



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Sebastian Rösch

Audiovisuelle Kommunikation in Smart Home
Umgebungen am Beispiel eines
Raumklangtelefons

Sebastian Rösch

Audiovisuelle Kommunikation in Smart Home
Umgebungen am Beispiel eines Raumklangtelefons

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Technische Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer : Prof. Dr. rer. nat. Kai v. Luck
Zweitgutachter : Prof. Dr. rer. nat. Gunter Klemke

Abgegeben am 28. Juli 2011

Sebastian Rösch

Thema der Bachelorarbeit

Audiovisuelle Kommunikation in Smart Home Umgebungen am Beispiel eines Raumklangtelefons

Stichworte

Kommunikation, Telefonie, SIP, Voice over IP, Ubiquitous Computing, Smartphone, Android

Kurzzusammenfassung

Die Bewohner eines modernen Wohnraums sind heute von einer Vielzahl elektronischer Geräte und Systeme umgeben. Davon sind viele Kommunikationsgeräte bereits in das Internet eingebunden. Doch wie kann auch die digitale, zwischenmenschliche Kommunikation unter Zuhilfenahme von moderner Technik so einfach gestaltet werden, dass diese mit einem persönlichen Gespräch gleichwertig ist? Diese Arbeit soll eine Möglichkeit aufzeigen, die in einer modernen Wohnung vorhandenen Geräte als integrierte Kommunikationsmedien zu nutzen und dem Anwender so ein intuitives Gespräch zu ermöglichen.

Sebastian Rösch

Title of the paper

Audiovisual communication in Smart Home environments using the example of an ambient sound phone

Keywords

Communication, Telephony, SIP, Voice over IP, Ubiquitous Computing, Smartphone, Android

Abstract

The inhabitants of a modern housing space are surrounded by countless electronic devices and systems, many of them already communicating over the internet. But how to improve the digital interpersonal communication using modern technology to make it feel more like a personal conversation? This paper aims to present the potential of using the available devices in a modern apartment as integrated communication channels, thus providing the user with an intuitive means of communication.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Motivation	8
1.2	Ziele dieser Arbeit	8
1.3	Gliederung	9
2	Grundlagen	10
2.1	Ubiquitous Computing	10
2.2	Smart Home	10
2.3	Kontext-Abhängigkeit	12
2.4	Session Initiation Protocol	12
2.4.1	Verbindungsaufbau	13
2.4.2	Network Address Translation	14
2.5	Digitale Audio- und Video-Kommunikation	15
3	Analyse	16
3.1	Problemstellung und Abgrenzung	16
3.2	Kommunikation	17
3.2.1	Synchrone Kommunikation	18
3.2.2	Asynchrone Kommunikation	18
3.3	Anforderungen	18
3.3.1	Szenarien	19
3.3.2	Funktionale Anforderungen	20
3.3.3	Nicht-Funktionale Anforderungen	24
3.4	Systemverhalten	27
3.4.1	Informationsgewinnung	27
3.4.2	Einfluss des Anwenders	29
3.4.3	Verbindung mit Gesprächspartner	31
3.5	Fazit	32
4	Design	33
4.1	System-Architektur	33
4.1.1	Server-zentralisierte Architektur	34
4.1.2	Service-orientierte Architektur	36

4.1.3	Fazit	39
4.2	Entwurfsentscheidungen	40
4.2.1	Synchronisierung der Zugriffe	40
4.2.2	Priorisierung	41
4.2.3	Erreichbarkeit der Dienste	41
4.3	Komponenten	42
4.3.1	Benutzerschnittstelle	43
4.3.2	Verzeichnisdienst	43
4.3.3	Telefoniedienst	45
4.3.4	Audiovisuelle Dienste	46
4.3.5	Kontext-Interpreter	48
4.4	Interaktion	49
4.4.1	Synchrone Aufrufe	50
4.4.2	Asynchrone Aufrufe	50
4.4.3	Medien-Übertragung	50
4.4.4	Komponenten-Interaktion	51
4.5	Fazit	53
5	Realisierung und Evaluation	54
5.1	Rahmenbedingungen	54
5.1.1	Living Place Hamburg	54
5.1.2	Indoor Positioning System	56
5.1.3	Message Broker	56
5.2	Mobiles Endgerät	57
5.2.1	Android™-Betriebssystem	57
5.2.2	Benutzerschnittstelle	58
5.2.3	Telefoniedienst	59
5.2.4	Verzeichnisdienst	61
5.3	Audiovisuelle Dienste	61
5.3.1	Kommunikation	61
5.3.2	Abstraktion	61
5.3.3	Aufnahme und Wiedergabe	62
5.3.4	Codecs	62
5.3.5	Acoustic Echo Cancellation	63
5.4	Evaluation	64
5.4.1	Systemumgebung und Voraussetzungen	64
5.4.2	Testergebnisse	64
5.4.3	Bewertung	66
6	Schluss	68
6.1	Zusammenfassung	68

6.2	Ausblick	69
6.2.1	Erweiterungsmöglichkeiten	69
6.2.2	Zukunft	70
6.2.3	Kritik	71
	Literaturverzeichnis	72

1 Einleitung

Seit einigen Jahren gehören digitale Kommunikationsgeräte zum festen Bestandteil privater Haushalte. Mit der fortschreitenden Entwicklung funkbasierter Netze sind bereits viele der Geräte in das Internet eingebunden und bieten immer mehr Funktionen.

Diese Entwicklungen können zum Beispiel an einem Fernseher verdeutlicht werden. Moderne Geräte sind bereits mit Anschlüssen ausgestattet, die eine Integration in das Heimnetzwerk ermöglichen. Ein Internet-Zugang sowie die Kommunikation mit anderen Geräten im selben Netz wäre somit problemlos möglich. Doch weiterhin nutzen nur wenige Funktionen die bestehende Netzintegration. Fernseher, die das herkömmliche Internet in Form eines Browsers ins Wohnzimmer bringen, sind dabei nur ein erster Schritt. Video-Telefonie im Wohnzimmer, TV over IP sowie interaktive Nutzung des Fernsehprogramms sind zwar bereits angedacht aber noch weit von der Massentauglichkeit entfernt.

Dabei wird seit vielen Jahren ein Trend in Richtung kleiner, ständig vernetzter und zusammenarbeitender Geräte prognostiziert. Die daraus resultierenden Möglichkeiten wurden schon 1991 von Mark Weiser ([Weiser, 1991](#)) und seinem Forschungsteam erkannt und in den folgenden 20 Jahren viele dieser Ideen und Theorien aufgegriffen und umgesetzt. So existieren die von Weiser als „Badge“ und „Tab“ beschriebenen Geräte heute als sogenannte Smartphones und PDAs, also Mobiltelefone mit erweitertem Funktionsumfang und Hardwareausstattung ([Abowd und Mynatt, 2000](#)). Die meisten dieser Geräte haben einen ständigen Zugang zu Informationen und Diensten, die von anderen, weltweit verteilten Instanzen angeboten werden.

Doch Weisers Vision geht deutlich weiter.

[The] highest ideal is to make a computer so imbedded, so fitting, so natural, that we use it without even thinking about it. (I have also called this notion „Ubiquitous Computing.“)

*Mark Weiser
(Weiser, 1994)*

Für Weiser ist ein Computer perfekt, wenn er und seine Dienste in den Hintergrund treten anstatt unsere volle Aufmerksamkeit zu verlangen. Eine Bedienung soll unbewusst und ohne das Lesen einer Anleitung intuitiv möglich sein. Noch besser integrierte Geräte sind notwendig, die in einem ständigen Informationsaustausch kontextsensitiv auf ihre Umgebung und Anwender reagieren.

1.1 Motivation

Das 21. Jahrhundert gilt als das Zeitalter der „totalen Kommunikation“ (FTE, 2002). Aber nicht nur Personen kommunizieren untereinander, sondern auch die sie umgebenden Geräte stehen in einem ständigen Informationsaustausch. Denn Hochgeschwindigkeitsnetze, mobiler Internet-Zugang und ständige Verfügbarkeit jeder nur denkbaren Information auf Knopfdruck sind heute nicht mehr wegzudenken. Doch trotz hoher Übertragungsgeschwindigkeiten, gutem Netzausbau und hochentwickelter Standards und Protokolle wird der Großteil der kommunizierenden Geräte noch als eigenständige Instanz wahrgenommen. Eine Verschmelzung von Netzen und Geräten ist nur sehr sporadisch zu erkennen.

Mit neuen Standards und besserer Integration der bestehenden Techniken könnten sich viele Aufgaben koordinieren und vereinfachen lassen. Geräte, die über Informationen wie ihre Position in einem Raum verfügen, könnten diese für eine intelligentere Entscheidungsfindung verwenden (Weiser, 1991). Werden diese Informationen noch um detailliertes Wissen über die Umgebung des Anwenders erweitert, so würden sowohl das Funktionsangebot als auch die Interaktion mit den Anwendern um ein vielfaches intuitiver und effektiver.

Weiterhin sind viele Geräte kleiner und günstiger geworden. Das ermöglicht es, Anwendungen und Geräte zu entwickeln, die nahtlos in alltägliche Gegenstände und damit in das Leben des Anwenders integriert werden. Diese den Anwender umgebende Sensoren und Aktoren sammeln und verwerten Daten, informieren und bieten Interaktionsmöglichkeiten an.

1.2 Ziele dieser Arbeit

Kommunikation ist und bleibt einer der wichtigsten Bestandteile unseres Alltags, privat wie beruflich. Dabei spielt die Audio-Kommunikation oder Telefonie die größte Rolle. Doch auch Video-Telefonie ist dank leistungsfähiger Netze und besserer Kamera-Hardware auf dem Vormarsch. Der größte Fortschritt der letzten Jahre wird jedoch der vom Standort unabhängigen Mobiltelefonie zugeschrieben.

Wie können die Möglichkeiten der modernen Technik jedoch für eine Vereinfachung der zwischenmenschlichen Kommunikation genutzt werden? Wie kann ein Gespräch mit einem entfernten Gesprächspartner so intuitiv und natürlich verlaufen wie eine persönliche Unterhaltung?

