

Master Individual Project

**Determining the Compatibility of the Network Functions of the 5G Core Implementations -Open Air Interface and Open5GS**

Submitted by: / Eingereicht durch:

First examiner: / Erstprüfer:

Second examiner: / Zweitprüfer:

Date of start: / Startdatum:

Date of submission: / Abgabedatum:

Statement

I confirm that I have written this thesis on my own. No other sources were used except those referenced. Content which is taken literally or analogously from published or unpublished sources is identified as such. The drawings or figures of this work have been created by myself or are provided with an appropriate reference. This work has not been submitted in the same or similar form or to any other examination board.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Date, signature of the student

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht. Die Zeichnungen oder Abbildungen dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen. Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Datum, Unterschrift des Studierenden

Content / Inhalt

[**1**](#_30j0zll) **Introduction / Einführung 4**

[**2**](#_1fob9te) **Theoretical Background / Theoretischer Hintergrund 5**

[2.1](#_3znysh7) Theoretical Background / Theoretischer Hintergrund 5

[2.1.1](#_2et92p0) Heading Third Order / Überschrift dritter Ordnung 5

[2.2](#_tyjcwt) Figures / Bilder 6

[2.2.1](#_3dy6vkm) Self-created Figures/Drawings / Selbst erstellte Bilder/Zeichnungen 7

[2.2.2](#_1t3h5sf) Screenshots 7

[2.3](#_4d34og8) Tables / Tabellen 7

[2.4](#_2s8eyo1) Tips for Numbering of Figures and Tables / Tipps zur Nummerierung von Bildern und Tabellen 8

[2.5](#_17dp8vu) The Size of Bachelor and Master Thesis / Der Umfang von Bachelor- und Masterarbeiten 8

[2.6](#_3rdcrjn) Literature and References / Literaturverzeichnis und Referenzen 9

[**3**](#_26in1rg) **Requirements Analysis / Anforderungsanalyse 14**

[3.1](#_lnxbz9) General Objectives / Generelle Zielsetzung 14

[3.2](#_35nkun2) Clarifying the Requirements / Klärung der Anforderungen 14

[3.3](#_1ksv4uv) Time frames / Zeitliche Rahmenbedingungen 15

[3.4](#_44sinio) Target State / Target Objective / Zielzustand / Angestrebtes Ziel 16

[3.5](#_2jxsxqh) Use Cases for the Prototype / Anwendungsfälle für den Prototyp 17

[**4**](#_z337ya) **Realisation / Realisierung 20**

[**5**](#_3j2qqm3) **Summary and Perspectives / Zusammenfassung und Ausblick 21**

[**6**](#_1y810tw) **Abbreviations / Abkürzungen 22**

[**7**](#_4i7ojhp) **References / Referenzen 23**

[**8**](#_2xcytpi) **Appendix / Anhang 24**

# Introduction / Einführung

Welcome to your thesis in the Laboratory for Telecommunications Networks of Frankfurt University of Applied Sciences! This Word document contains some information for your thesis and also serves as a template for dealing with headlines and highlights, the titling of images and tables as well as for the use of abbreviations and references.

Scientific texts are basically never written in first person ("I have chosen the program XY ...", "In my thesis ..."). Better is: "The program XY has been chosen...", "In this thesis ..." etc.

The use of the imperative or the second person ("Push the button ...") is limited to specific instructions in the chapter Realisation.

The names of the main chapters in the table of contents are always the same (see table of contents). The chapters are named as followed:

1. Introduction
2. Theoretical Background
3. Requirements Analysis
4. Realisation
5. Summary and Future Perspectives
6. Abbreviations
7. References

Herzlich Willkommen zu Ihrer Abschlussarbeit im Labor für Telekommunikationsnetze der Frankfurt University of Applied Sciences! Dieses Word-Dokument enthält einige Hinweise für die schriftliche Ausarbeitung Ihrer Abschlussarbeit und dient gleichzeitig als Vorlage für den Umgang mit Überschriften und Hervorhebungen, das Betiteln von Bildern und Tabellen sowie für das Verwenden von Abkürzungen und Quellenangaben.

Wissenschaftliche Texte werden grundsätzlich niemals in der ersten Person („Ich habe das Programm XY gewählt …“, „In meiner Abschlussarbeit …“) geschrieben. Besser ist: „Es wurde das Programm XY gewählt …“, „In dieser Abschlussarbeit …“ etc.

Die Verwendung der Befehlsform bzw. der zweiten Person („Betätigen Sie die Schaltfläche …“) beschränkt sich auf konkrete Anweisungen im Rahmen des Kapitels *Realisierung*.

