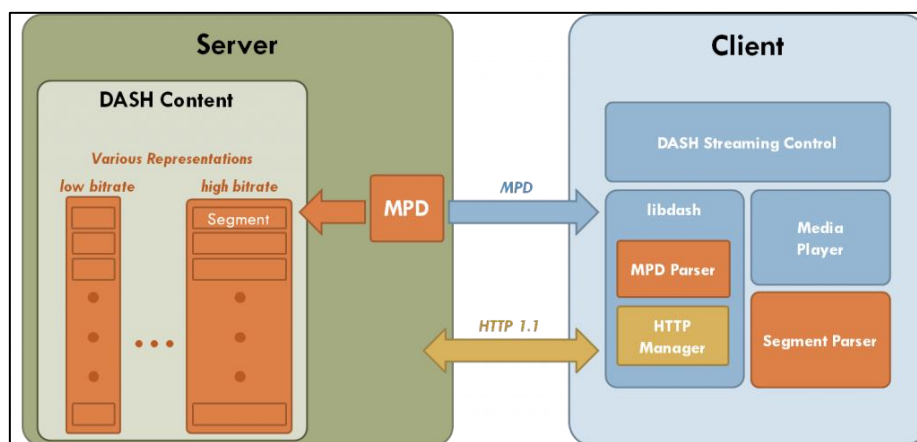


Abbildung 7: LIBDASH Übersicht

Abbildung 7 verdeutlicht, welche Aufgaben von der LIBDASH übernommen werden und welche nicht. Alle orange gekennzeichneten Module sind laut MPEG-DASH standardisiert. Die LIBDASH übernimmt das Parsen der MPD Dateien sowie das Managen der HTTP Verbindung zum Server. Der

Media Player, die Streaming Logik sowie der Segment Parser sind nicht in der Library enthalten und mussten somit implementiert werden.

Die von der LIBDASH bereits unterstützte Adaptierung bezüglich der Bandbreite lag jedoch nicht im Fokus unseres Projekts (dies wurde bereits mehrfach implementiert und wäre keine Neuerung mehr). Anstatt dessen fokussierten wir die Erweiterung der Adaption bezüglich der verbleibenden Akkuleistung, was zu grundlegenden Änderung des gesamten Programmcodes führte. Die grundlegende Architektur der adaptierten Library Implementierung wird in Abbildung 8 dargestellt.

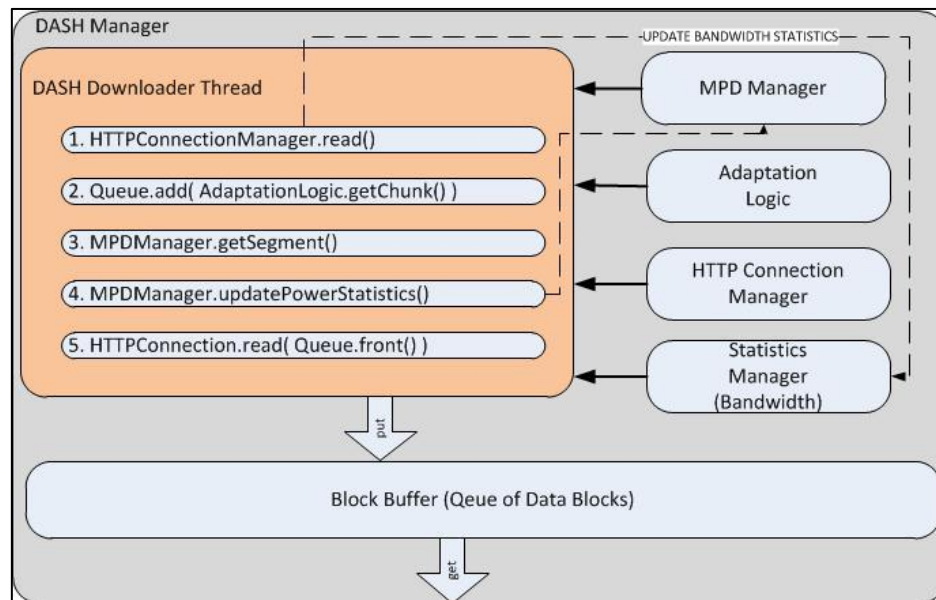


Abbildung 8: LIBDASH Architektur

Das Hauptaugenmerk der LIBDASH liegt auf dem Download Thread. Dieser ist dafür zuständig, das Streaming System kontinuierlich mit Videodaten zu füttern um das Abspielen des Videos aufrecht halten zu können. Die Daten, welche vom Thread gestreamt werden, werden abschließend in den Puffer gespeichert. Diese Pufferdaten können von der Applikation (in unserem Fall vom HEVC Decoder) konsumiert werden. Die wichtigsten vier Module der Receiver Implementierung sowie deren Funktionsweise werden im Folgenden erläutert.

- **MPD Manager:** Dieser übernimmt sehr viele Aufgaben und ist das wichtigste Modul bezüglich der implementierten Power Aware Logik. Der MPD Manager lernt zu Beginn der Applikation den Inhalt des Servers kennen indem er die MPD Datei parst und den Inhalt in Objekte ablegt, welche später zur Entscheidungsfindung verwendet werden. Die wichtigsten Aufgaben, welche sequentiell in einer Schleife durchgeführt werden sind das Ermitteln der Repräsentation (bezogen auf Komplexitätslevel und Bandbreite), das Ermitteln des Segments (Fortschritt des Videos) sowie das Updaten der Statistik für zukünftige Segmente. Zusätzlich wird im MPD Manager entschieden, welcher Komplexitätslevel basierend auf der Statistik für diese zukünftigen Segmente verwendet werden muss. Der Ablauf wird anhand eines Ablaufdiagramms der Logik später noch einmal erklärt.
- **Adaptionslogik:** Die Adaptionslogik dient nun lediglich dazu, die vom MPD Manager zur Verfügung gestellten Funktionen zu verwenden und anhand dieser das richtige Segment zum Download auszuwählen.
- **HTTP Manager:** Der HTTP Manager übernimmt den tatsächlichen Download der ausgewählten Datei. Auf dieser Ebene wird nicht mehr zwischen Segmenten und Repräsentationen unterschieden da diese nur für die Entscheidungslogik relevant sind.
- **Statistik Manager:** Der Statistik Manager wird zur Verwaltung der Bandbreiten Statistik verwendet. Dies liegt nicht im Fokus unsere Projekts wurde jedoch trotzdem beibehalten um maximale Benutzerzufriedenheit zu erreichen. Die neu implementierte Statistik für die Power Aware Logik ist im MPD Manager implementiert.