In dieser Arbeit soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, wie mit bestehenden Technologien, Protokollen und Systemen die nahtlose Integration eines Kommunikationssystems in den Wohnraum realisiert werden kann. Die Vorteile mobiler und stationärer Kommunikation werden vereint und weitergedacht. Dabei soll die Kommunikation von den einzelnen Geräten

gelöst und auf eine Vielzahl im Smart Home vorhandener Geräte (zum Beispiel Kameras und Anzeigen) verteilt werden. Eine Auswertung der Daten wie die Position des Anwenders im Raum und die aktuelle Tageszeit verleihen dem System eine gewisse „Intelligenz“ und erlauben eine intuitive Bedienung durch den Anwender.

Diese Arbeit ist im Kontext des Forschungsprojektes „Living Place Hamburg“ der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg entstanden. Die Einarbeitung in das Thema sowie einige Konzepte und Ideen sind dabei in Zusammenarbeit mit Sven Boris Bornemann entstanden. Die parallel entstandene Arbeit beschäftigt sich hingegen eher mit der Interaktion der Bewohner eines Smart Homes ([Bornemann, 2011](#)).

1.3 Gliederung

Im Kapitel [Grundlagen](#) werden zunächst die für das Verständnis dieser Arbeit notwendigen Begriffe und Technologien vorgestellt. Insbesondere sind dies die verwendeten Protokolle, die zum Verbindungsaufbau sowie zur Medienübertragung verwendet werden. Auch wird hier eine Abgrenzung des Begriffs „Smart Home“ vorgenommen.

Anschließend werden aus verschiedenen Anwendungsszenarien sowie den Grundlagen der Kommunikationsforschung die Anforderungen für das zu erstellende System abgeleitet ([Kapitel 3](#)). Die beiden Szenarien beschreiben den Einsatz des Systems in je einer fiktiven Alltagssituation. Die daraus resultierenden Anforderungen werden erläutert und das Systemverhalten beschrieben.

Aus den ermittelten Anforderungen wird das [Design](#) und die Struktur des Systems erstellt. Es werden die Hardware- sowie Software-Komponenten und deren Kommunikation untereinander vorgestellt. Die Konzepte zur Lösung der zuvor ermittelten Anforderungen werden erklärt.

Im Kapitel [Realisierung und Evaluation](#) wird die technische Umsetzung des zuvor entworfenen Systems beschrieben. Dabei werden die entwickelten Komponenten dargestellt sowie aufgetretene Probleme geschildert. Es folgt eine Evaluation des Ergebnisses und ein Vergleich mit den zuvor ermittelten Anforderungen.

Das letzte [Kapitel \(6\)](#) zeigt die Erweiterungsmöglichkeiten des entworfenen Systems auf und bietet einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen und Möglichkeiten.

2 Grundlagen

In diesem Abschnitt werden einige wichtige Grundlagen und Begriffe vorgestellt, die für das weitere Verständnis notwendig sind.

2.1 Ubiquitous Computing

Der Begriff Ubiquitous Computing wurde 1991 von Mark Weiser geprägt und beschreibt die Allgegenwärtigkeit von Rechenleistung in der Umgebung des Anwenders. Diese befindet sich aber nicht wie bisher in einigen wenigen großen Rechnern oder Laptops, sondern ist integriert in viele mehr oder weniger kleine, mobile Alltagsgegenstände (siehe [Weiser, 1991](#)).

Weiser stellt fest, dass eine große Anzahl kleiner Computer in einem Raum auch hinderlich oder sogar abschreckend wirken kann. Der Anwender soll die einzelnen Geräte daher kaum wahrnehmen und diese stattdessen unterbewusst für alltägliche Aufgaben verwenden. „In ihrer spontanen, gemeinsamen Kommunikation und Interaktion sollen sie die limitierte Funktionalität der einzelnen Komponenten überwinden und neue synergetische Qualitäten und Funktionalitäten für den Nutzer schaffen.“ ([Friedewald u. a., 2009](#), S. 41).

2.2 Smart Home

Ein Smart Home, oft auch als „Intelligentes Wohnen“ bezeichnet, ist eine konkrete Ausprägung von Ambient Intelligence. Unter Ambient Intelligence versteht man im Unterschied zu Ubiquitous Computing zusätzlich die Szenario-orientierte, unterstützende und den menschlichen Bedürfnissen angepasste Interaktion. So zählen für Friedewald u. a. zu den Eigenschaften von Ambient Intelligence „neben der informationstechnischen Durchdringung des Alltags auch Aspekte der Mensch-Maschine-Kommunikation und der künstlichen Intelligenz.“ ([Friedewald u. a., 2009](#), S. 39).

Das Konzept von Smart Environments, welches ein Aspekt von Ambient Intelligence ist, bezieht sich dagegen eher auf die verwendete Technologie. Das sind u. a. Sensoren, Aktoren,

das Kommunikationsnetz sowie die Software-Architektur des Systems. Ein Smart Home ist eine konkrete Umsetzung eines Smart Environment in einer Wohnumgebung. Die Aufgaben eines solchen Systems reichen von der Unterstützung des Bewohners bei alltäglichen Aufgaben bis hin zu Komfortfunktionen im Entertainment-Bereich. Ein weiterer Aspekt ist das Ambient Assisted Living, also die Unterstützung älterer Menschen zu Hause, was ihnen ein längeres selbstständiges Leben im gewohnten Umfeld ermöglicht. Die folgende Grafik gibt einen Überblick über Komponenten, Dienste und Nutzerbedürfnisse in einem Smart Home.

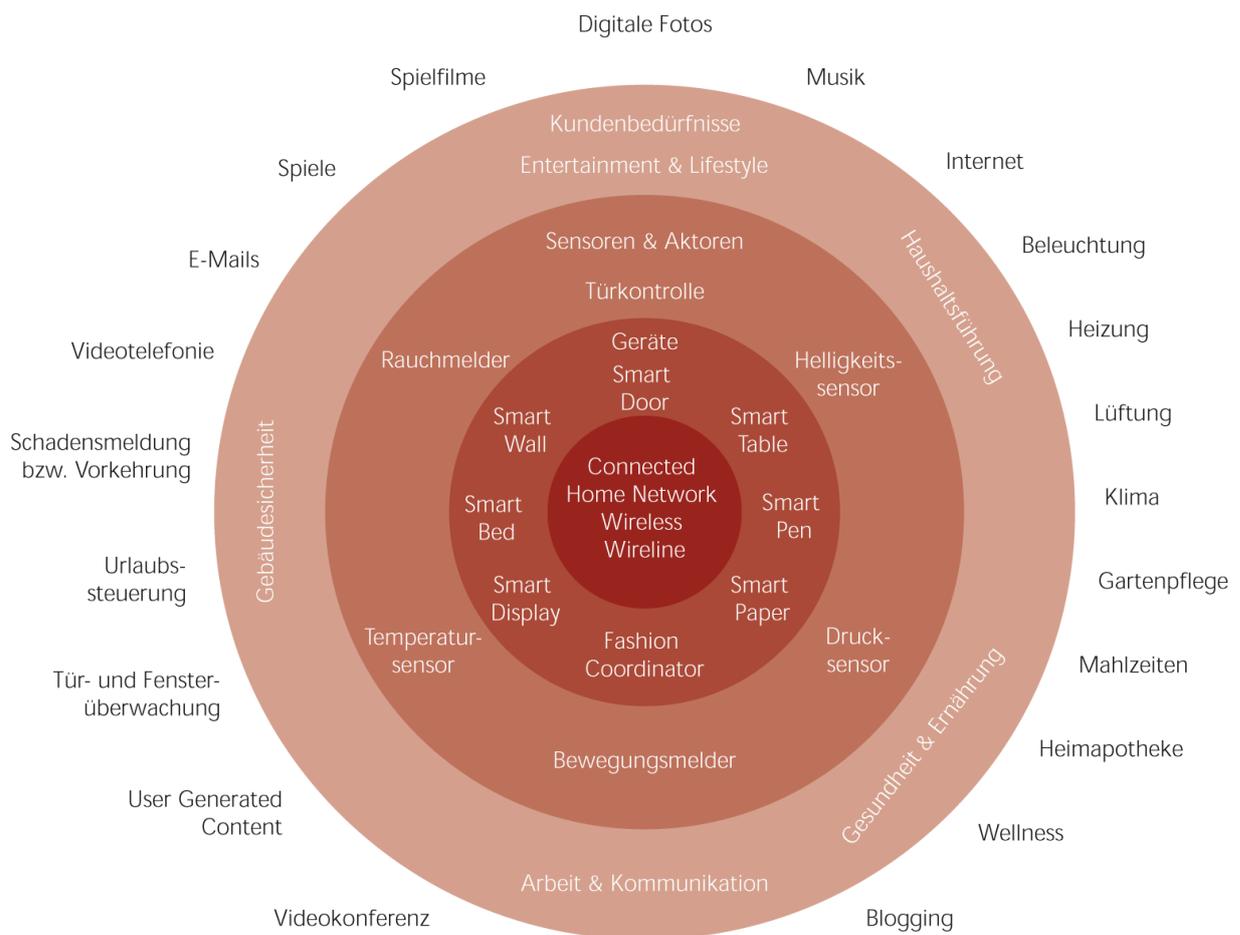


Abbildung 2.1: Mögliche Anwendungsfelder im Smart Home¹

Bei einem solchen Smart Home System soll jedoch nicht die Technik, sondern der Nutzen für den Anwender im Vordergrund stehen. Obwohl die Anzahl der den Anwender umgebenden

¹Institut für Innovation und Technik: Smart Home in Deutschland - Untersuchung im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum Programm Next Generation Media (NGM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, S. 9.

Geräte sehr hoch ist, erscheinen diese nicht als einzelne Funktionen, sondern wirken wie ein Gesamtsystem. Dazu werden vernetzte, eingebettete Sensoren zur intelligenten Steuerung der Wohnung verwendet sowie dem Anwender natürliche, Sprach- und Berührungsbasierte Interaktionsmöglichkeiten angeboten.

Weiterhin ist ein Smart Home nicht als Einzelsystem, sondern vielmehr als Teil eines vernetzten Gesamtsystems zu sehen, welches die sozialen wie beruflichen Verbindungen der Bewohner widerspiegelt. Denn erst mit dem Zusammenschluss mehrerer intelligenter Wohnungen oder Umgebungen wird das volle Potenzial solcher Systeme ersichtlich. Dazu zählen neben den Wohnräumen der sozialen Kontakte auch der Arbeitsplatz, Supermärkte und Freizeit-Einrichtungen. Das Internet vereinigt den Großteil dieser Orte in einem universellen Netz und erlaubt so eine übergreifende Kommunikation, was die Möglichkeiten eines Smart Homes weiter steigern.