Die Hauptkapitel im Inhaltsverzeichnis tragen immer dieselbe Bezeichnung (siehe Inhaltsverzeichnis). Die Kapitel sind folgendermaßen bezeichnet:

1. Einführung
2. Theoretischer Hintergrund
3. Anforderungsanalyse
4. Realisierung
5. Zusammenfassung und Ausblick
6. Abkürzungen
7. Referenzen

# Theoretical Background / Theoretischer Hintergrund

Each chapter (= chapter heading of the first order) starts on a new page. Each chapter begins with a new number (e.g. 2 Theoretical Background). All others are sections (e.g. 2.1 or 2.1.1).

The theoretical background and the required technologies are content of this chapter. It is not allowed that the theoretical background of a topic is copied-and- pasted from other sources. **Only the parts that are relevant for this work, have been specially adapted by the student and are therefore not found in other sources in this form, are described in this chapter.** For a general description of a technology it is sufficient to cite the relevant source.

Jedes Hauptkapitel (= Kapitel mit Überschrift erster Ordnung) beginnt auf einer neuen Seite. Jedes Kapitel beginnt mit einer neuen Nummer (z.B. 2 Theoretischer Hintergrund). Alle weiteren Unterkapitel werden als Abschnitte bezeichnet ( z.B. 2.1 oder 2.1.1 ).

Inhaltlich werden in diesem Kapitel die theoretischen Grundlagen und die benötigten Technologien erläutert. Es ist nicht erlaubt, dass die theoretischen Grundlagen eines Themas einfach aus anderen Quellen abgeschrieben werden. **Nur die Teile, die für diese Arbeit relevant sind und speziell vom Studierenden dafür angepasst wurden, also nicht in anderen Quellen in dieser Form zu finden sind, werden hier beschrieben.** Für eine allgemeine Beschreibung einer Technologie reicht es, die entsprechende Quelle anzugeben.

## Theoretical Background / Theoretischer Hintergrund

### Heading Third Order / Überschrift dritter Ordnung

#### Heading third order

#### Please use only headlines up to the third order. Therefore, only headlines up to third level are represented in the table of contents. It is recommended to use the default Word formats for headers. This will simplify the creation of the table of contents enormously.

#### This is standard text. Highlighting can be made bold, *italics* or alternatively, by underlining. However, accentuations should generally be used sparingly. Standard text has to be written in justified print, font Times, font size 10, 1-spaced.

#### Überschrift dritter Ordnung

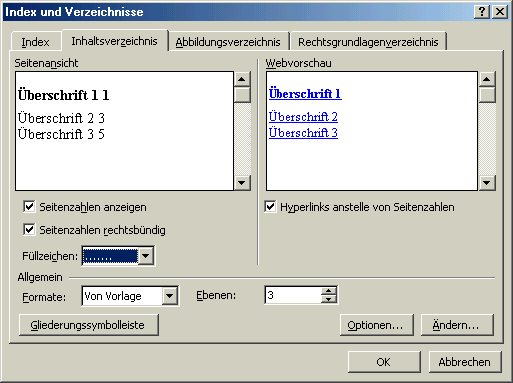
Bitte nur Überschriften bis maximal zur dritten Ordnung verwenden. Daher werden auch nur Überschriften bis zur dritten Ordnung im Inhaltsverzeichnis geführt. Es empfiehlt sich, die Word-Formatvorlage für Überschriften zu verwenden. Dadurch wird das Erstellen des Inhaltsverzeichnisses enorm vereinfacht.

Dies ist Standardtext. Hervorhebungen können **fett** oder *kursiv* erfolgen, ggf. auch durch Unterstreichungen. Allerdings sollten Hervorhebungen generell sparsam verwendet werden. Standardtext ist im Blocksatz zu schreiben, Schrifttyp Times, Schriftgröße 10, 1-zeilig.

## Figures / Bilder

A figure is always provided with a caption underneath with a short but precise description of the figure. The caption is written in italics and begins with the word “Figure”, followed by a number. This is created based on the number of the current main chapter heading and, separated by a dot, a sequential number in the current main chapter (see caption to Figure 2.1).

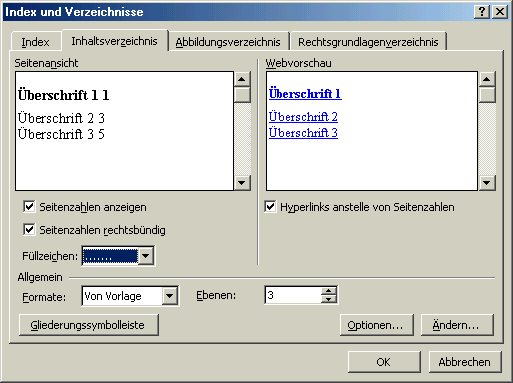
Each figure must be mentioned and explained in the text. The figure must be mentioned first in the text above the picture.