Zusammenfassend kann der Receiver anhand der implementierten Logik Videos unterschiedlicher Komplexitätslevel vom Server auswählen um das vollständige Abspielen des Videos, trotz eventuell

zu geringer Akkuleistung, ermöglichen. Die Logik muss regelmäßig die verbleibende Akkuleistung überprüfen und anhand dieser das optimale Video (maximale Decodierungsqualität bei verbleibender Akkuleistung) auswählen. Um den Ablauf der gesamten Logik etwas besser verdeutlichen zu können betrachten wir das, in Abbildung 9 sehr stark vereinfachte, Ablaufdiagramm.

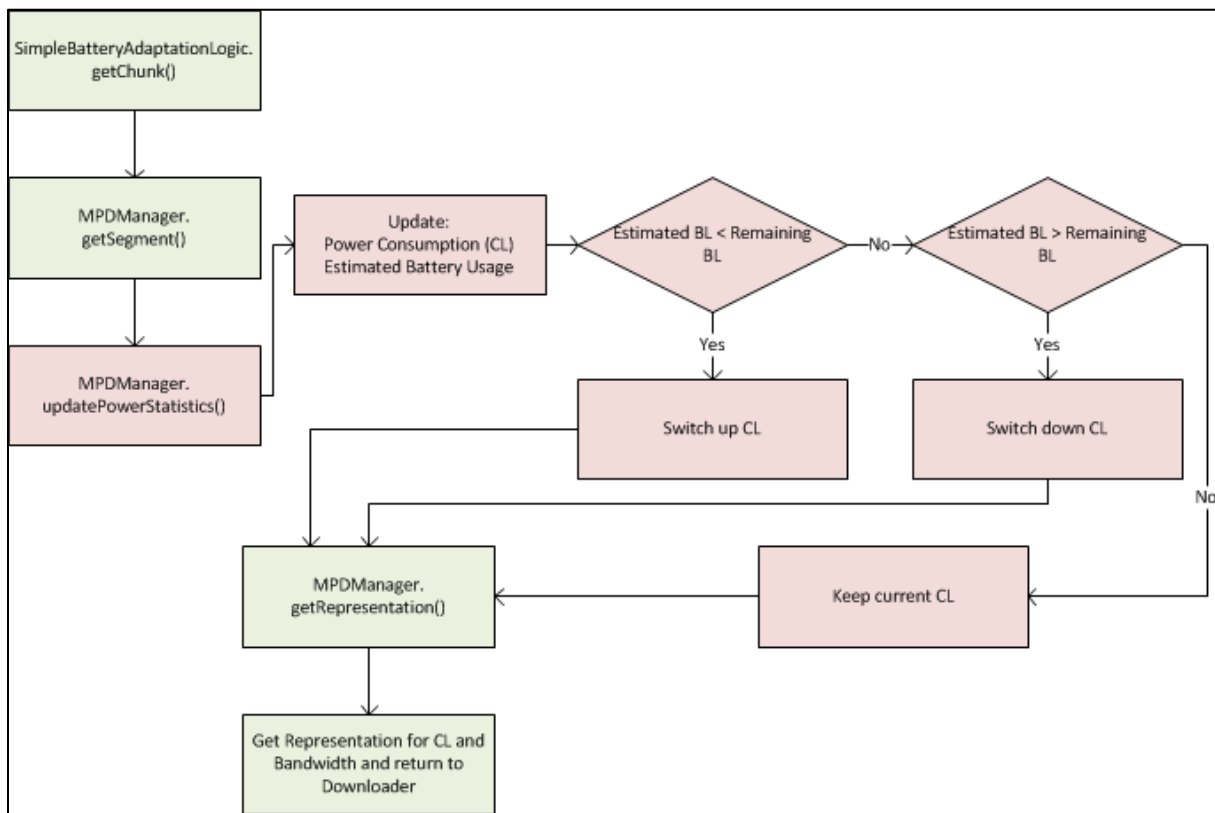


Abbildung 9: Ablaufdiagramm der Power Aware Logik

Der Ablauf der Entscheidungslogik wird in einer Schleife innerhalb des Download Threads durchgeführt. Zu Beginn fordert die Adaptationslogik (Simple Battery Adaptation Logic) einen sogenannten Chunk an. Ein Chunk ist einfach ausgedrückt eine Ansammlung von Daten. Um dies zu bewerkstelligen muss die Adaptionslogik die Hilfe des MPD Managers in Anspruch nehmen. Dieser versucht nun ein Segment auszuwählen, welches er der Adaptionslogik zur Verfügung stellen kann. Dazu werden drei wichtige Schritte durchgeführt, welche das Herzstück der Logik darstellen.

- **Statistik updaten:** Es werden unterschiedliche Kennzahlen in der Statistik verwaltet. Dazu zählen unter anderem die PowerConsumption[ComplexityLevel] (der durchschnittliche Akkuverbrauch pro Segment für den aktuellen Komplexitätslevel) wie auch die EstimatedBatteryUsage (geschätzter Akkuverbrauch zum Abspielen des gesamten Videos).
- **Auswahl des Komplexitätslevels:** Das Komplexitätslevel für das nächste Segment wird anhand dieser Statistik ausgewählt. Ganz einfach ausgedrückt wird der geschätzte Akkuverbrauch mit dem aktuellen Batteriestand des Gerätes verglichen und entschieden ob das Komplexitätslevel erhöht, verringert oder gleich gehalten werden soll.
- **Auswahl der Repräsentation:** Anhand des ermittelten Komplexitätslevels kann nur sehr einfach die dazugehörige Repräsentation und das zu dieser Repräsentation gehörige Segment, welches in der zeitlichen Abfolge als nächstes folgen muss, ausgewählt werden. Das Segment wird nun an den Download Thread zurück geliefert und kann gedownloadet und in weiterer Folge in den Puffer zur weiteren Verarbeitung gespeichert werden.

5.2.2 HEVC Decoder

Der Decoder basiert auf der HM7.0 Referenzsoftware, welche im Rahmen des HEVC Standardisierungsprozesses erstellt wurde. Dieser wurde für die Verwendung auf PCs entwickelt. Für die Verwendung auf mobilen Geräten (Android Betriebssystem und neuartige Hardware Architektur) mussten jedoch Änderungen vorgenommen werden. Hierbei mussten die Dateien mit dem passenden

Makefile für das Android-Build-System ausgestattet werden um den Quellcode kompilieren zu können. Zusätzlich mussten Änderungen betreffend der Performanceoptimierung durchgeführt werden, da der Decoder auf der Ziellplattform viel zu langsam arbeitete. Die Optimierungen wurden hauptsächlich von unserem indischen Consultant übernommen und seien hier nur kurz erwähnt. Die durchgeführten Optimierungen betreffen die Decodermodule Motion Compensation, Inverse Quantization, Inverse Transformation, Reconstruction und Intra Prediction. Diese Module wurden durch sogenannte SIMD-NEON Befehle implementiert. Dies ist ein Befehlssatz für die ARM Prozessor Architektur (verwendet in Android Geräten) zur Optimierung von Multimedia- und Signalverarbeitung. Zusätzlich konnte eine sehr starke Leistungssteigerung durch Multi-Thread-Programmierung im Bereich der Entropiedecodierung, Dekompression sowie beim Entblocken erreicht werden.