Die Entscheidungen und Aktionen eines solchen Systems benötigen möglichst genaue Daten von der Umgebung. Zur Informationsgewinnung werden diverse Sensoren eingesetzt. Ein Beispiel ist die Ortung der Bewohner im Raum, die anderen Instanzen zur Verfügung gestellt werden muss, um somit die Entscheidungen zu beeinflussen.

2.3 Kontext-Abhängigkeit

Ein Smart Home System erfasst über die Sensoren und Funktionen im Netz eine große Menge an Daten. [Dey und Abowd \(1999\)](#) unterscheiden hier außerdem zwischen explizit vom Nutzer bereitgestellten und vom System implizit (dynamisch) gewonnenen Informationen. Alle Informationen, welche die Situation des Anwenders beschreiben, werden als Kontext bezeichnet. Eine Anwendung ist kontextsensitiv, wenn sie diese Informationen anzeigen kann oder ihr Verhalten an den jeweiligen Kontext anpasst.

Als Kontext beschreiben [Dey und Abowd \(1999\)](#) die „Situation einer Einheit“, wobei Einheit eine Person, ein Ort oder ein Objekt sein kann. Zur Beschreibung dieser Situation werden alle Daten herangezogen, die als relevant angesehen werden. Die sind neben Position des Anwenders, Uhrzeit und Aktivität auch Informationen über die Personen und Objekte in der Umgebung.

2.4 Session Initiation Protocol

Im Vordergrund des Systems steht die Kommunikation mit entfernten Gesprächsteilnehmern. Wie oben erwähnt ist das Internet das am weitesten verbreitete Netz, welches gleichzeitig

die unterschiedlichsten Kommunikationsformen ermöglicht. Daher wird hier für die Kommunikation mit dem entfernten Gesprächsteilnehmer das Session Initiation Protocol verwendet, welches für den Verbindungsaufbau eines Telefonats oder einer Video-Konferenz über das Internet entwickelt wurde. Es wird hauptsächlich für den Aufbau und die Beendigung von Internet-Telefonaten verwendet, ist aber auch für andere Einsatzgebiete geeignet. Die aktuelle Version des Session Initiation Protocol ist in RFC 3261 spezifiziert ([Rosenberg und Schulzrinne, 2002](#)).

SIP arbeitet auf der Anwendungsschicht des Internet-Protokollstapels. Es baut auf TCP und UDP auf, jedoch wird meistens UDP verwendet (siehe [Johnston, 2009](#)). Nicht zuletzt Dank der Einfachheit und Erweiterbarkeit des Protokolls wird SIP von vielen Anwendungen eingesetzt. So ist SIP zum Quasi-Standard im Bereich der Internet-Telefonie geworden. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit, auch herkömmliche Telefonate und Konferenzschaltungen auf das SIP-Protokoll umzusetzen.

Das Session Initiation Protocol beschreibt verschiedene am Verbindungsaufbau beteiligte Instanzen. Sogenannte User-Agents, also die Anwendungen der Endnutzer einer Kommunikation, starten und beenden eine Sitzung. Ein SIP Registrar Server verwaltet die Anmeldung und Authentifizierung eines Nutzers bei einem SIP-Provider. Außerdem ermöglicht er es anderen Teilnehmern, einen angemeldeten Nutzer aufzufinden, um so die Kommunikation zu starten. Proxy-Server erfüllen stellvertretend für die User-Agents Dienste wie das Weiterleiten der Anfragen und Einladungen an die gewünschten Teilnehmer. SIP-Gateways setzen Internet-Telefonate an herkömmliche Festnetz- oder Mobilfunknummern auf das entsprechende Protokoll um ([Johnston, 2009](#)).

2.4.1 Verbindungsaufbau

Ein typischer Ablauf eines Verbindungsaufbaus (Abbildung 2.2) mit dem Session Initiation Protocol beginnt mit einer INVITE-Nachricht des Anrufers (Alice) an den Angerufenen (Bob). Der Empfänger bestätigt den Erhalt der Einladung und zeigt an, dass der Benutzer über den Anruf informiert wird. Wird das Gespräch oder die Verbindung angenommen, erhält der Anrufer eine Bestätigung. Anschließend sendet dieser eine ACK-Nachricht, mit der die Sitzung (SIP-Session) vollständig hergestellt wird. Dieser Verbindungsaufbau nennt sich wegen der drei ausgetauschten Nachrichten auch „Three Way Handshake“. Anschließend werden die Mediendaten übertragen, welche Audio- oder Videodaten beinhalten können. Diese stellen das eigentliche Gespräch dar. Die Übermittlung dieser Datenströme erfolgt jedoch nicht über das Session Initiation Protocol. Hier kann jedes beliebige Datenstrom-basierte Protokoll zum Einsatz kommen, das Mittel der Wahl bei Internet-Telefonie ist jedoch RTP (siehe [Digitale Audio- und Video-Kommunikation](#)). Das Ende einer Session Initiation Protocol-Verbindung

wird mit dem SIP BYE-Request eingeleitet, welcher ebenfalls von der Gegenseite quittiert wird (siehe [Trick und Weber, 2007](#)).

Die Aushandlung der für die Medienübertragung verwendeten Protokolle und Formate findet in der INVITE-Nachricht statt. Dazu wird das Session Description Protocol (SDP) in eine SIP-Nachricht eingebettet. Eine SDP-Nachricht enthält Informationen über alle unterstützten Audio- und Video-Formate, die verwendeten Übertragungsraten sowie die Port-Nummern der einzelnen Kanäle. Die Gegenstelle bestätigt die Wahl, indem in der Antwort nur das ausgewählte Format enthalten ist ([Johnston, 2009](#)).

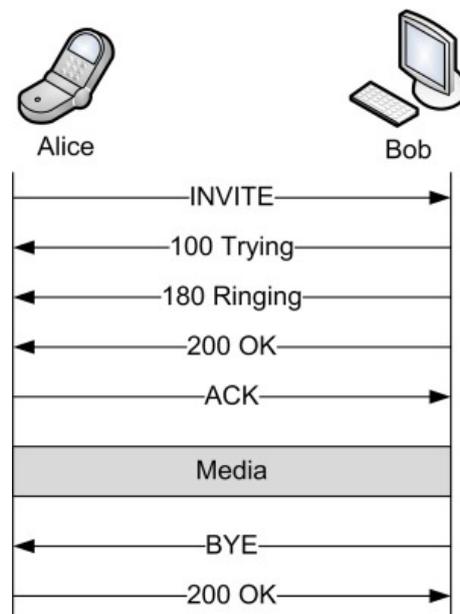


Abbildung 2.2: Typischer Ablauf einer SIP-Verbindung²

2.4.2 Network Address Translation

Typischerweise sind Heimnetze durch einen Router mit dem Internet verbunden, welcher das lokale Netz mit einer Network Address Translation (NAT) von dem öffentlichen Adressbereich des Internets abgrenzt. Eine NAT nimmt eine Umsetzung der im lokalen Netz gültigen IP-Adressen und Ports auf öffentlich Sichtbare vor ([Johnston, 2009](#)). Die Kombination aus internen und externen Werten, das sogenannte Mapping, wird temporär gespeichert. Ein-kommende Pakete an die öffentliche Adresse und Port-Nummer werden dementsprechend an die interne Adresse weitergeleitet. Das funktioniert allerdings nur, wenn die Verbindung

²<http://beta.codeproject.com/KB/IP/SIPIntroduction/SIPtoSIPCallFlow.jpg>

von dem Teilnehmer aus dem lokalen Netz initiiert wurde, was bei einem einkommenden Telefongespräch nicht der Fall ist.

Mit den Session Traversal Utilities for NAT (STUN) existiert eine Möglichkeit, eine Vielzahl der NAT-Typen für ein Internet-Telefonat zu umgehen. Dabei werden Informationen über NAT-Typ und die öffentliche Adresse gesammelt, welche anderen Teilnehmer zur Verfügung gestellt werden können. Prinzipiell sieht der Ablauf folgendermaßen aus: die lokale Anwendung sendet eine STUN-Anfrage an einen speziellen Server. Die NAT ersetzt dabei lokale Adresse und Port durch die öffentlichen. Der Server, der die Anfrage erhält, sendet diese Daten an den Anfragenden zurück. Die STUN-Informationen müssen hierbei als Inhalt der Nachricht versendet werden, da die NAT die öffentliche Adresse wieder gegen die lokal gültige austauscht (Johnston, 2009). Der Anfragende hat so die öffentliche IP-Adresse sowie die Port-Nummer erhalten. Bei der Anmeldung beim SIP-Provider werden diese Informationen mit übergeben. Ein Anrufer kann nun die öffentliche Adresse eines Teilnehmers verwenden, um ein Gespräch zu starten.

STUN kann jedoch nicht alle NAT-Typen ermitteln beziehungsweise umgehen. Um die Unterstützung aller NATs zu gewährleisten sind weitere Tools wie Traversal Using Relay NAT (TURN), Interactive Connectivity Establishment (ICE) oder Universal Plug and Play (UPnP) nötig (siehe Johnston, 2009). Blockiert eine NAT jedoch jeglichen UDP-Transport, so ist eine Umgehung auch mit diesen Techniken nicht möglich.

2.5 Digitale Audio- und Video-Kommunikation

Das Internet ist ein paketvermitteltes Medium. Im Unterschied zu leitungsvermittelten Medien kann hierbei keine Garantie über maximale Laufzeiten der einzelnen Pakete gegeben werden. Dieses Verhalten stellt Echtzeit-Daten wie Audio und Video vor ein Problem, zu dessen Bewältigung oft der RTP-Standard verwendet wird (Perkins, 2008).

Das Real-Time Transport Protocol (RTP) ist derzeit in der Version 2 im RFC 3550 aus dem Jahr 2003 spezifiziert. Wie auch das Session Initiation Protocol wird RTP meistens über UDP betrieben. Es dient zur kontinuierlichen Übertragung der Audio- oder Video-Daten über IP-basierte Netze. Dabei ermöglicht RTP eine Erkennung von Paketverlusten sowie die Sortierung der angekommenen Pakete anhand einer Sequenznummer (Johnston, 2009). RTP arbeitet eng mit RTCP zusammen, dem Real-Time Control Protocol. RTCP steuert die über RTP vermittelten Ströme und tauscht Verbindungsinformationen wie den Datendurchsatz mit allen Teilnehmern aus.