*Figure 2.1: A short but precise description*

Ein einzufügendes **Bild** wird grundsätzlich mit einer **Unterschrift** versehen, die das Bild kurz aber präzise beschreibt. Die Bildunterschrift wird in kursiver Schrift ausgeführt und beginnt mit dem Wort *Bild*, dem eine Nummer folgt. Diese setzt sich zusammen aus der Nummer der aktuellen Hauptkapitelüberschrift und einer durch einen Punkt abgetrennten laufenden Nummer im aktuellen Hauptkapitel (siehe Bildunterschrift zu Bild 2.2).

Jedes Bild muss im Text genannt und erläutert werden. Hierbei erfolgt die erste Nennung der Bildnummer im Text oberhalb des Bildes.



*Bild 2.2: Eine kurze aber präzise Beschreibung*

### Self-created Figures/Drawings / Selbst erstellte Bilder/Zeichnungen

It is recommended to create figures and drawings for the thesis with MS PowerPoint or MS Visio. Store the figures created by PowerPoint or Visio in the appropriate format and in a safe place! Normally, don´t copy and paste figures only e.g. to describe a software installation procedure with screenshots. Figures just copied from other publications are not accepted.

Es wird empfohlen, die in die Master-, Bachelorarbeit einzufügenden Zeichnungen mit MS PowerPoint oder MS Visio zu erstellen. Speichern Sie das erstellte Bild im jeweiligen Format ab und bewahren Sie Ihre Dateien sorgfältig auf. Normalerweise dürfen Sie Bilder nicht mit „Copy and Paste“ erstellen, außer z.B. um einen Software-Installationsablauf mit Screenshots zu beschreiben. Aus anderen Veröffentlichungen einfach kopierte Zeichnungen werden nicht akzeptiert.

### Screenshots

Creating screenshots in Windows is pretty simple. With the key combination <Alt> + <Print> the active window can be captured. Thereafter, the image is available in the clipboard and can be added, edited and stored in any conventional image editing programs (e.g. Paint). Afterwards the picture can be inserted into Word.

In some cases it may be useful to capture the contents of the entire screen (not just a single window). Press the <Print> key and then paste the image into an image editing program.

Advantageously also the Snipping Tool could be used.

Das Erstellen von Screenshots ist unter Windows recht einfach. Soll das gerade aktive Fenster als Bild verwendet werden, benutzen Sie die Tastenkombination <Alt> + <Druck>. Danach liegt das Bild in der Zwischenablage vor und kann in jedem üblichen Bildbearbeitungsprogramm (z.B. Paint) eingefügt, bearbeitet und abgespeichert werden. Danach kann das Einfügen des betreffenden Bildes in Word erfolgen.

In Einzelfällen kann es sinnvoll sein, den Inhalt des kompletten Bildschirms (also nicht nur ein einzelnes Fenster) als Bild zu speichern. Drücken Sie die Taste <Druck> und fügen Sie das Bild in ein Bildbearbeitungsprogramm ein.

Vorteilhafterweise kann auch das Snipping Tool verwendet werden.

## Tables / Tabellen

Unlike figures, **tables** have no captions but a **headline**. The numbering of tables is performed according to the same principle as the numbering of figures. However, the numbering of figures and tables are independent of one another. There can bea Figure 2.1 as well as a Table 2.1 (see headline of Table 2.1).

*Table 2.1: General Structure of a Master or Bachelor thesis*

|  |  |
| --- | --- |
| **Chapter number** | **Chapter name** |
| 1 | Scope of work |
| 2 | Theoretical background |
| 3 | Requirement analysis |
| 4 | Realisation |
| 5 | Summary and future prospective |
| 6 | Abbreviations |
| 7 | References |

Im Gegensatz zu Bildern haben **Tabellen** keine Unterschrift, sondern eine **Überschrift**. Die Nummerierung von Tabellen erfolgt nach demselben Prinzip wie die Nummerierung von Bildern. Allerdings erfolgen die Nummerierungen von Bildern und Tabellen unabhängig voneinander. Es kann also sowohl ein Bild 2.1 als auch eine Tabelle 2.1 geben (siehe Überschrift zu Tabelle 2.1).