5.2.3 Display

Um das decodierte Video an das Display zu senden und somit wiederzugeben musste ein weiteres Modul in den Client inkludiert werden. Dieses wurde mittels OpenGL-ES in Java als auch in nativen C/C++ Code implementiert. Bei OpenGL-ES handelt es sich um eine weitverbreitete Graphik-Engine für Embedded Systems. Diese Library wird unter anderem in der Playstation 3 verwendet.

Der Teil dieser Library, der in Java implementiert ist, ist hauptsächlich für das Timing zuständig. Das Framework arbeitet automatisch mit einer Frequenz von 62,5 FPS die Funktion zum Rendern von Frames ab. Der zweite Teil, welcher in C/C++ implementiert ist, dient zur Initialisierung des Displays sowie zur tatsächlichen Darstellung der Bilder am Display. Zusätzlich mussten Farbkonvertierungen von YUV ins RGB Farbformat implementiert werden, da OpenGL-ES nur RGB unterstützt.

5.2.4 Applikationslevel

Das Applikationslevel von MobileHEVC besteht wie bereits mehrfach erwähnt aus Java Code basierend auf dem Android SDK. Im Prinzip wird durch dieses Modul lediglich die Benutzerschnittstelle sowie das Java Native Interface (JNI) implementiert um die nativen Funktionen des C/C++ Codes zu verwenden. Die Struktur wird in Abbildung 10 dargestellt.

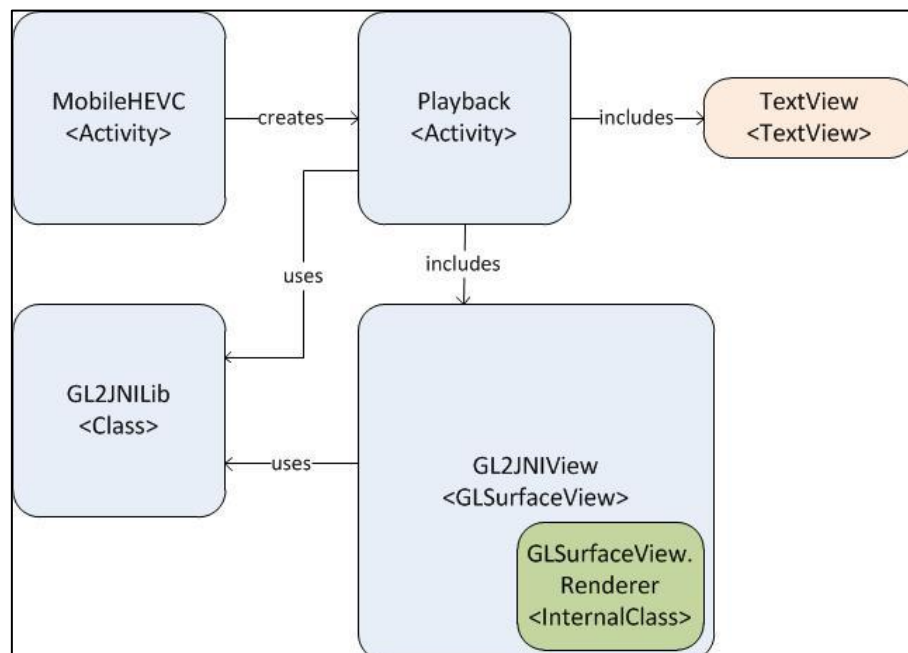


Abbildung 10: Applikationslevel Struktur

Im Folgenden werden die vier implementierten Java Klassen kurz erklärt. Im nächsten Abschnitt 5.2.5 wird die Benutzerschnittstelle vorgestellt um sich die Implementierung bildlich vorstellen zu können.

- **MobileHEVC:** Hierbei handelt es sich um den Einstiegspunkt in die Applikation. MobileHEVC stellt den Startbildschirm der Android Applikation dar. Das High-Level-Konzept von Android Applikationen stellen die sogenannten Aktivitäten dar. Jede Aktivität beschreibt ein Fenster bzw. einen Bildschirm der dem Benutzer zur Verfügung gestellt wird.

Auf diesem Startbildschirm kann der Benutzer einige Einstellungen vornehmen und das Video starten.

- **Playback:** Startet ein Benutzer das Video Playback dann wird er auf eine zweite Aktivität weitergeleitet. In dieser wird das Video abgespielt. Zusätzlich wird ein TextView angezeigt um für den Benutzer relevante Informationen anzuzeigen.
- **GL2JNIView:** Diese Klasse ist vom Typ GLSurfaceView und implementiert den Java Teil von OpenGL-ES. Im Prinzip müssen hier einige Konfigurationen vorgenommen werden und eine interne, statische Klasse Renderer muss implementiert werden. Diese wiederum stellt die statische Funktion onDrawFrame() zur Verfügung, welche automatisch von der Grafikkarte 60,5 mal pro Sekunde aufgerufen wird. Diese Funktion greift im Weiteren auf die nativen Funktionen zu und ist für das periodische Aktualisieren des Displays und somit für die kontinuierliche Videowiedergabe zuständig.
- **GL2JNILib:** Hierbei handelt es sich um eine Wrapper Klasse welche die nativen Funktionen für die Java Applikation aufbereitet und zur Verfügung stellt.

5.2.5 User Interface

Die Benutzerschnittstelle besteht aus nur zwei Aktivitäten. Dies wurde bewusst einfach gehalten um die Anwender in erster Linie auf die erforschte und implementierte Logik aufmerksam zu machen. Der Startbildschirm, die sogenannte MobileHEVC Aktivität wird in Abbildung 11 dargestellt.