Audio und Video werden bei RTP über zwei getrennte Sitzungen (*Sessions*) übermittelt. Eine RTP-Session erlaubt es, Daten in beide Richtungen zu übertragen und ist damit für die Übertragung eines Gesprächs bestens geeignet.

3 Analyse

In diesem Kapitel werden Untersuchungen angestellt, welche Arten der Kommunikation ein Smart Home System anbieten muss, um die Bedürfnisse der menschlichen Kommunikation zu befriedigen. Dazu werden Eigenschaften der menschlichen Kommunikation auf die Möglichkeiten der digitalen Kommunikation abgebildet. Daraus entstehen die konkreten Anforderungen an das zu entwerfende System.

3.1 Problemstellung und Abgrenzung

In dieser Arbeit werden die Möglichkeiten untersucht, wie ein intelligentes informationstechnisches System die zwischenmenschliche Kommunikation mit den Mitteln der digitalen Medien unterstützen, vereinfachen und erweitern kann. Es soll ein System entworfen werden, welches es dem Anwender ermöglicht, auf eine einfache und natürliche Weise mit einem oder mehreren Gesprächspartnern zu kommunizieren. Dafür werden die Möglichkeiten verwendet, die immer kleinere, ständig vernetzte und mobile Geräte für diesen Zweck eröffnen. Das Konzept orientiert sich dabei an den Ideen von Mark Weiser im Bereich des Ubiquitous Computing sowie anderen Forschungsarbeiten dieses Themengebiets.

Ein Kommunikationssystem dieser Art kann in unterschiedliche Umgebungen eingebettet werden und dementsprechend unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Die rein private Anwendung eines Kommunikationssystems orientiert sich dabei eher an dem Freizeit-Aspekt der zwischenmenschlichen Kommunikation, wogegen ein solches System im Business-Bereich ganz andere Aufgaben zu erfüllen hat. Fokus in dieser Arbeit ist der Kommunikationsaspekt der Bewohner eines Smart Homes. Diese Arbeit beschränkt sich deshalb hauptsächlich auf die private Kommunikation über das System, also dem Gespräch mit Familie und Freunden. Mischformen von privat und geschäftlich im eigenen Wohnumfeld werden jedoch ebenfalls berücksichtigt und in den Entwurf des Modells einbezogen.

Im Rahmen eines Smart Homes muss ein Kommunikationssystem hauptsächlich den privaten Kommunikationsbedarf mehrerer Bewohner berücksichtigen. Das beinhaltet die unterschiedlichen Anforderungen jedes Einzelnen sowie die Sicherheit und Privatsphäre aller Personen. Das Beispiel des Raumklangtelefons soll verdeutlichen, wie die Kommunikation

von festen Orten und Geräten gelöst werden kann. Der Begriff Telefon ist hier nicht als Gerät sondern als Metapher für ein privates, zwischenmenschliches Gespräch zu sehen.

3.2 Kommunikation

Die menschliche Kommunikation ist eine Form der Interaktion. Hierbei steht besonders der Austausch von Nachrichten im Vordergrund. Das „Material“ der Kommunikation ist neben Worten aber ebenso Tonfall, Sprachgeschwindigkeit und Pausen der Beteiligten. Auch bringt der Sender einer Nachricht immer die Beziehung zum Empfänger zum Ausdruck. Diese wird in einer Information über die eigentliche Information vermittelt, der sogenannten Metainformation. Der Kommunikationsforscher Paul Watzlawick stellt fest, dass „alles Verhalten in einer zwischenpersönlichen Situation Mitteilungscharakter hat“ (Watzlawick, 2007, S. 51).

Heutzutage findet Kommunikation auf unterschiedlichste Arten statt und Menschen nutzen dafür verschiedene Wege. Neben dem direkten, persönlichen Gespräch kam mit der Erfindung des Telefons die erste Möglichkeit hinzu, sich über eine Distanz zu unterhalten. Moderne Technologien brachten den schnellen Austausch per E-Mail und ermöglichten weltweite Videoübertragung in guter Qualität. Doch keine dieser Technologien erreicht einen Detailgrad, der mit einem persönlichen Gespräch vergleichbar ist. Denn die zwischenmenschliche Kommunikation beinhaltet immer auch non-verbale Kommunikation und soziale Interaktion. Gestik, Mimik sowie die Beziehung der Kommunizierenden zueinander beeinflussen die Art und den Inhalt des Gesprächs. Auch die digitale Kommunikation sollte dieses Mehr an Informationen vermitteln können.

Ein modernes Kommunikationssystem sollte diese Nachrichten für die Gesprächsteilnehmer transparent und direkt übermitteln, um die zwischenmenschliche Kommunikation unter Nutzung all ihrer Elemente zu ermöglichen. Eine E-Mail hingegen blendet eine ganze Menge an Informationen aus: es fehlen Tonfall und Betonung in der geschriebenen Sprache genauso wie Gestik und Mimik des Nachrichtensenders. Ein Telefonat beinhaltet zwar die Metainformation Tonfall, doch erst bei einer Videoübertragung wird der größte Teil der nötigen Informationen übermittelt. Videotelefonate sind bisher aber hauptsächlich an PCs gebunden und zwingen die Beteiligten so in eine gesprächsuntypische Situation.

Damit das Ziel der Transparenz erreicht werden kann, muss das Gespräch neben der Zuhilfenahme von Audio- und Videodaten auch ortsunabhängig sein. Das bedeutet, dass die digitale Kommunikation über das System auch an den Orten stattfinden soll, an denen sich Menschen normalerweise unterhalten würden. Das sind zum Beispiel Wohnzimmer und Küche einer Wohnung. So wie sich die Beteiligten einer direkten Unterhaltung im Raum bewegen können, so soll sich auch das digitale Kommunikationssystem an sich ändernde Bedingungen anpassen.

Weiterhin werden zwei wesentliche Arten der Kommunikation unterschieden: synchrone und asynchrone Kommunikation.

3.2.1 Synchrone Kommunikation

Die direkte Kommunikation zwischen Gesprächspartnern findet stets synchron statt. Synchrone Kommunikation bedeutet, dass die Gesprächsteilnehmer sich ohne Verzögerung (in Echtzeit) austauschen können. Stellt einer der Teilnehmer zum Beispiel eine Frage, so kann ein weiterer sofort darauf antworten. Ein Telefonat beispielsweise ist eine digitale Form der synchronen Kommunikation.

3.2.2 Asynchrone Kommunikation

Asynchrone Kommunikation findet statt, wenn ein Teilnehmer eine Nachricht hinterlässt, aber nicht auf deren Beantwortung wartet. Die Beantwortung einer Nachricht kann sofort, mit Verzögerung oder auch gar nicht erfolgen. Ein Beispiel hierfür ist ein Anrufbeantworter.

In dieser Arbeit wird hauptsächlich die synchrone, also die einem zwischenmenschlichen Gespräch ähnliche, Kommunikationsform berücksichtigt. Eine asynchrone Form der Interaktion in einer Smart Home Umgebung beschreibt [Bornemann \(2011\)](#).

3.3 Anforderungen

In dieser Arbeit soll ein Kommunikationssystem im Umfeld einer intelligenten Wohnung untersucht werden. Dazu werden zunächst zwei Anwendungsfälle vorgestellt, die das zu entwerfende System genauer vorstellen sollen. Dabei werden die u. a. von Mark Weiser aufgestellten Theorien berücksichtigt und in ein konkretes Szenario umgesetzt. Im Mittelpunkt soll dabei jederzeit die Kommunikation der Anwender untereinander stehen.

By pushing computers into the background, embodied virtuality will make individuals more aware of the people on the other ends of their computer links.

*Mark Weiser
(Weiser, 1991)*

Aus diesen exemplarischen Anwendungsfällen werden anschließend die Anforderungen und Voraussetzungen für das System abgeleitet.

3.3.1 Szenarien

Diese zwei fiktiven Szenarien beschreiben die zu Grunde liegende Vision in beispielhaften Anwendungsfällen.

Das Home-Office von Alice

Alice arbeitet in der Marketing-Abteilung eines Software-Unternehmens. Da sie zwei kleine Kinder hat, arbeitet Alice oft von zu Hause. Während die Kinder noch im Kindergarten sind, tauscht sie Neuigkeiten mit ihren Kollegen aus. Mit dem in der Wohnung eingebauten Kommunikationssystem kann Alice sich auf Wunsch mit dem Büro ihrer Kollegen verbinden und sich so auch von zu Hause an Meetings und Diskussionen beteiligen.

Während Alice gerade das Mittagessen zubereitet, wird ihr ein einkommender Anruf aus dem Büro angezeigt. Über die Lautsprecher wird ihr mitgeteilt, dass ihr Büro sie automatisch zu einer Diskussion hinzuschalten möchte. Alice akzeptiert das Gespräch, und das Büro eines Kollegen erscheint auf einer Anzeige in der Küche. Das System an ihrem Arbeitsplatz hat erkannt, dass mehrere Kollegen über ein neues Problem diskutieren, welches auch ihr eigenes Projekt betrifft. Damit Alice nichts verpasst, wird sie informiert und kann so direkt an der Diskussion teilnehmen.

Alice tauscht sich mit ihren Arbeitskollegen über das entstandene Problem und die möglichen Lösungen aus. Da schnell eine Lösung gefunden werden soll, sind noch weitere Kollegen per Videokonferenz zugeschaltet, die derzeit nicht am Arbeitsplatz sind. So können sich alle Teammitglieder in die Entscheidungsfindung einbringen. Nachdem die Teilnehmer eine Lösung gefunden haben, möchte Alice noch mit einem Kollegen alleine sprechen. Sie benötigt noch ein paar Unterlagen, holt einen Ordner aus einem Regal und setzt sich dann an den Schreibtisch. Auch das Gespräch mit ihrem Kollegen ist ihr gefolgt. Das Bild ihres Kollegen wird nun auf einem Fernseher in Alice's Büro angezeigt. Das Bild von Alice wird ebenfalls von den in der Wohnung eingebauten Kameras erfasst, auch wenn sie den Raum wechselt. Das Gespräch kann so ohne Unterbrechung fortgesetzt werden.