*Tabelle 2.2: Generelle Gliederung einer Abschlussarbeit*

|  |  |
| --- | --- |
| **Kapitelnummer** | **Kapitelname** |
| 1 | Aufgabenstellung |
| 2 | Theoretische Grundlagen |
| 3 | Anforderungsanalyse |
| 4 | Realisierung |
| 5 | Zusammenfassung und Ausblick |
| 6 | Abkürzungen |
| 7 | Literatur und Quellen |

## Tips for Numbering of Figures and Tables / Tipps zur Nummerierung von Bildern und Tabellen

Word provides functionality for the automatic numbering of figures and tables. This can avoid issues with the numbering of figures and tables, which are subsequently inserted into the current text or removed from the current text. It is also possible to use table numbers or figure numbers in the text as a link. In this case, the numbering of figures or tables changes automatically when changing the number of captions or the table heading. Use the Word Help for more information.

Word stellt Funktionen für das automatisierte Nummerieren von Bildern und Tabellen zur Verfügung. Hiermit lassen sich Probleme mit der Nummerierung umgehen, die entstehen, wenn ein Bild nachträglich in den laufenden Text eingefügt oder aus dem laufenden Text entfernt werden soll. Es ist auch möglich, Bild- bzw. Tabellennummern im Text als Link einzusetzen. In diesem Fall ändert sich die Nummerierung der Bilder bzw. Tabellen im Text automatisch mit, wenn sich die Nummer der Bildunter- bzw. der Tabellenüberschrift ändert. Verwenden Sie die Word-Hilfe für weitere Informationen.

## The Size of Bachelor and Master Thesis / Der Umfang von Bachelor- und Masterarbeiten

The required minimum size of a thesis depends on the type of the thesis. A bachelor thesis should target a minimum size of 40 pages and a master thesis a minimum size of 80 pages, each without appendix.

Der geforderte Mindestumfang von Abschlussarbeiten hängt von der Art der Abschlussarbeit ab. Bei Bachelorarbeiten wird mindestens ein Umfang von 40 Seiten und bei Masterarbeiten ein Umfang von mindestens 80 Seiten, jeweils ohne Anhang, erwartet.

## Literature and References / Literaturverzeichnis und Referenzen

For the references in bachelor or master theses the so-called Harvard style is used (Bahr und Frackmann, 2011; Pear and Shields, 2008; University of Plymouth, 2015). In Harvards style, the information is declared in the following order:

• Creator/author

• Year of publication

• Title of information

• Tracing information

References within the text include paraphrasing as well as making direct quotations. You need to note the author’s surname, followed by the year of publication (Bloggs, 2006) and, for a direct quotation, the page number e.g. (Bloggs, 2006: 12). Additional examples: (IETF RFC 5022, 2007), (3GPP TS 23.228, 2006).

Where you are citing more than one work published by an author in one year you add a lower case letter after the year e.g. (Bloggs, 2006a).

If two authors are stated in the publication, give the surnames of both authors e.g. (Bloggs and Smith, 2006).

If there are three or more authors, give the surname of the first followed by et al e.g. (Bloggs et al, 2006).

If two or more authors have the same surname the first letter from the first name is added to the reference: e. g. (Badach, A., 2015: 19) respectively (Badach, H., 2004: 34).

The full details of sources are given in the list of references at the end. In the list of references all sources are listed in alphabetical order, sorted by the name of the authors.

Book:

1. Surname and initials of author(s)

2. Year of publication (in brackets):

3. Title of book (in italics),

4. Edition (omit if first edition),

5. Place of publication:

6. Publisher.

E.g.

Clark, A. and Moss, P. (2001): *Listening to young children*: *the Mosaic Approach,* London: National Children’s Bureau.

Cohen, L., Manion, L. and Morrison, K. (2007): *Research methods in education,* 6th ed, London: Routledge.

If you have accessed a book or report on-line (on the WWW), you should reference it as a book but add further details to assist in tracing.

E.g.

Department for Education and Skills (2006*)*: *The five year strategy for children and learners: maintaining the excellent progress,* London: DFES [online]

http://www.dfes.gov.uk/publications/5yearstrategyprogress/index.shtml [accessed 12 January 2007].

Article in journal or newspaper

1. Surname and initials of author(s)

2. Year of publication (in brackets):

3. Title of article,

4. Title of journal/newspaper (in italics),

5. Volume number

6. Part number (in brackets),

7. Page number(s).

E.g.

Hall, K. (2001): An analysis of primary literary policy in England using Barthes’ notion of 'readerly' and 'writerly' texts, *Journal of Early Childhood Literacy*, vol 1(pt 2), pp 153-165.

Sheehy, K. (2005): Morphing images: a potential tool for teaching word recognition to children with severe learning difficulties, *British Journal of Educational Technology,* vol 36(pt 2), pp 293-301.

Lehmann, A. et al (2008): NGN und Mehrwertdienste – Geschäftsmodelle und Szenarien, *NTZ,*  01/2008, vol 61(pt 1), pp 22-25.