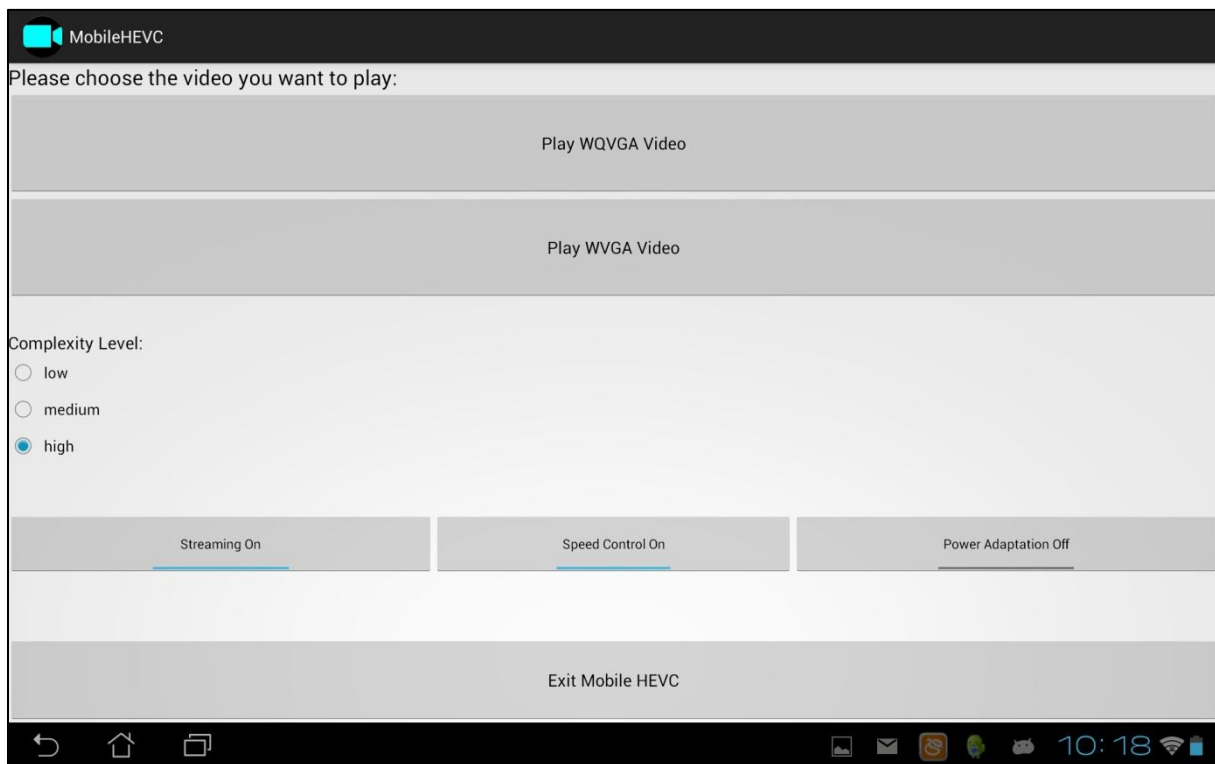


Abbildung 11: MobileHEVC Aktivität (Startbildschirm)

Benutzer können hier folgende Funktionen auswählen.

- **Komplexitätslevel:** Der Komplexitätslevel, welcher zu Beginn des Videos Playbacks verwendet werden soll, kann vom Benutzer ausgewählt werden. Derzeit werden drei Komplexitätslevel (low, medium, high) zur Verfügung gestellt. Dies ist jedoch beliebig erweiterbar.
- **Streaming On/Off:** Ist diese Funktion aktiviert, funktioniert der Prototyp in einer realen Testumgebung und streamt das Video per WLAN von einem Server. Ist diese Funktion deaktiviert wird ein lokaler Webserver, welcher auf dem Android Gerät installiert ist, als HTTP Server verwendet. Das Android Gerät ist also Server und Client in einem. Dies wurde für den Fall vorbereitet, dass es kein verfügbares Netzwerk gibt um die Funktionsweise der Applikation zu demonstrieren.

- **Speed Control On/Off:** Ist diese Funktion aktiviert wird das Video in Echtzeit wiedergegeben. Dies hängt von der Codierung des Videos ab und beträgt in der Regel 25-30 FPS. Ist diese Funktion deaktiviert, wird das Video in Maximalgeschwindigkeit wiedergegeben. Die Geschwindigkeit wird nur durch den Decoder oder die maximale Wiederholrate von 62,5 FPS von OpenGL-ES beschränkt.
- **Power Adaptation On/Off:** Diese Funktion ermöglicht den Benutzer die Adaptierung bezüglich der Power Aware Logik zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Ist diese Funktion aktiviert, verhält sich der Client wie in diesem Bericht beschrieben und adaptiert das Komplexitätslevel anhand der verfügbaren Akkukapazität und der Länge des Videos. Als Einstiegslevel wird der vom Benutzer ausgewählte Komplexitätslevel verwendet. Ist diese Funktion deaktiviert wird das Video in der ausgewählten Komplexität wiedergegeben und es wird keine Adaption anhand der Power Aware Logik vorgenommen.
- **WQVGA/WVGA:** Abschließend muss vom Benutzer die gewünschte Auflösung ausgewählt werden und das Video kann gestartet werden. Derzeit werden zwei verschiedene Auflösungen angeboten. Dies ist für unseren Proof of Concept Prototyp ausreichend.

Wird eines der beiden Videos gestartet öffnet die Applikation die Playback Aktivität und beginnt das Abspielen des Videos. Dies wird in Abbildung 12 dargestellt.



Abbildung 12: Playback Aktivität

Diese Aktivität zeigt dem Benutzer das Video und bietet zusätzlich einige Kennzahlen an um die Funktionsweise des Algorithmus verstehen zu können.

- **Estimated Playback Time:** Hierbei handelt es sich um die, anhand der internen Statistik abgeschätzte, verbleibende Spieldauer in Minuten bezüglich der verbleibenden Akkuleistung.
- **Remaining Video Time:** Hierbei handelt es sich um die verbleibende Dauer des Videos bis zum Ende des Playbacks. In obenstehender Abbildung ist die abgeschätzte Spieldauer kürzer als die verbleibende Videodauer. Dies bedeutet, dass der Client im nächsten Schritt die Komplexität reduzieren wird um mehr Energie zu sparen.
- **Battery Usage per Hour:** Beschreibt den Akkuverbrauch pro Stunde in Prozent.
- **Frames per Second:** Beschreibt die Bildschirmupdaterate (FPS).
- **Complexity Level:** Beschreibt den aktuellen Komplexitätslevel.