Kurz nach dem Gespräch mit dem Kollegen kommen Alice's Kinder nach Hause. Nach dem Mittagessen schauen sich die drei gemeinsam einen Film im Wohnzimmer an. Ein einkommender Anruf von Alice's Vorgesetztem wird angezeigt. Sie akzeptiert das Gespräch, dieses wird aber nicht sofort gestartet. Da ihre Kinder zu Hause sind, möchte Alice nicht, dass ein berufliches Gespräch im selben Raum stattfindet. Einerseits schützt dieses die Privatsphäre ihrer Familie, andererseits können die Kinder den Film ungestört weiterschauen. Das System erkennt diese Situation und wartet, bis Alice sich alleine in einem Raum aufhält. Als sie ihr Büro betritt, startet die Audio- und Videoübertragung und das Gespräch mit ihrem Vorgesetzten wird hergestellt.

Bob auf dem Weg zu Freunden

Bob ist nach der Arbeit noch einmal zu Hause vorbeigefahren, um ein paar Sachen abzuholen. Er ist zum Abendessen bei Freunden eingeladen und wurde von den Gastgebern gebeten, den Wein mitzubringen. Gerade als er die Wohnung betritt, klingelt sein Mobiltelefon. Der eingehende Anruf wird ebenfalls auf einer Anzeige neben der Wohnungstür signalisiert und der Name des Anrufers angezeigt. Der Anrufer Charlie ist ein alter Schulfreund von Bob und arbeitet derzeit im Ausland. Da Bob gerade noch beide Hände voll hat, nimmt er das Gespräch nicht über sein Mobiltelefon, sondern über das Raumklangtelefon an. Sofort erscheint im Display das Bild des Anrufers und das Gespräch ist über die in der Wohnung eingebauten Lautsprecher zu hören. Während Bob in der Küche den Wein holt, führen die beiden das Gespräch über das dort eingebaute Display fort. Anschließend geht Bob in das Schlafzimmer, um dort den Anzug gegen freizeittaugliche Bekleidung zu wechseln. Da Bob das Schlafzimmer als wichtigen Teil seiner Privatsphäre ansieht, hat er das Kommunikationssystem hier eingeschränkt. Eine Nutzung der Kameras im Schlafzimmer ist für das Gespräch mit Charlie nicht gestattet, da nur enge Familienangehörige auf diesen Teilbereich Zugriff haben. Während Bob zwar Charlies Videobild auf dem Fernseher im Schlafzimmer sehen kann, bleiben Bobs Kameras ausgeschaltet und eine Videoübertragung ist kurzzeitig unterbunden.

Da Bob nicht zu spät zum Abendessen kommen möchte, nimmt er sein Mobiltelefon an sich und verlässt das Haus. Auf dem Weg zum Auto setzen die beiden ihr Gespräch über das Mobiltelefon fort. Im Auto angekommen wird das Gespräch direkt auf die Lautsprecher umgelegt. Da Bob alleine fährt, bleibt die Videoübertragung ausgeschaltet. Ein Videobild würde zu sehr vom Straßenverkehr ablenken. Nach einer kurzen Fahrt betritt Bob die Wohnung seiner Gastgeber, das Gespräch ist weiterhin auf dem Mobiltelefon aktiv. Da auch die Gastgeber mit Charlie befreundet sind, möchten diese ebenfalls am Gespräch teilhaben. Nachdem Bob eine Taste auf seinem Mobiltelefon gedrückt hat, wird Charlies Video auf dem Fernseher im Wohnzimmer seiner Freunde angezeigt und das Gespräch über die Lautsprecher wiedergegeben. So können alle Anwesenden an dem Gespräch teilnehmen.

3.3.2 Funktionale Anforderungen

Nachdem zwei wesentliche Szenarien einen Ausblick gegeben haben, was das System leisten soll, werden nun die daraus gewonnen Erkenntnisse abgeleitet. Diese werden nach Wichtigkeit sortiert und die Anforderungen zu Gruppen zusammengefasst. Dabei werden zunächst die funktionalen Anforderungen beschrieben, welche den Funktionsumfang des Systems darstellen. Die nicht-funktionalen Anforderungen beschreiben die Qualität, die die einzelnen Funktionen bieten sollen.

Die hier aufgelisteten Anforderungen sind nicht vollständig und dienen hauptsächlich der Analyse des zu entwickelnden Systems.

F1 Ein Gespräch starten und beenden

Haupteinsatzgebiet des zu entwickelnden Systems ist die digitale Kommunikation in einem Smart Home. So ist der reibungslose Verbindungsauf- und Abbau zum Gesprächspartner die wichtigste Funktionalität. Dabei ist eine Kompatibilität mit möglichst jedem entfernten Endgerät zu erreichen. Denn nur so wird der Anwender von der zur Kommunikation verwendeten Technik möglichst wenig bemerken.

Der Anwender soll

1. eine Nummer oder einen Kontakt eingeben und wählen können.
2. eine Nummer oder einen Kontakt aus einem Adressbuch anrufen können.
3. den aktuellen Verbindungsstatus angezeigt oder akustisch mitgeteilt bekommen.
4. ein Gespräch oder einen Verbindungsaufbau jederzeit beenden können.

Das folgende Use Case Diagramm beschreibt die Anforderungen.

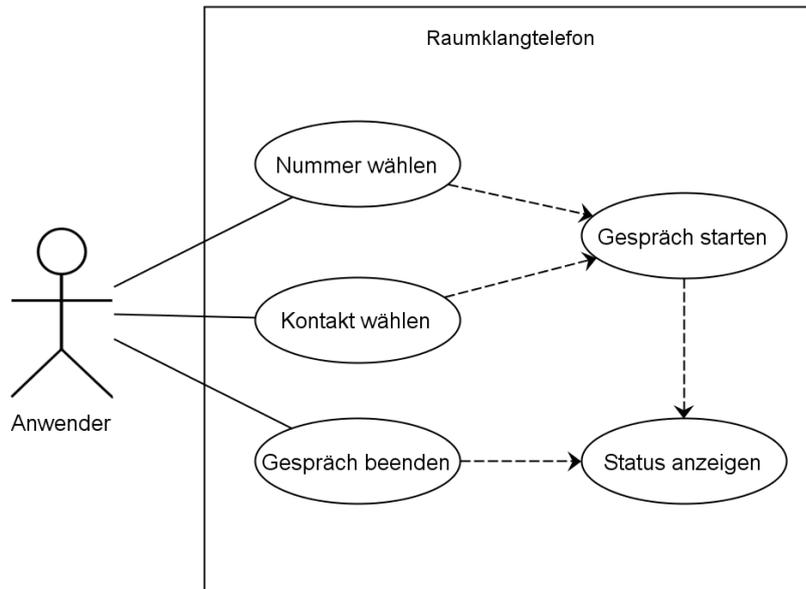


Abbildung 3.1: Use Case Diagramm 1: Ein Gespräch starten und beenden

F2 Ein Gespräch entgegennehmen

Aus Kompatibilitätsgründen soll der Anwender unter einer herkömmlichen Telefonnummer erreichbar sein. Ein einkommender Anruf wird akustisch signalisiert und der Name des Anrufers angezeigt. Informationen über die aktuelle Tageszeit und die Aktivität des Anwenders sollen mit in die Reaktion des Systems einfließen. Schläft der Anwender, so dürfen nur wichtige Anrufe ein akustisches Signal abgeben.

Der Anwender soll

1. unter einer Standard-Rufnummer laut [Bundesnetzagentur \(2011\)](#) erreichbar sein.
2. einen einkommenden Anruf akustisch signalisiert bekommen.
3. den Namen des Anrufers angezeigt oder akustisch mitgeteilt bekommen.
4. den Anruf annehmen oder ablehnen können.

Das System soll

1. einen Anruf nur dann signalisieren, wenn der Anwender diesen auch annehmen kann.
2. einen Anruf abweisen, wenn der Anwender schläft oder anderweitig verhindert ist.

F3 Ein Gespräch über ein in der Nähe befindliches Audiogerät führen

Die Kommunikation soll für die Teilnehmer so intuitiv wie möglich ablaufen. Dabei soll die verwendete Technik transparent bleiben und der Fokus auf das eigentliche Gespräch gelegt werden. Statt eines Telefonhörers werden die in der Wohnung vorhandenen Audiogeräte für die Kommunikation verwendet.

Der Anwender soll

1. ein Gespräch über die in der Wohnung vorhandenen Audiogeräte führen können.
2. die verwendeten Audiogeräte nicht explizit wählen müssen.
3. Einfluss auf die Wahl der verwendeten Audiogeräte haben.

Das System soll

1. die Position des Anwenders in der Wohnung kennen.
2. ein Gespräch über einen in der Nähe des Anwenders befindlichen Lautsprecher wiedergeben.
3. ein in der Nähe des Anwenders befindliches Mikrofon für die Audio-Aufzeichnung verwenden.

4. ein tragbares Gerät verwenden, wenn der Anwender sich nicht in der Wohnung aufhält.
5. ein Gespräch nicht automatisch laut wiedergeben, wenn sich andere Personen im Raum aufhalten.

F4 Das Gespräch folgt dem Anwender

Ein Gespräch soll nicht statisch an einen Raum gebunden sein, sondern dem Anwender folgen, wenn dieser den Raum wechselt. Das setzt voraus, dass in jedem Raum, in dem ein Gespräch geführt werden soll, die entsprechenden Geräte vorhanden sind. Doch auch außerhalb der Wohnung soll ein mobiles Endgerät eine Weiterführung des Gesprächs ermöglichen.

Der Anwender soll

1. die verwendeten Audiogeräte nicht explizit wählen müssen.
2. Einfluss auf die Wahl der verwendeten Audiogeräte haben.

Das System soll

1. die jeweils aktuelle Position des Anwenders in der Wohnung kennen.
2. bei Positionswechsel des Anwenders dynamisch die verwendeten Geräte bestimmen.
3. die Wahl der verwendeten Geräte automatisch treffen.
4. bei Verlassen des Einzugsbereiches das Gespräch auf einem mobilen Gerät weiterführen.