RFC Standard

1. Author

2. Year of publication (in brackets):

3. Title of RFC (in italics),

4. Publisher.

E.g.

IETF RFC 5022 (2007): *Media Server Control Markup Language (MSCML) and Protocol*, IETF

3GPP TS 23.228 V5.15.0 (2006), Technical Specification, “IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 5)”, 3GPP

Article in Electronic Journal or Newspaper

1. Author

2. Year of publication (in brackets):

3. Title of article,

4. Title of journal or newspaper (in italics),

5. Volume, part of journal (or publication date of newspaper)

6. Type of medium (in square brackets),

7. Location of document (full web address)

8. Access date (in square brackets).

E.g.

Claxton, G. (2007): Expanding young people’s capacity to learn, *British Journal of Educational Studies,* vol 55 (pt 2), pp 115-134, [online] Available at www.blackwellsynergy.com [accessed 16 July 2007].

Anderson, B. (2002): September 11 has turned out to be a good thing for America and the world, *The Independent*,9 September 2002, [online] Available at http://www.infoweb.newsbank.com/ [accessed 12 September 2002].

World Wide Web Document or page

1. Author or editor (if known, use name of website if all else fails)

2. Year of publication or last update:

3. Title of document or site or page (in italics),

4. Location of document (full web address)

5. Access date (in square brackets).

E.g.

Elder, L. and Paul, R. (2007): *Becoming a critic of your thinking,* www.criticalthinking.org/articles/becoming-a-critic.cfm [accessed 30 March 2007].

European Agency (2005): Sweden: *Identification of special educational needs*, www.european-agency.org/nat\_ovs/sweden/3.html [accessed 16 July 2007].

Für die Referenzen in Bachelor- oder Masterthesen wird der sog. Harvard Style verwendet (Bahr und Frackmann, 2011; Pear und Shields, 2008; University of Plymouth, 2015). Im Harvard Style werden die Informationen in folgender Reihenfolge angegeben:

• Urheber / Autor

• Jahr der Veröffentlichung

• Titel der Publikation

• Nachverfolgungsinformation (siehe unten)

Bei fremden Inhalten aus externen Quellen oder aber auch bei direkten Zitaten aus externen Quellen werden im Text Verweise verwendet. Dabei wird der Nachname des Autors, gefolgt vom Jahr der Veröffentlichung (Bloggs, 2006) und für ein direktes Zitat die Seitennummer angegeben: z. B. (Bloggs, 2006: 12). Weitere Beispiele: (IETF RFC 5022, 2007), (3GPP TS 23.228, 2006).

Wenn vom selben Autor mehr als eine Veröffentlichung aus demselben Jahr zitiert werden soll, werden Kleinbuchstaben nach dem Jahr eingefügt: z. B.: (Bloggs, 2006a).

Gibt es eine Veröffentlichung von zwei Autoren, werden die Nachnamen beider Autoren angegeben, z. B.:

(Bloggs und Smith, 2006).

Bei mehr als zwei Autoren in einer Veröffentlichung wird im Verweis nur der erste Autor angegeben und die Wörter „et al.“ zwischen dem Autor und dem Jahr eingefügt: z. B.: (Bloggs et al., 2006).

Besitzen zwei oder mehrere Autoren den gleichen Nachnamen so wird in der Referenz der Anfangsbuchstabe des Vornamens hinzugefügt: z. B. (Badach, A., 2015: 19) beziehungsweise (Badach, H., 2004: 34).

Die komplette detaillierte Liste der Quellenangaben wird am Ende der Arbeit in einem Quellenverzeichnis angegeben. Im Quellenverzeichnis werden alle Quellen, die in der Arbeit benutzt wurden, in nach Autoren geordneter alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

Ein Buch wird folgendermaßen referenziert:

1. Nachnamen und Initialen des Autors bzw. der Autoren
2. Jahr der Veröffentlichung (in Klammern):
3. Titel des Buches (kursiv),
4. Auflage (weglassen, wenn erste Auflage),
5. Ort der Veröffentlichung:
6. Herausgeber.

Z.B.:

Clark, A. und Moss, P. (2001): *Listening to young children*: *the Mosaic Approach,* London: National Children’s Bureau.

Cohen, L., Manion, L. and Morrison, K. (2007): *Research methods in education,* 6.Aufl., London: Routledge.

Wird auf ein Buch oder einen Report im Internet verwiesen, wird eine Referenzierung wie bei einem Buch verwendet. Allerdings werden, um das Nachverfolgen der Quelle zu vereinfachen, noch weitere Details ergänzt.