6 MobileHEVC – Zusammenfassung

Das Projekt MobileHEVC fokussierte sowohl Forschung als auch Entwicklung eines Proof of Concept Prototyps im Bereich von Power Aware Mobile Video Streaming. In heutigen mobilen Videoanwendungen findet verbreitet die Adaptierung der Videobitrate an die Bandbreite des Netzwerks Anwendung und wurde mit MPEG-DASH auch bereits standardisiert. Aufbauend auf diesen bestehenden Arbeiten wurde ein Konzept für die Adaptierung der Videokomplexität anhand der verfügbaren Akkukapazität des Clientgerätes entwickelt. Dieses Konzept und in weiterer Folge die konkreten Algorithmen wurden auf einem Android Tablet in Form einer Prototypimplementierung in die Realität umgesetzt. Anschließend wurden Messungen und Tests durchgeführt um unsere Annahmen zu verifizieren. Die Tests fielen sehr positiv aus und zeigen eindeutig die Effizienz des entwickelten Systems. Der Client kann anhand der verfügbaren Akkukapazität und anderem, dynamisch erlernten Wissen, selbstständig entscheiden welche Videokomplexität er vom Server bezieht. Anhand dieser Vorgehensweise ist der Client in der Lage bei unzureichender Akkukapazität Energie zu sparen und somit das Playback zu verlängern. Im Regelfall kann damit ein Video bis zum Ende betrachtet werden auch wenn dies ohne Adaptierung nicht möglich wäre. Dies resultiert auf Grund drei sehr wichtiger Faktoren in einer sehr hohen Benutzerzufriedenheit. Erstens, die Qualität des Videos ist ausgezeichnet auf Grund des verwendeten zukunftsorientierten Codierungsstandard HEVC. Zweitens, die Kontinuität des Abspielens des Videos wird auf Grund der Implementierung von MPEG-DASH gewährleistet. Es kann also auf Schwankungen in der Netzwerkbandbreite eingegangen werden und das Video bleibt nicht ungewollt stehen oder beginnt zu ruckeln. Und last but not least kann das Video bis zum Ende abgespielt werden ohne dass sich das Gerät in Mitten eines Videos ungewollt abschaltet weil keine Batterie mehr zur Verfügung steht.

7 Technische Kompetenzen – Projektverlauf und Erlerntes

Als das Projekt gleichzeitig mit Beginn meines Praktikums startete sah ich der ganzen Sache zuerst relativ entspannt entgegen. Mir wurde eine Einarbeitungszeit von zwei bis drei Wochen eingeräumt in der ich mich mit der Materie und den Zielen des Projektes anfreunden sollte. In dieser Eingewöhnungszeit wurde mir vor allem bewusst, dass der Aufwand und die Komplexität dieses Unterfanges zum aktuellen Zeitpunkt ins Unendliche zu reichen schienen. Ein weiteres Problem war, dass niemand in meiner Firma mit den Aufgaben dieses Projekt vertraut war; die meisten Kollegen hatten sozusagen nicht viel mehr Erfahrung als ich selbst. Ich musste mir also einen Großteil in Eigenarbeit aneignen. In dieser Zeit beschäftigte ich mich mit wissenschaftlichen Artikeln und Programmbeispielen im Bereich DASH. Ich testete unterschiedliche Programme und versuchte die Funktionsweise zu verstehen. Als ich mit den Grundlagen vertraut war begann die Einarbeitung in die Applikationsentwicklung basierend auf dem Android Betriebssystem in den Programmiersprachen Java und C/C++. Da ich vorher nur sehr wenig Erfahrung im Bereich Android wie auch in den Programmiersprachen C/C++ hatte, musste ich auch hier sehr viel Neues lernen. Als ich mit den notwendigen Grundlagen vertraut war, war auch schon der erste Monat des Praktikums vorüber. In diesem ersten Monat gelang es mir immerhin den ersten Teil des Systems, den Receiver, fertigzustellen und am mobilen Gerät auszuführen. Im zweiten Monat wurde der Fokus darauf gelegt das sogenannte DASH-Download-Modul (Receiver) mit dem Decoder zu verbinden. Hierzu mussten neue Interfaces definiert werden, da die Basisversion des Decoders dies nicht unterstützte. Das Hauptproblem lag zu Beginn vor allem darin, die Software, welche unter Desktopbetriebssystemen wie Windows oder Linux bereits lauffähig gemacht wurde, auch auf den mobilen Geräten lauffähig zu machen. Dies kostete mich sehr viel Zeit und brachte auch den gesamten Zeitplan durcheinander. Meine Kollegen und Vorgesetzten waren jedoch immer zuversichtlich, dass die Wende bald kommt und es dann relativ rasch voran geht. Nach ca. zwei Monaten war es schlussendlich vollbracht und das Download Modul und der Decoder wurden erfolgreich zusammengefügt, die Schnittstellen wurden programmiert, die Software wurde unter Android kompiliert und war auch lauffähig. Zu diesem Zeitpunkt konnte ein Video von einem Webserver gestreamt und anschließend vom Decoder decodiert werden. Die Darstellung des Videos fehlte jedoch noch. Das decodierte Video wurde zu diesem Zeitpunkt einfach auf den internen Speicher des Android Gerätes gespeichert und konnte zu Testzwecken separat abgespielt werden. Im dritten Monat arbeitete ich vorwiegend an der Verbesserung der Software wie an der Verbindung des decodierten Videos mit dem Display des

Android Gerätes. Nach Ende dieses Monats war es möglich ein Video von dem Webserver zu streamen, zu decodieren und am Display anzuzeigen. Der erste Prototyp des HEVC Video Players war somit geboren. Leider war damit die Arbeit noch lange nicht getan, es wurde gerade erst der Grundstein zur eigentlichen Projektidee gelegt. Zu diesem Zeitpunkt wurde vom höheren InterDigital Management die Wichtigkeit des Projekts erkannt und es konnten auch bereits erste Fortschritte vorgelegt werden. Aus diesem Grund wurde ein externer Mitarbeiter in das Team geholt (bis zu diesem Zeitpunkt arbeitete ich komplett alleine an der Umsetzung des Projekts). Dieser arbeitete von Indien aus gemeinsam mit mir an diesem Projekt. Im Wesentlichen beschäftigte er sich bis zum Ende des Projekts mit der Optimierung des Decoder Moduls. Der Grund dafür war, dass die Abspielgeschwindigkeit bei hohen Auflösungen viel zu langsam war. Ich konnte mich in weiterer Folge also mehr auf die für mich wesentlichen Aufgaben konzentrieren. Gegen Ende Dezember war bereits ein anschaulicher Prototyp entstanden. Dieser beinhaltete auch bereits einen einfachen Ansatz von Power Awareness, was der Fokus dieses Projekts war. Die ersten Tests fielen sehr positiv aus auch wenn noch viele Kleinigkeiten ausgebessert werden mussten. Der Prototyp wurde Anfang Jänner 2013 auf der Consumer Electronics Show (CES) in Las Vegas von Mitarbeitern unserer Firma vorgestellt und wurde von Vertretern von Forschung und Wirtschaft als vielversprechendes Projekt aufgenommen. Bei dieser Veranstaltung handelt es sich um eine der bekanntesten Technologie Messen der Welt. Dies war der bisher größte Erfolg unseres kleinen Teams. Anschließend an die CES wurde eifrig weitergearbeitet. Das große Ziel des Projekts war jedoch von Anfang an die Fertigstellung bis zum Ende meines Praktikums im Februar 2013. In den letzten zwei Monaten wurde ein weiteres Mitglied unserem Team zugeordnet und mein offizieller Praktikumsbetreuer arbeitete auch intensiv an dem Projekt mit. Unser Team erreichte das Ziel einen wirklich vorzeigereifen Prototyp bis zum Ende meines Praktikums fertigzustellen. Da ich einen großen Teil dieser Arbeit erledigte und dies auch von meiner Chefin und dem höheren Management des Unternehmens sehr oft betont wurde erfüllt mich dieser Erfolg mit großem Stolz.