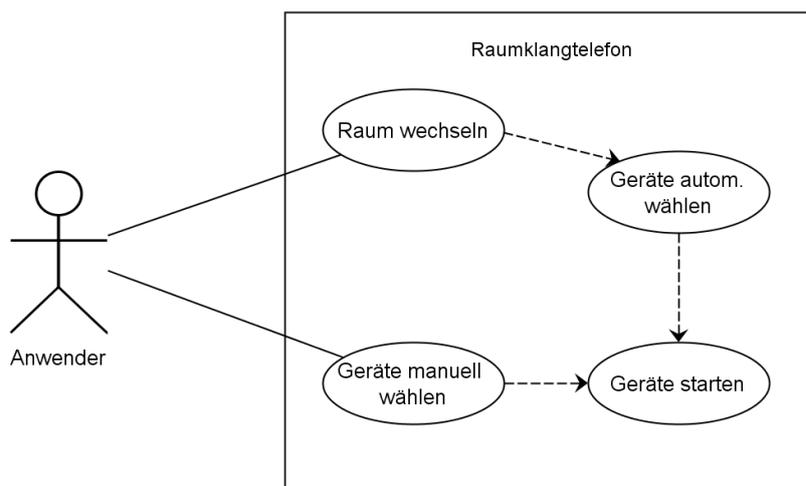


Abbildung 3.2: Use Case Diagramm 2: Raum wechseln und Geräte wählen (F3 und F4)

F5 Video-Übertragung zuschalten

Wenn am aktuellen Aufenthaltsort des Anwenders ein Anzeigegerät und eine Videokamera vorhanden ist, so sollen diese automatisch für ein Gespräch verwendet werden. Wenn die Privatsphären-Einstellung des Anwenders es erlaubt, soll dieser an jeder Position von einer Kamera erfasst werden. Ebenso soll jeweils eine Anzeige gewählt werden, welche vom Anwender gesehen werden kann. Dabei sollen die Geräte möglichst so gewählt werden, dass sich die Gesprächspartner während der Unterhaltung ansehen können.

Der Anwender soll

1. die verwendeten Videogeräte nicht explizit wählen müssen.
2. Einfluss auf die Wahl der verwendeten Videogeräte haben.

Das System soll

1. eine Kamera wählen, die den Anwender aktuell erfasst.
2. eine Anzeige wählen, welche für den Anwender ersichtlich ist.
3. die Wahl der verwendeten Geräte automatisch treffen.
4. nur in erlaubten Situationen und Räumen automatisch ein Videobild verwenden.

3.3.3 Nicht-Funktionale Anforderungen

Die nicht-funktionalen Anforderungen an das System beschreiben, wie gut es die oben genannten Funktionen und Leistungen erbringen soll. Es werden außerdem Fähigkeiten gefordert, welche die Akzeptanz des zu entwickelnden Systems bei dem Anwender erhöhen sollen.

NF1 Benutzbarkeit

Die Benutzbarkeit einer Anwendung fordert eine einfache Bedienung auf der einen, aber auch eine zweckmäßige Ausrichtung auf der anderen Seite. Es soll dem Anwender möglich sein, das System intuitiv und ohne Einweisung bedienen zu können. Der Benutzer soll dafür kein Handbuch lesen müssen.

Eine Studie des Instituts für Innovation und Technik im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) beschreibt dies so: „Informations- und Kommunikationstechnologien müssen für bestimmte Zielgruppen (ältere Menschen und Wenig-Nutzer mit

geringer Technikaffinität) ein hohes Maß an „Unaufdringlichkeit“ aufweisen bzw. dürfen nicht als störend oder belästigend empfunden werden.“ (Strese u. a., 2010, S. 10).

Die einfache Bedienbarkeit soll bei diesem Kommunikationssystem dadurch erreicht werden, dass der Anwender den Dienst ohne vorherige Konfiguration nutzen kann. Alle zum Betrieb notwendigen Einstellungen soll das System automatisch vornehmen. Auch die Wahl der verwendeten Kommunikationsgeräte soll, wie auch **Anforderung F3** verlangt, im regulären Betrieb nicht durch den Benutzer gesteuert werden müssen. Nur durch die vollständig autonome Betriebsart kann die Transparenz der Funktionsweise des technischen Systems für den Endnutzer gewährleistet werden. Der Anwender soll mit den Gesprächspartnern so kommunizieren können, wie er dies in einem persönlichen Gespräch kann. Mit der Verwendung eines technischen Systems sollen sich keine Einschränkungen ergeben sondern vielmehr weitere Möglichkeiten eröffnen.

Wenn Fehler auftreten oder gewünschte Funktionen temporär nicht nutzbar sind, soll dem Anwender eine nachvollziehbare Begründung des Fehlverhaltens angeboten werden. Grundsätzlich gilt dabei aber, die Zahl der möglichen Fehler zu minimieren, so dass eine dauerhaft uneingeschränkte Funktion des Systems gegeben ist. Dafür muss das System so ausgelegt sein, dass kritische Komponenten doppelt vorhanden sein können.

NF2 Veränderbarkeit

Da das Kommunikationssystem kein abgeschlossenes System darstellt, ist es unerlässlich, schon beim ersten Entwurf mögliche Änderungen zu berücksichtigen. Dabei soll es dem Anwender möglich sein, weitere Geräte in das System zu integrieren, ohne diese konfigurieren zu müssen. Dies kann zum Beispiel ein neu erworbenes Fernsehgerät sein, ein Mobiltelefon oder das eines Gastes, welches sich nur zeitweilig im System registriert.

Veränderbarkeit bedeutet zum einen, dass die einzelnen Geräte im System möglichst unabhängig voneinander, also nur schwach gekoppelt, sein sollen. Nach Austausch oder Hinzufügen von Geräten sollen alle anderen Funktionen im System ohne Änderung weiterhin funktionieren. Zum anderen soll es aber auch möglich sein, bestehende Komponenten aus dem Kommunikationsverbund zu entfernen. Ein Ausfall einer nur temporär verfügbaren Information oder Ressourcen soll keine Beeinträchtigung des Systems darstellen. Grundsätzlich gilt: ist eine Information oder eine Komponente verfügbar, so soll diese genutzt werden. Ist dies nicht (mehr) der Fall, so wird das System eine Entscheidung ohne diese Information oder Komponente treffen.

NF3 Privatsphäre

Im Laufe der Zeit sammelt das Kommunikationssystem einige Daten über Bewohner und deren Verhalten, um damit gezielter reagieren zu können. Die Entscheidungen, die das System trifft, basieren hauptsächlich auf diesen Informationen. Um aber die Akzeptanz eines Raumklangtelefons bei dem Anwender zu steigern, dürfen nur die Informationen gesammelt und gespeichert werden, die dringend für den Betrieb notwendig sind, beziehungsweise ohne welche das System sinnlos würde.

Es ist hierbei wichtig, eine Balance zwischen Privatsphäre und wichtigen Nutzerdaten herzustellen. Zum sinngemäßen Einsatz des Kommunikationssystems ist eine Grundmenge an Informationen nötig. Jede weitere Information, welche für die aktuelle Situation als relevant gilt, steigert die Qualität und Autonomie des Systems (siehe [Dey und Abowd, 1999](#)). Je genauer das System die Bedürfnisse des Anwenders zu einem Zeitpunkt kennt, desto genauer kann es sein Verhalten daran anpassen. Ist eine aufgezeichnete Information nicht länger relevant, so muss diese umgehend gelöscht werden. Außerdem muss der Benutzer die Möglichkeit haben, die vom System gespeicherten Informationen einzusehen und das Sammeln bestimmter Daten abstellen zu können.

Auch der Schutz der Privatsphäre vor dem Gesprächspartner ist ein wichtiger Punkt. Mit einem solchen Kommunikationssystem werden eventuell Bereiche der Wohnung sichtbar, welche vorher ausschließlich privat waren. Wie das zweite Szenario zeigt, muss es dem Bewohner möglich sein, diese privaten Bereiche in der Wohnung zu definieren. Das System soll aber nicht nur auf Bereiche, sondern auch auf Personen und Situationen Rücksicht nehmen. Während sich beispielsweise der Bewohner noch im Morgenmantel befindet, soll ein Anruf des Vorgesetzten keinen Zugriff auf das Videobild bekommen. Anders soll sich das System aber verhalten, wenn eine vertraute Person oder ein Familienmitglied anruft.

NF4 Sicherheit

Die Aktionen und das Verhalten des Kommunikationssystems basieren auf einer Menge Informationen, welche durch andere Dienste und Geräte im System zur Verfügung gestellt werden. Viele dieser Informationen sind persönliche Daten wie beispielsweise die aktuelle Position und Aktivität des Bewohners. Auch Kamerabild und aufgezeichnete Audiodaten sind sensible Informationen, die besondere Aufmerksamkeit auf das Thema Sicherheit lenken.

Sicherheit bedeutet zum einen, das System gegenüber Angriffen von außen zu schützen. Unbefugte dürfen keinen Zugriff auf Daten und Informationen erhalten. Ebenso wenig dürfen Dritte die Geräte und Dienste im System ansprechen können, um damit die Funktionsweise des Systems zu beeinträchtigen.

Sicherheit bedeutet aber auch, dass Dienste, die sich erlaubterweise bereits im Netz befinden, nur auf die wirklich notwendigen Daten zugreifen können. Diese dürfen nur für den reibungslosen Betrieb des Kommunikationssystems genutzt werden und nicht unbefugt verwendet, gespeichert oder weitergegeben werden.

NF5 Performanz

Zur Steigerung der Akzeptanz durch den Nutzer sowie zu einer besseren Benutzbarkeit trägt die Performanz maßgeblich bei. Das System soll also auf Eingaben und Anweisungen des Anwenders ohne große Verzögerung reagieren und das gewünschte Ergebnis liefern. Sind für die Ausführung benötigte Dienste derzeit nicht verfügbar, so soll dem Anwender dies angezeigt werden.

3.4 Systemverhalten

Dieser Abschnitt beschreibt die gewünschte Funktionsweise und das Verhalten des Systems.

3.4.1 Informationsgewinnung

Die Hauptaufgabe des Kommunikationssystems ist die für den Anwender einfache Nutzung der vorhandenen Kommunikationsgeräte im Raum zur Unterstützung des Telefonats. Zur Wahl der richtigen Geräte sind jedoch eine Menge Informationen notwendig.