Z. B.:

Department for Education and Skills (2006*)*: *The five year strategy for children and learners: maintaining the excellent progress*,London: DFES, [online]

http://www.dfes.gov.uk/publications/5yearstrategyprogress/index.shtml [accessed 12 January 2007].

Artikel in einem Journal oder einer Zeitung

1. Nachnamen und Initialen der Autoren
2. Jahr der Veröffentlichung (in Klammern):
3. Titel des Artikels,
4. Titel des Journals/der Zeitung (kursiv),
5. Nummer der Ausgabe, Jahrgang
6. Teilnummer (in Klammern),
7. Seitennummern.

Z.B.:

Hall, K. (2001): An analysis of primary literary policy in England using Barthes’ notion of 'readerly' and 'writerly' texts, *Journal of Early Childhood Literacy,* Bd. 1 (Nr. 2), S. 153-165.

Sheehy, K. (2005): Morphing images: a potential tool for teaching word recognition to children with severe learning difficulties, *British Journal of Educational Technology*, Bd. 36 (Nr. 2), S. 293-301.

Lehmann, A. et al. (2008): NGN und Mehrwertdienste – Geschäftsmodelle und Szenarien, *NTZ,* 01/2008, Bd. 61 (Nr. 1), S. 22-25.

RFC Standard

1. Autor

2. Jahr der Veröffentlichung (in Klammern):

3. Titel des RFCs (kursiv),

4. Herausgeber.

Z.B.:

IETF RFC 5022 (2007): *Media Server Control Markup Language (MSCML) and Protocol*, IETF.

3GPP TS 23.228 V5.15.0 (2006), Technical Specification, “IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 (Release 5)”, 3GPP

Artikel in einem elektronischen Journal oder einer Zeitung

1. Autor
2. Jahr der Veröffentlichung (in Klammern):
3. Titel des Artikels,
4. Titel des Journals oder der Zeitung (kursiv),
5. Ausgabe, Teil des Journals (oder Herausgabedatum der Zeitung),
6. Art des Mediums (in eckigen Klammern)
7. Ort des Dokuments (vollständige Webadresse)
8. Zugriffsdatum (in eckigen Klammern).

Z.B.:

Claxton, G. (2007): Expanding young people’s capacity to learn, *British Journal of Educational Studies*, Bd. 55, (Nr. 2) S. 115-134, [online] Available at www.blackwellsynergy.com [abgerufen am 16.07.2007].

Anderson, B. (2002): September 11 has turned out to be a good thing for America and the world, *The Independent* 9 September 2002, [online] Available at http://www.infoweb.newsbank.com/ [abgerufen am 12.09.2002].

World Wide Web Dokument oder Webseite

1. Autor oder Herausgeber (wenn bekannt; wenn keine weiteren Informationen verfügbar, kann der Name der Webseite benutzt werden)
2. Jahr der Veröffentlichung oder letztes Update:
3. Titel des Dokuments oder der Webseite (in kursiv),
4. Ort des Dokuments (vollständige Webadresse)
5. Zugriffsdatum (in eckigen Klammern) .

Z.B.:

Elder, L. und Paul, R. (2007): *Becoming a critic of your thinking*, www.criticalthinking.org/articles/becoming-a-critic.cfm [abgerufen am 30.03.2007].

European Agency (2005): Sweden: *Identification of special educational needs*, www.european-agency.org/nat\_ovs/sweden/3.html [abgerufen am 16.07.2007].

# Requirements Analysis

## General Objectives

The main objective of this project is to determine the compatibility of the different network functions in two different open-source projects, Open Air Interface and Open5GS. Both of the projects are 3GPP complaints and provide open-source network implementation for 5G core network. In order to provide the testing environment for 5GC, integration of user equipment and 5G radio access network(5G-RAN) is a necessity. The simulated user equipment (UE) should be able to communicate with 5G core network via 5G radio access network (gNodeB ) and utilise the available services.

Below is a general structure of the system that needs to be achieved for this project. The user equipment should be connected to 5G access network, which will be further connected to 5G core network. 5GC would facilitate different network functions for two different projects. Furthermore, from UE/RAN perspective, three main interfaces should be achieved here: control interface (between RAN and AMF ), user interface (between RAN and UPF) and radio interface (between UE and RAN). UERANSIM will provide an open-source 5G UE & 5G RAN (gNodeB) implementation. The NFs of Open5Gs should be able to establish connections with the NFs of OAI and vice versa.