Zum Abschluss des Projektes wurde noch ein wissenschaftlicher Artikel für die IEEE International Conference on Multimedia and Expo von meinem Betreuer und mir verfasst. Dieser wurde kurz vor meinem letzten Arbeitstag eingereicht. Wird der Artikel akzeptiert darf ich eventuell im Sommer 2013 auf Kosten der Firma zu der Konferenz nach San Jose, CA, fliegen und das Projekt dort vorstellen. Ebenfalls möchte ich erwähnen, dass zwei US Patente von InterDigital eingereicht wurden auf welchen ebenfalls mein Name als Mitautor aufscheinen wird (sollten sie akzeptiert werden, was zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht feststeht).



Zusammenfassend kann ich sagen, dass ich mich in den letzten sechs Monaten in unzähligen Bereichen der Informatik weitergebildet habe, sehr viel Wissen vertieft habe und sehr viele komplett neue Sachen lernen durfte. Um einige Beispiele beim Namen zu nennen: Android Applikationsentwicklung mit SDK und NDK, C/C++ Programmierung, Programmieretechniken, Projektplanung, Streaming Technologien, DASH, HEVC Codierung und Decodierung, OpenGL, Review und Mitwirkung an wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Vieles mehr.

8 Soziale Kompetenzen – Arbeit und Freizeit in der USA

Natürlich erwirbt man neben dem äußerst wichtigen fachlichen Wissen und beruflicher Erfahrung auch eine Menge von neuen sozialen Fähigkeiten wenn man sich auf die Reise in ein fremdes Land begibt. Vergleicht man das Berufsleben von Österreich mit dem Amerikanischen so fielen mir sehr viele Unterschiede auf. Zum einen war die Vielfalt unterschiedlicher Nationen in meiner Firma sehr groß. Es ist sehr interessant mit Leuten unterschiedlicher Altersgruppen über die Unterschiede der jeweiligen Herkunft zu sprechen. Dabei konnte ich mit Leuten aus den USA, Korea, China, Indien, Israel und einigen weiteren Nationalitäten in Kontakt treten. Zusätzlich baute ich langfristige berufliche Kontakte zu Personen in aller Welt auf was sich in der heutigen, globalisierten Welt sicher noch als Vorteil herausstellen könnte. Eine der Barrieren in der Zusammenarbeit mit Kollegen unterschiedlicher Herkunft ist mit Sicherheit die Sprache. Meetings sind sehr oft weit komplizierter in einem internationalen Unternehmen als ich dies von österreichischen Firmen gewohnt war. Mit der Zeit gewöhnt man sich jedoch daran und man kommt auch mit den unterschiedlichsten Akzenten der Kollegen ganz gut klar und kann sich gut verständigen.

Abgesehen von der Internationalität unterscheidet sich die amerikanische Arbeitswelt, wie ich sie erlebt habe, auch in weiteren Punkten essentiell von der österreichischen Arbeitseinstellung. Das Arbeiten in sogenannten Cubicals (relativ kleine, offen gehaltene Quadrate, welche als Büro dienen) ist selbst für Leute mit einem Dokortitel selbstverständlich. Eigene Büros bekommt man erst wenn man sich längerfristig in dem Unternehmen etabliert hat und eine höhere Position einnimmt. Der akademische Grad an sich wird in den USA meist in den Hintergrund gestellt. Das finde ich persönlich jedoch sehr gut, da somit nicht auf den Titeln herumgeritten wird, wie es in der Heimat sehr oft der Fall ist.

Die Arbeitseinstellung der Mitarbeiter unterscheidet sich auch drastisch von der österreichischen. Prinzipiell arbeiteten die meisten Kollegen 9-11 Stunden täglich. Hierfür wird jedoch keine Bezahlung, Zeitausgleich oder Ähnliches als Gegenleistung erwartet. „Es zählt das Resultat und nicht wie lange man benötigt um das Ergebnis zu erreichen“, sagte mir einst mein Betreuer. Auch vom sogenannten PTO (paid time off) hatten die Mitarbeiter nur sehr wenig zur Verfügung. Ich als Praktikant hatte keinen einzigen bezahlten Urlaubstag in den gesamten sechs Monaten zur Verfügung. Ich bin zwar ein sehr ehrgeiziger Mensch, halte von diesem System jedoch nicht ganz so viel, ein paar Urlaubstage sollten auch für einen Praktikanten drin sein. Ich bin froh, dass ich die offiziellen Feiertage nicht arbeiten musste, jedoch wurden mir diese Tage von meinem Gehalt abgezogen. In dieser Arbeitswelt wurde mir sehr schnell klar, wie gut es österreichische Arbeitnehmer haben.

Einen weiteren Aspekt den ich als sehr positiv in Erinnerung habe sind das Zusammenleben und die Kooperation am Arbeitsplatz. Ausnahmslos alle Kollegen sind überaus freundlich, hilfsbereit und zuvorkommend. Jeder hilft den anderen so gut es geht und Respekt vor den Kollegen steht an erster Stelle.

Dieses, für österreichische Verhältnisse überdurchschnittlich hohe Maß an Freundlichkeit und Höflichkeit, findet sich auch im Privatleben wieder. Egal ob man im Supermarkt einkauft, ein Amt aufsuchen muss, telefonisch mit einem Versicherungsvertreter in Kontakt tritt oder sich einfach nur mit dem Sicherheitspersonal am Parkplatz unterhält, absolut jeder erschien mir in den USA als sehr höflich.

Da ich in meiner USA Zeit zum ersten Mal nicht mehr im Elternhaus, sondern in einer eigenen Wohnung lebte, konnte ich sehr viele weitere Kompetenzen erwerben und wurde bestimmt um einiges „erwachsener“. Ich bin sehr selbstständig geworden und kam mit allen Aufgaben, welche einem das Leben stellt, sehr gut zurecht. Diese Erfahrungen kann ich für mein gesamtes Leben mitnehmen. Es gibt nun nicht mehr viele Situationen, die mich im Alltag erschrecken könnten. Wenn man sein erstes eigenes Zuhause so weit entfernt von der Heimat aufbauen muss, in einem Land wo man nichts und niemanden kennt und zu Beginn nichts besitzt außer zwei Koffern und einen Laptop, so werden auch in Österreich nicht mehr viele Probleme aufkommen, die sich nicht bewältigen lassen würden.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass es sehr viel Arbeit ist sich ein ganzes Leben alleine in einem fremden Land aufzubauen und nach sechs Monaten wieder komplett aufzulösen. Ich sehe den gesamten Aufwand im Nachhinein jedoch als sehr positiv und bin froh diese Erfahrungen gemacht zu haben.