Zu den bisher erwähnten Daten wie die Position des Anwenders in der Wohnung kommen weitere hinzu. Diese beinhalten logische Informationen wie Tages- und Jahreszeit sowie ermittelte Daten wie aktuelle Temperatur und Wettervorhersage ([Ellenberg u. a., 2011](#)). Um die Forderung nach einer intuitiven Benutzerinteraktion zu erfüllen, muss das System den aktuellen Kontext des Anwenders erfassen und in die jeweiligen Entscheidungen mit einbeziehen.

Wie bereits im Abschnitt [3.2](#) erwähnt, soll die verwendete Technik für die Gesprächsteilnehmer transparent bleiben. Dazu müssen Informationen über die Beziehung der Teilnehmer zueinander bekannt sein und für das Verhalten des Systems herangezogen werden. Diese Daten können entweder von einem Dienst des Systems erlernt werden oder explizit vom Anwender spezifiziert werden. Letzteres Vorgehen ist mit der Verwaltung eines persönlichen Telefon-Verzeichnisses mit verschiedenen Personengruppen zu vergleichen.

Positionsänderung

Die Anforderungen [F3](#) und [F4](#) verlangen, dass ein Gespräch dem Anwender in der Wohnung folgt. Dazu ist es nötig, nicht nur beim Gesprächsaufbau die Position des Anwenders zu kennen, sondern diese für die Dauer eines Gesprächs zu verfolgen.

Ändert sich die Position des Anwenders, so müssen eventuell auch die verwendeten Geräte geändert werden. Wenn der Anwender beispielsweise einen Raum verlässt, soll das Gespräch direkt über die Lautsprecher des Raums wiedergegeben werden, in dem er sich anschließend befindet. Es ist also wichtig, dass der Kontext des Anwenders ständig aktualisiert wird und die darauf basierenden Entscheidungen an den geänderten Kontext angepasst werden.

Entscheidungsfindung

Die gesammelten Informationen müssen ausgewertet und priorisiert werden, um das System entsprechend reagieren zu lassen. Die Masse der reinen Daten wird anschließend nach bestimmten Mustern zu komplexeren Informationen zusammengesetzt, welche in einem bestimmten Zusammenhang wiederum ein Szenario bilden.

Die Kombination aus der aktuellen Position einer Person im Wohnraum und Daten über die Raumaufteilung der Wohnung ergibt zum Beispiel Informationen über den logischen Aufenthaltsort. Aus der reinen Positionsinformation wird durch Kombination die Information „Schlafzimmer“. Eine mögliche Umsetzung eines „Indoor Spatial Information Services“¹ für Smart Homes zeigt [Karstaedt \(2011\)](#) auf, um umfangreiches Wissen über die Anwender-Position aus einem Gebäudemodell zu generieren. Mit genaueren Daten lassen sich noch detailliertere Angaben ableiten und so u. a. auf die Aktivität der Person schließen. So kann beispielsweise der Aufenthaltsort „Dusche“ im Raum „Badezimmer“ um 7:15 Uhr mit der Aktion „duschen“ verknüpft werden.

Bei der Auswahl der zu verwendenden Kommunikationsgeräte im Netz soll nicht zwingend das nächstgelegene Gerät gewählt werden. Vielmehr sollen weitere Kriterien in die Entscheidung einfließen, um dem Anwender ein intuitives Bedienerlebnis zu bieten ([Anforderung F5](#)). Der Blickwinkel einer Kamera und der Betrachtungsbereich einer Anzeige müssen als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden. Diese Informationen kombiniert mit der Blickrichtung des Anwenders ergeben eine deutlich verbesserte Gerätewahl. Den Teilnehmern sollen die Möglichkeit gegeben werden, während eines Videogesprächs den Blickkontakt zu halten.

¹Ein Dienst, der auf „Basis eines dreidimensionalen IFC Modells Informationen über den Zustand physischer Entitäten sammelt [...] und semantische Informationen u.a. in Form räumlicher Relationen“ zur Verfügung stellt ([Karstaedt, 2011](#), S. 3).

Die Entscheidungen hängen auch von den beteiligten Personen einer Kommunikation ab. Dies beinhaltet Personen, die sich lokal in dem Wohnraum befinden, sowie die entfernten Personen, mit denen eine Unterhaltung stattfindet. Wichtig ist hier besonders, in welcher sozialen Rangordnung die beteiligten Personen zueinander stehen. Anrufe von Kollegen oder Vorgesetzten müssen daher erkannt und anders behandelt werden als solche von Freunden und Familienmitgliedern. Wie im ersten Szenario beschrieben sollen Arbeitskollegen je nach Privatsphäre-Wünschen des Anwenders beispielsweise kein Videobild der Wohnräume erhalten. Ein Gespräch mit dieser Personengruppe wird vom System somit also nur im Arbeitsraum automatisch gestartet.

Szenarien

Ein Szenario beschreibt eine Kommunikations-Situation in dem Wohnraum und definiert die Verhaltensweise des Systems in dieser Situation. Es beinhaltet Informationen über die Gesprächsteilnehmer, deren Beziehung zueinander, die im Wohnraum befindlichen Personen, die Aktivität des lokalen Teilnehmers sowie einige weitere Details.

Szenarien sind vordefinierte Verhaltensmuster, die das System in einer Situation den Wünschen des Anwenders entsprechend verhalten lässt (Stegelmeier u. a., 2009). Die Entscheidungen, die das System trifft, basieren daher auf diesen Szenarien und bestimmen die Reaktion. Ein Szenario kann beispielsweise aus den Teilen „Vorgesetzter ruft an“, „Angerufener befindet sich im Wohnzimmer“ und „Gäste befinden sich im Wohnzimmer“ bestehen. Eine Reaktion des Systems darauf wäre zum Beispiel, das Gespräch in einem anderen Raum anzubieten, in dem der Angerufene ungestört sprechen kann.

Ist für eine Situation kein Szenario definiert, so kann das System nach ähnlichen Mustern suchen und entsprechend reagieren. Szenarien können außerdem Prioritäten erhalten, damit eine ungewollte Verhaltensweise jederzeit ausgeschlossen ist. So kann zum Beispiel das Szenario „Angerufener befindet sich im Badezimmer“ das System dazu veranlassen, einen Anruf abzuweisen. Ein Anruf in dieser Situation kann trotzdem für bestimmte Personengruppen erlaubt werden.

3.4.2 Einfluss des Anwenders

Alle Entscheidungen des Systems sollen sich an den Bedürfnissen des Benutzers orientieren. Grundsätzlich soll das System diese Entscheidungen zwar möglichst autonom treffen, dem Nutzer soll es aber jederzeit möglich sein, das Verhalten des Systems in der aktuellen Situation zu ändern.

Die Entscheidung über die Auswahl der verwendeten audiovisuellen Geräte trifft in erster Instanz das System. Es bedarf also weder einer direkten Auswahl der Geräte noch einer expliziten Bestätigung der Wahl durch den Anwender. Dieser kann die Entscheidung des Systems aber verändern. Die Wahl des verwendeten Anzeige-Gerätes zum Beispiel soll nach [Anforderung F4](#) vom Anwender an seine aktuellen Bedürfnisse angepasst werden können. Der Anwender kann so zum Beispiel auch in den Räumen die Videoübertragung aktivieren, in denen es dem System aus Gründen der Privatsphäre nicht automatisch gestattet ist.

Um noch gezielter auf das Verhalten des Anwenders einzugehen, können Lernmechanismen die vorhandenen Szenarien anpassen und erweitern. Das System übernimmt die Auswahl des Anwenders also auch beim nächsten Mal, wenn diese Situation auftritt. Damit passt sich dieses dynamisch den Bedürfnissen des Nutzers an. Diese Arbeit geht jedoch nicht weiter auf diesen Aspekt ein.

Benutzerinteraktion

Die intuitive Steuerung des Systems durch den Benutzer erfordert ein breites Spektrum an Interaktionsmöglichkeiten. Beispiele dafür sind Gestensteuerung, Reaktionen auf Berührungen oder Stimmenerkennung.

Zum Tätigen und Entgegennehmen von Anrufen sowie zur Steuerung und Kontrolle weiterer Funktionen wird dem Anwender eine grafische Oberfläche angeboten. Diese kann in ein zentrales Steuerungssystem für das Smart Home integriert werden oder auch eigenständig auf einem oder mehreren Geräten verfügbar sein.

Fehlerbehandlung

In einem System, welches intuitiv verwendet werden soll, ist die Behandlung der möglichen Fehlerfälle besonders wichtig. Ist ein Fehler aufgetreten, so soll das System weiterhin bedienbar bleiben.

Wenn ein Fehler auftritt, der in der aktuellen Situation keine Auswirkungen auf die Interaktion mit dem Anwender hat, so soll dieser nicht darüber informiert werden. Der zeitweilige Ausfall eines derzeit nicht verwendeten Audio-Dienstes beispielsweise ist kein für den Anwender relevanter Fehlerfall. Die nicht-funktionale [Anforderung NF2](#) nach Erweiterbarkeit des Systems fordert, dass das System beim Ausfall unkritischer Komponenten weiterhin mit den Verbleibenden zu funktionieren hat.

Fällt jedoch ein Audio-Dienst aus, welcher vom Anwender aktuell benutzt wird, so muss das System anders reagieren. Existiert ein weiterer Dienst, welcher ersatzweise ohne Beeinträchtigung für den Anwender genutzt werden kann, so wird dieser ausgewählt. Andernfalls

ist der Anwender über das Fehlverhalten zu informieren und hat so die Möglichkeit, direkt Einfluss auf die Wahl der ersatzweise verwendeten Geräte zu nehmen.

Bei kritischen Fehlern wie dem Abbruch eines Telefonats muss das System direkt in einen sicheren Zustand übergehen. Der Anwender ist über den Fehler sowie seine Einflussmöglichkeiten zu informieren. Das System kann dem Anwender anschließend zum Beispiel den erneuten Verbindungsaufbau anbieten.

3.4.3 Verbindung mit Gesprächspartner

Das Telefonat mit dem Gesprächspartner die wichtigste Verantwortung des Kommunikationssystems. Dies beinhaltet den Verbindungsauf- und Abbau sowie die Übermittlung der Audio- und Videodaten zwischen den Kommunikationsteilnehmern.

Damit auch die Anforderung nach einer Ausweitung des Gesprächs auf mobile Geräte erfüllt werden kann, muss für das Gespräch ein möglichst universell verwendbares Kommunikationsnetz gewählt werden. Unter anderem muss dessen Verfügbarkeit sehr hoch sein, damit ein Telefonat überall möglich ist. Ein offenes Netz wie das Internet stellt jedoch hohe Ansprüche an die Sicherheit der übertragenen Daten.