UE

NFs

Open5GS

NFs

gNodeB

OAI

5G Core Network

UERANSIM

*Figure 1.1 General Structure of 5G environment needs to be achieved*

## Clarifying the Requirements

Through discussions with supervisors and literature research from books, papers – IEEE (www.ieee.org), ACM (http://dl.acm.org/), access via FRA-UAS Intranet – as well as standardisation organisations – ETSI (http://www.etsi.org/), ITU-T (http://www.itu.int/en/ITU-T/Pages/default.aspx), 3GPP (http://www.3gpp.org/), IETF (www.ietf.org) – the requirements are to be defined (Trick and Lehmann).

The main functionality required is to produce a standalone 5G environment for core network. The 5G environment should provide the functionalities to try out diverse combination of network functions sourced from different projects. More specifically, first it should check the network functions that are currently being offered by both open-source projects, OAI and Open5GS and then check the interoperability of these NFs.

3.2.1 Network function

In a 5G core network, network functions play a crucial role in enabling the various services and functionalities of the network. Network functions are essentially software components or applications that perform specific tasks within the network architecture. They are designed to handle different aspects of communication, control, and management in order to deliver the desired performance and capabilities of the 5G network.

Open Air Interface: The available network functions in OAI are AMF, SMF, UPF, NRF, UDM, UDR and AUSF. OAI provides Docker Compose files that help orchestrate the different network functions. In the case of the deployment of the OAI components for testing and development purposes, the hosted VM could use docker-compose.

Open5GS: For 5G SA core, the NFs provided by open5GS are AMF, SMF, UPF, NRF, UDR, UDM, PCF, NSSF, SCP and BSF.

To achieve interoperability, the NFs should have a compatible interface to exchange data and signals. For example, to connect the Network Repository Function (NRF) of OpenAirInterface (OAI) to the Access and Mobility Management Function (AMF) and other NFs of Open5GS, it would involve integrating the components from these different projects. It should use compatible communication channels through which the network functions will interact, which could be achieved using REST APIs. For successful communication, both sides of the interaction (e.g., OAI NRF and Open5GS NRF or AMF) must support the same protocols and protocol versions. For communication, it could make use of HTTP/2 and RESTful principles. Data shared between them might be expressed in JSON or XML, and TLS could be used for encryption and authentication.  For 3GPP specification, OAI supports 3GPP release 15 and Open5GS supports 3GPP release 16 and 17.

## Time frames

Milestones:

14.08.2023 to 20.08.2023: Literature review and learning the theoretical background

21.08.2023 to 27.08.2023: Analysis of the requirements

28.08.2023 to 03.09.2023: Submission of the requirements analysis and modification based on the feedback

04.09.2023 to 10.09.2023: Elaborating of the concept and planning of the use cases

11.09.2023 to 20.09.2023: Writing use cases, software configuration and PC setup

21.09.2023 : Implementation and testing of the use case

30.11.2023: Request for feedback from supervisor

10.12.2023: Submission of the Project draft to supervisor

11.12.2023 to 14.01.2024: Revise the project based on the proposals from the supervisor,writing report and documentation

15.01.2024 to 30:01:2024: Final documentation, Submitting the project to the examination office

## Target State

The developed network should consist of one 5G core network from two different projects with available NFs, combined with 5G enabled UEs and 5G RAN. The objective is to develop a matrix of potential NF combinations from Open5G and OAI that can ultimately link with one another despite being located in distinct projects. Information about whether or not one NF from one project can connect to any other/all NFs from another project should be included in the matrix. The compatibility of the NFs will be verified in different ways depending on different circumstances like authentication, registration, mobility management, session management, packet routing & forwarding, traffic steering, and others. By facilitating the experimentation of network function combinations, the 5G environment could be served and theinteroperability of these functions could be tested.

NRF

UDR

UDM

OAI

A phone with a 5g logo

Description automatically generated A black and white image of a tower

Description automatically generated

Open5GS

Data Network

UPF

SMF

AMF

gNodeB

5G enable UE

5G Core

*Figure 3.1: Target system in an overview*

## Use Cases for the Prototype

The use cases that could be implemented for this project are as follows:-

3.5.1 NRF in OAI and other NFs from Open5GS (AMF,SMF,UPF,UDM and UDR):

The developed network should be able to provide functionalities such as service registration, service recovery, load balancing and service routing etc. The provided services should be implemented and tested.

3.5.2 UDR in OAI and others in Open5GS (AMF,SMF,UPF,NRF and UDR):

The developed network should be able to provide functionalities for storing and synchronizing user data, subscriber data management and session management etc. The provided services should be implemented and tested.

3.5.3 UDR,UDM in OAI and others in Open5GS (AMF,SMF,UPF,NRF):

The developed network should be able to provide functionalities for storing and synchronizing user data, subscriber data management, session management, authenticating and authorizing users when they access the 5G network, subscription management including the user's profile, service entitlements, and preferences etc. The provided services should be implemented and tested.