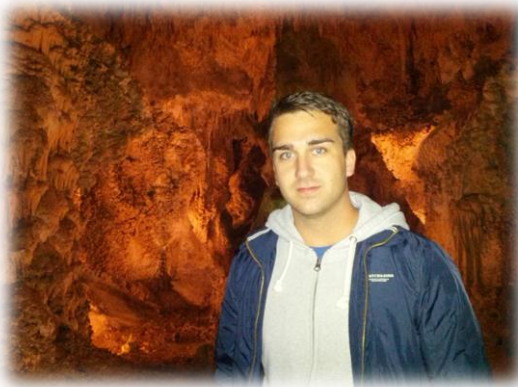
9 Freizeitgestaltung, Urlaube und Ausflüge

Um die Wochenenden und Feiertage optimal zu nutzen habe ich so gut wie jeden freien Tag für Freizeitaktivitäten genutzt. Ich wollte so viel wie möglich von den USA erleben und habe dies im Rahmen des Möglichen meiner Meinung nach auch gut umgesetzt. Wie es sich für Kalifornien gehört habe ich in den Sommermonaten natürlich die unterschiedlichsten Strände entlang der Küste aufgesucht. Zwei Wochenenden verbrachte ich damit einen Surf-Kurs für Anfänger zu absolvieren, was meiner Meinung nach eine der schönsten Sportarten ist, die ich je ausprobiert habe. Um gleich beim Sport zu bleiben, ich besuchte im Laufe meines Aufenthalts Spiele aller vier großen Sportarten der USA. Dazu zählen Baseball (MLB), Basketball (NBA), American Football (NFL) und Eishockey (NHL). Die Preise hierfür sind extrem hoch, jedoch hatte es sich bei jedem Spiel ausgezahlt diese Atmosphäre einmal miterlebt zu haben. Vor allem das Eishockey Spiel hat mir sehr gut gefallen, da ich auch ein großer Fan des österreichischen Eishockeys bin.

In San Diego besuchte ich so gut wie alle Touristenattraktionen, die die Stadt zu bieten hat. Dazu zählten unter anderem der San Diego Zoo, der San Diego Safari Park, Sea World, Oldtown, Downtown und das USS Midway Museum. Bei letzteren handelt es sich um einen ehemaligen Flugzeugträger der US Navy, welcher als Museum im Hafen von San Diego liegt und besucht werden kann.



Ende Oktober 2012 unternahm ich einen drei Tage langen Trip nach New Mexico. Ich flog von San Diego über Phoenix nach Albuquerque. Dort traf ich mich mit ein paar Freunden von zu Hause, welche ein Auslandssemester an der University of New Mexico absolvierten. Wir, eine Gruppe von internationalen Studierenden aus aller Welt, nutzten die folgenden drei Tage für einen Roadtrip durch New Mexico. Dabei besuchten wir die, für den angeblichen UFO Absturz bekannte Stadt Roswell. Unser nächstes Ziel waren die Carlsbad Caverns. Hierbei handelt es sich um einen Nationalpark und eine der größten Tropfsteinhöhlen der Welt. Die Erkundung der Haupthalle in der Höhle dauerte ca. zwei Stunden und es war wirklich sehr beeindruckend. Als nächstes Ziel visitierten wir einen weiteren Nationalpark an, White Sands National Monument. Dieser liegt in der Nähe von Santa Cruz. Es handelt sich hierbei um eine schneeweiße Wüste, welche ebenfalls sehr schön anzusehen ist. Leider war die Zeit auch wieder viel zu schnell um und wir mussten uns beeilen um rechtzeitig in Albuquerque anzukommen, ich musste ja meinen Rückflug nach Kalifornien erwischen und am nächsten Tag wieder im Büro erscheinen.



Im November 2012 besuchten mich meine Eltern für 12 Tage. Leider hatte ich nicht so viele freie Tage zur Verfügung wie ich gerne gehabt hätte. Die Zeit hat aber dennoch gereicht um gemeinsam einige Attraktionen in San Diego, das California Disney Land Resort in Anaheim sowie Los Angeles zu besuchen. In L.A. sahen wir uns gemeinsam das Hollywood Zeichen, den berühmten Walk of Fame am Hollywood Boulevard sowie das Wachsfigurenkabinett Madame Tussauds Hollywood an. Den letzten Abend des Aufenthalts meiner Eltern verbrachten wir noch im Hard Rock Cafe San Diego bei einem gemeinsamen, amerikanischen Abendessen.



Die mit Abstand ereignisreichste Reise unternahm ich gemeinsam mit meiner Freundin, welche mich für drei Wochen über die Weihnachtszeit und Neujahr besuchte. Auch in dieser Zeit musste ich leider einige Tage im Büro verbringen und meine Freundin erkundigte in der Zwischenzeit San Diego. Nichtsdestotrotz starteten wir am 22. Dezember 2012 einen unvergesslichen USA Roadtrip. Wir starteten in San Diego und fuhren mit dem Auto entlang dem bekannten Highway 1 an der Pazifikküste nach San Francisco. Die Fahrt dauerte inklusive Stopps ca. 14 Stunden. Die Aussichtspunkte, welche der Highway 1 an der Küste zu bieten hat waren jedoch jede einzige Minute davon wert. In San Francisco angekommen besuchten wir alle Sehenswürdigkeiten, welche San Francisco anbietet. Unter anderem waren dies Downtown mit der Transamerica Pyramide, Chinatown, das mittlerweile geschlossene Hochsicherheitsgefängnis Alcatraz, die Golden Gate Bridge, den von Seelöwen bewohnten Pier 39 im Hafen sowie den Muir Woods Nationalpark, welcher für seine riesigen Mammutbäume bekannt ist. Die Fahrt ging nun weiter in Richtung Los Angeles, wobei wir einen Zwischenstopp an der bekannten Stanford University einlegten und uns die Uni genauer ansahen. In L.A. sahen wir uns (den für mich bereits bekannten) Walk of Fame sowie das Hollywood Zeichen an. Danach besuchten wir die beiden weltberühmten Filmstudios Universal und Warner Bros, welche die Hauptattraktionen von L.A. sind. Einen weiteren Tag nutzten wir noch um einen der größten Achterbahnvergnügungsparks der Welt, Six Flags Magic Mountain, zu besuchen und hatten sehr viel Spaß. Die Reise ging nun weiter nach Las Vegas und wir überquerten somit die Grenze von Kalifornien in Richtung Nevada. Wir erkundeten zwei Tage lang die Stadt der weltbekanntesten Hotels und Casinos und waren begeistert, welche Bauwerke hier mitten in der Wüste von den Architekten errichtet wurden. Ein aufregendes Erlebnis war auch Silvester am Las Vegas Strip mitzuerleben. Zig tausende Menschen tummelten sich auf dieser Straße und fieberten dem neuen Jahr entgegen. Dieses wurde mit einem gigantischen Feuerwerk eingeleitet. Einen weiteren Tagesausflug nutzten wir um den Hoover Staudamm sowie den Grand Canyon zu besuchen (befindet sich beides in Arizona). Wenn man am Abgrund des Grand Canyons steht und in die 1,2km tiefe Schlucht hinuntersieht (ohne Absperrungen!) bekommt man ganz weiche Knie. Diese beiden Sehenswürdigkeiten sind wirklich gigantisch und rundeten die gesamte Reise ideal ab. Am Weg zurück nach San Diego überquerten wir noch die historisch bekannte Route 66 und landeten schlussendlich wieder sicher in San Diego. Insgesamt waren wir 11 Tage unterwegs, durchquerten insgesamt drei amerikanische Staaten und legten ca. 3.500km mit dem Auto zurück.



10 Abschluss – Die Rückkehr nach Österreich

Gegen Ende meines Aufenthalts in Kalifornien, welcher sowohl im beruflichen als auch im privaten Sinne sehr erfolgreich war, freute ich mich trotz allem wieder auf die Heimat. Man vermisst einfach Familie, Freunde, die gewohnte Umgebung, das gute Essen und das klare Leitungswasser. Ähnlich wie auch bei der Ankunft hatte ich sehr viele Erledigungen zu machen. Es war nun natürlich alles schon viel einfacher, da man mit dem Leben hier bereits vertraut ist. Zu den Dingen, welche erledigt werden mussten zählten die Kündigungen von Wohnung, Internet, Strom, Gas, Autoversicherung und Haushaltsversicherung. Natürlich musste ich auch mein erworbenes Auto wieder verkaufen und für die letzten paar Tage auf ein Mietauto umsteigen (ohne ein Auto ist es in der USA auf Grund der großen Distanzen sehr schwer klarzukommen). Eine weitere Aufgabe war der sogenannte Tax Refund, der amerikanische Lohnsteuerausgleich. Dieser kann online durchgeführt werden, ist jedoch um einiges umfangreicher und komplizierter als die österreichische Variante. Nach einigen Schwierigkeiten konnte auch diese Aufgabe abgeschlossen werden. Das US Bankkonto lies ich vorerst noch offen um meine letzten monatlichen Zahlungen von zu Hause aus tätigen zu können. Dieses werde ich telefonisch nach einiger Zeit schließen lassen wenn alle finanziellen Geschäfte endgültig abgeschlossen sind.

In der Arbeit wurden die letzten Tage vorwiegend dafür genutzt eine ausführliche Dokumentation der durchgeführten Arbeit zu erstellen und eine Präsentation für meine Kollegen zu halten in welcher das Projekt im Detail vorgestellt wurde. Nebenbei wurde ich auch von meinen Kollegen zu einem „Farewell Lunch“ eingeladen. Somit konnte ich mich gut von meinen netten Arbeitskollegen verabschieden. Natürlich wurden auch Kontaktinformationen ausgetauscht und dank der modernen Jobportale im Internet ist es auch sehr einfach mit ehemaligen Kollegen in Kontakt zu bleiben. Am 23. Februar 2013 werde ich meine Heimreise antreten und eine aufregende Ära geht somit zu Ende. Um 21:10 Ortszeit geht es von San Diego über London und München nach Graz. In Klagenfurt angekommen werde ich mir eine Woche Auszeit zur Erholung gönnen. Anschließend werde ich am 04.03.2013 wieder in meinen Job an der Universität Klagenfurt einsteigen und gleichzeitig das voraussichtlich letzte Semester meiner Informatik und Informationsmanagement Studien beginnen.

11 Resümee – Hat sich das Auslandspraktikum gelohnt?

Um diese Frage kurz und bündig zu beantworten: „Ja, es hat sich gelohnt!“. Ich habe auf jeden Fall sowohl beruflich als auch privat sehr stark aus dem Auslandspraktikum profitiert. Ich durfte eine für mich neue Welt kennenlernen und musste mich in dieser behaupten. Im Nachhinein kann ich mit Stolz sagen, dass ich dieser Aufgabe gewachsen war. Das Erlernte in der Firma wird mir auf meinem beruflichen Werdegang sicherlich noch sehr oft zu Gute kommen. Ebenfalls wird das Wissen über die amerikanischen Unternehmen und deren Abläufe und Prozesse in meinem Berufsleben immer wieder relevant sein. Auch privat hat dieses Praktikum sehr positiv zu meiner Entwicklung beigetragen, da es für mich das erste Mal war, dass ich aus meinem Elternhaus ausgezogen bin. Ich wurde also direkt ins kalte Wasser geschmissen und musste mir ein Leben in einem fremden Land, ohne Freunde, Familie oder sonstigen Hilfestellungen aufbauen. Diese Aufgabe war eine der größten Herausforderungen

meines Lebens und wird mir mit Sicherheit mein zukünftiges Leben in Österreich um einiges leichter erscheinen lassen.

Zusammenfassend bin ich sehr froh, dass ich die Möglichkeit wahr nahm und das Praktikum in den USA für sechs Monate absolvierte. Ich bin stolz auf meine Erfolge und nehme sehr viel neues Wissen mit nach Hause. Des Weiteren wurde mir auch klar, dass Österreich mein Zuhause ist und vermutlich auch für einige weitere Jahre bleiben wird. Ich habe trotz aller Aufregung und toller Sachen die ich erleben durfte die Heimat immer sehr stark vermisst und bin fürs erste glücklich wieder heim zu kehren.

Sollten Sie zusätzliche Fragen über meine Zeit in den USA oder über das Projekt haben zögern Sie bitte nicht mich zu kontaktieren. Wenn Sie sich über mich erkundigen wollen können Sie gerne meine Managerin Yan Ye (Yan.Ye@InterDigital.com) oder meinen Betreuer Yuwen He (Yuwen.He@InterDigital.com) kontaktieren.

Abschließend möchte ich mich noch einmal herzlich für die Unterstützung durch das Stipendium bedanken, welches mir all dies ermöglicht und die finanzielle Belastung, in dem durchaus relativ teuren San Diego, etwas erleichtert hat. Auf Grund des Stipendiums durfte ich all diese Erfahrungen machen, welche mir sowohl beruflich als auch privat mein ganzes Leben lang zu Gute kommen werden.