# Realisation / Realisierung

In the chapter Realisation the „how“ is described, how the project is realised. The source code of the implementation should not be printed into this chapter. It is possible to use and describe relevant code snippets (font Courier New) and self-created flow diagrams, sequence diagrams or similar.

Im Kapitel Realisierung wird das „Wie“ beschrieben, wie wird das Projekt umgesetzt. Die einzelnen Schritte zur Realisierung des Ziels werden erläutert. In der Realisierung wird kein Quellcode abgedruckt, es können aber einzelne relevante Code-Schnipsel (Schrifttyp Courier New) und selbsterstellte Fluss-, Sequenzdiagramme oder ähnliches verwendet werden.

# Summary and Perspectives / Zusammenfassung und Ausblick

New Ideas / Neue Ideen

To take the discussion further / Die Diskussion weiterführen

Criticism of one´s own work / Kritik an der eigenen Arbeit

* Why it went wrong? / Warum ging es schief?

Example / Beispiel:

The developed prototype confirmed the concept of the software for exchanging files between server and client computers. File and user management on the server has been solved with a MySQL database. The server component has a web interface. With this web interface, the server administrator can configure the server, can manage files and can manage the authorized user. The client computer uses a graphical user interface that enables the user to log on to the server and upload and download files. To transfer the files between the computers, file transfer protocol (FTP) was used.

Multiple users can simultaneously log on to the server component. Each user only sees the files uploaded by him. Each user must be authenticated with his user name and password in order to get access to his files.

The architecture can be extended with an option for a simultaneous upload of multiple files in order to exploit the available bandwidth optimally. In order to exchange files also between server and smartphone, a corresponding smartphone app should be created as a supplement for the client component.

…

Der im Rahmen dieser Thesis entwickelte Prototyp bestätigt das hier vorgelegte Konzept für eine Software zum Austausch von Dateien zwischen Server- und Clientcomputer. Die Datei- und Benutzerverwaltung auf dem Server wurde mit einer MySQL-Datenbank gelöst. Die Serverkomponente besitzt ein Webinterface, mit dem der Serveradministrator den Server konfigurieren bzw. Dateien und die berechtigten Benutzer verwalten kann. Der Clientcomputer besitzt eine grafische Benutzeroberfläche, mit der die Benutzer sich am Server einloggen und Dateien hoch- bzw. herunterladen können. Als Dateiübertragungsprotokoll wurde das File Transfer Protokoll (FTP) benutzt.

An der Serverkomponente können sich mehrere Benutzer gleichzeitig anmelden. Jeder Benutzer sieht nur die von ihm hochgeladenen Dateien. Jeder Benutzer muss sich mit seinem Usernamen und Passwort authentifizieren, um Zugriff auf seine Dateien zu bekommen.

Erweitert werden kann diese Architektur mit einer Option zum gleichzeitigen Hochladen von mehreren Dateien, um die zur Verfügung stehende Bandbreite optimal ausnutzen zu können. Damit die Dateien auch zwischen Server und Smartphone ausgetauscht werden können, sollte als Ergänzung für die Clientkomponente auch eine entsprechende Smartphone-App erstellt werden.

…

# Abbreviations / Abkürzungen

**0**

…

**3**

3GPP Third Generation Partnership Project

…

**A**

…

**G**

GSM Global System for Mobile communications

GUI Graphical User Interface

GW Gateway

**H**

HSS Home Subscriber Server

HTML Hypertext Mark-up Language

HTTP Hypertext Transfer Protocol

…

**Z**

…

# References / Referenzen

1. Bahr, J. und Frackmann M. (2011): *Richtig zitieren nach der Harvard-Methode Eine Arbeitshilfe für das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten*, Solothurn (Schweiz): Institut für Praxisforschung, [online] http://www.institut-praxisforschung.com/app/download/6167762784/Harvard-Zitierweise.pdf [accessed 4 September 2015].
2. Pear, R. and Shields, G. (2008): *Cite Them Right: The Essential Referencing Guide,* Newcastle upon Tyne: Pear Tree Books.
3. Trick, U. und Weber, F. (2015): *SIP und Telekommunikationsnetze: Next Generation Networks und VoIP – konkret,* 5. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Oldenbourg.
4. University of Plymouth (2011): *International Masters Programme (Education) Student Handbook March 2011*, Plymouth UK: University of Plymouth, [online] www6.plymouth.ac.uk/files/extranet/docs/FoE/Handbook March 2011 Final.pdf [accessed 1 July 2015].

# Appendix / Anhang

Attached CD/DVD content / Inhalt der CD/DVD