Verbindungsaufbau und -management

Ein Gespräch soll, wie auch [Anforderung F2](#) fordert, mit jeder herkömmlichen Telefonnummer möglich sein. Es soll aber trotzdem den gesamten Funktionsumfang des beschriebenen Kommunikationssystems zur Verfügung stellen. Deshalb ist ein flexibles, universelles Protokoll für den Verbindungsaufbau notwendig.

Ist ein Gespräch zum entfernten Teilnehmer aufgebaut, so muss das System auch weiterhin den Zustand der Verbindung überwachen können. Das beinhaltet das Aufrechterhalten des Gesprächs sowie notwendige Anpassungen an sich ändernde Bedingungen. Das kann zum Beispiel das Hinzufügen weiterer Gesprächsteilnehmer sein oder das Verlagern des Gesprächs in ein anderes Umfeld.

Auch technische Parameter wie der Datendurchsatz und die Qualität von Bild und Ton müssen überwacht und eventuell angepasst werden. Alle Eigenschaften der Unterhaltung sollten sich zur Laufzeit modifizieren lassen.

Sicherheit

Bei einer Übertragung von persönlichen Informationen über das Internet muss immer auf den Schutz der Daten geachtet werden. Hier betrifft dies vor allem den Aufbau einer Verbindung oder das Übertragen von Audio- und Video-Daten. Das Format der Datenübertragung muss diesen Aspekt berücksichtigen und ein gesichertes Gespräch ermöglichen.

Unbefugte Personen dürfen außerdem nicht an Informationen über die interne Funktionsweise des Systems gelangen. Auch die Kommunikation mit dem Gesprächspartner ist vor Manipulation oder Beeinträchtigung durch Angreifer zu schützen.

3.5 Fazit

Die beiden Szenarien haben zwei mögliche Anwendungsfälle des Systems dargestellt. Noch viele weitere Fälle sind denkbar, in denen das System die Kommunikation der Anwender erleichtern kann. Doch verdeutlichen die exemplarisch beschriebenen Situationen die Möglichkeiten, die solch ein System bietet. Die daraus abgeleiteten Anforderungen bilden die Grundlage der weiteren Arbeit.

Die Anforderungen verdeutlichen die Notwendigkeit vieler Informationen über den Anwender und seine Umwelt, um die entsprechenden Entscheidungen treffen zu können. Zum Beispiel ist die Ortung des Anwenders in dem Wohnraum Grundvoraussetzung für ein funktionierendes Kommunikationssystem. Je detailreicher diese Informationen, umso besser kann sich das System an die Situation anpassen. Neben einem Positionierungssystem und Sensoren werden netzwerkfähige Aufnahme- und Abspielgeräte in dem Wohnraum benötigt.

Wie die unterschiedlichen Anwendungsfälle zeigen, soll das System möglichst dynamisch auf sich ändernde Situationen reagieren. Im Mittelpunkt steht dabei der Anwender und seine Bedürfnisse. Die digitale Kommunikation soll sich daran orientieren und für den Anwender möglichst transparent bleiben.

4 Design

Im vorherigen Kapitel wurden die Anforderungen an das System ermittelt und genau spezifiziert. Auch wurden die daraus folgenden Voraussetzungen für die Anwendung ermittelt. Im Anschluss soll nun ein Gesamtkonzept für das zu entwerfende Raumklangtelefon entstehen.

4.1 System-Architektur

Das typische Einsatzgebiet des Systems (eine Wohnung) besteht in der Regel aus mehreren Räumen. Um dem Anwender in jedem Raum die Kommunikation zu ermöglichen, sind idealerweise in jedem Raum Geräte in das System eingebunden. Diese Geräte sind in einem Netz verbunden und tauschen untereinander Nachrichten aus. Man spricht hier von einem Kommunikationsverbund eines verteilten Systems.

Doch sind die teilnehmenden Geräte im System nicht nur räumlich verteilt, sondern bieten auch unterschiedliche Dienste an. Ein Gerät kann beispielsweise ein Lautsprecher sein, ein anderes ein Fernseher. Das erste Gerät kann somit nur Audiodaten wiedergeben, das zweite dagegen Audio- und Videodaten ([Anforderung F3](#)). Die Menge aller Geräte wird als Funktionsverbund bezeichnet. Heterogene Netze mit ganz unterschiedlichen Kommunikationsteilnehmern sind ein weiteres Merkmal verteilter Systeme.

Ein verteiltes System ist eine Kollektion unabhängiger Computer, die den Benutzern als ein Einzelcomputer erscheinen.

*Andrew S. Tanenbaum
([Tanenbaum und Steen, 2007](#))*

Tanenbaum impliziert dabei, dass diese unabhängigen Computer vernetzt sind und untereinander kommunizieren können. Für das zu entwerfende System geht diese Definition aber noch nicht weit genug: das verteilte System soll nicht als ein Einzelcomputer erscheinen, sondern gänzlich in den Hintergrund treten. Es soll dem Anwender als Dienst oder Funktion erscheinen, die dieser jederzeit nutzen kann. Welche Technik dafür eingesetzt wird beziehungsweise ob überhaupt soll dem Anwender dabei vollkommen verborgen bleiben.

Eine wichtige Aufgabe für ein verteiltes System ist das Auffinden der Kommunikationspartner in einem Netz. Ein Gerät muss nicht nur wissen, welche Dienste im Netz verfügbar sind, sondern auch wo und wie es diese erreichen kann. Eine statische Vergabe fester Endpunkte würde die Änderbarkeit des Systems stark beeinträchtigen und ist somit auszuschließen.

Die Anforderungen an die Bedienbarkeit durch den Anwender stellen einige Bedingungen an die Architektur des verteilten Systems. Besonders hervorzuheben sind hier die Punkte Transparenz, Fehlertoleranz und Verlässlichkeit.

4.1.1 Server-zentralisierte Architektur

Das konventionelle Client-Server Modell besteht zumeist aus einem zentralen Server, mit dem alle beteiligten Komponenten kommunizieren. Alle Dienste, die das System anbieten soll, werden am zentralen Server abgebildet. Er kennt ebenfalls alle anderen im System befindlichen Dienste und Geräte, die er zur Erbringung seiner Services benötigt. Erhält der Server eine Anfrage oder einen Auftrag, so bearbeitet er diese entweder selber oder leitet sie an einen sogenannten Subserver weiter. Der Auftrag bleibt aber weiterhin in der Verantwortung des zentralen Servers. Die Antwort des Subservers wird deshalb auch immer erst an den Server zurückgesendet ([Dunkel u. a., 2008](#)).

In der folgenden Abbildung (4.1) ist eine exemplarische Server-zentralisierte Architektur mit den Komponenten eines Smart Home Kommunikationssystems dargestellt. Der Auftraggeber ist in diesem Fall ein Dienst, welcher es dem Anwender ermöglicht, ein Telefongespräch zu führen. Für diese Aufgabe benötigt dieser Dienst weitere Geräte, die in der Wohnung vorhanden sind. Diese werden von dem zentralen Server verwaltet und angesteuert. Der Server kennt alle Geräte und deren Dienste im Netz. Mit einer Anfrage (1) an den Server startet der Nachrichtenaustausch im System. Ab hier übernimmt der Server die Verantwortung für die Anfrage und bearbeitet diese entsprechend. Es werden alle dazu benötigten Geräte und Dienste vom Server nacheinander aufgerufen und gestartet (2 - 5). Erst wenn die Anfrage des Clients vollständig bearbeitet wurde, kehrt der Kontrollfluss mit der Antwort (6) zum Client zurück.

Bezogen auf ein Kommunikationssystem in einem Smart Home ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

- Die Server-zentralisierte Architektur ist meist sehr simpel und übersichtlich. Das sorgt für eine klar strukturierte Kommunikation der Geräte im Netz. Da jedes Gerät nur den

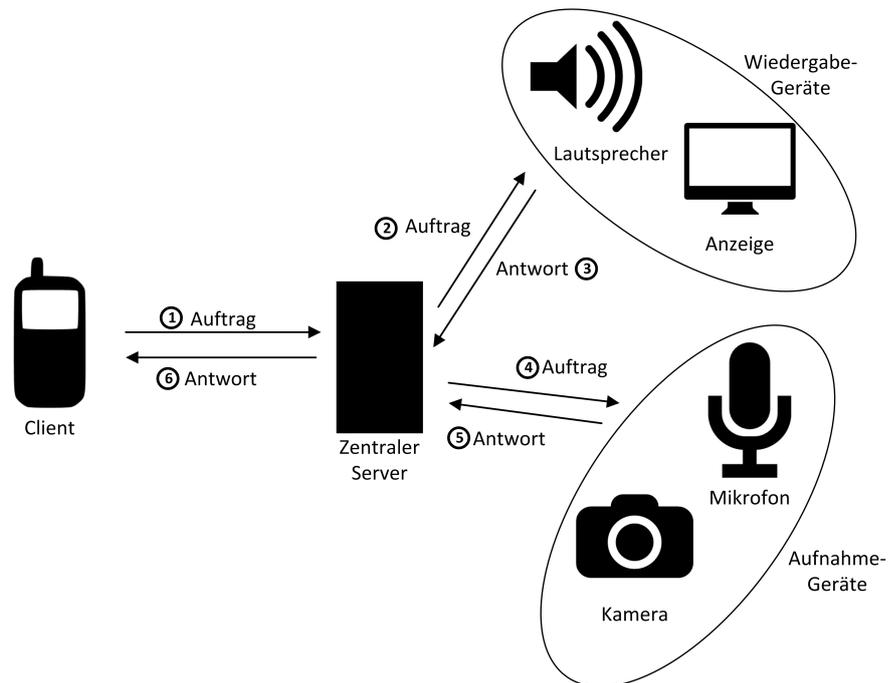


Abbildung 4.1: Server-zentralisierte Architektur am Beispiel des Kommunikationssystems

Server kennen muss, kann ein sehr einfaches Protokoll zum Informations- und Anfragentausch verwendet werden.

- Die weiteren Geräte, die dem Server Kommunikationskanäle wie Mikrophon und Lautsprecher zur Verfügung stellen, müssen nur einen Bruchteil der Informationen kennen, die der Server benötigt. Die Software-Komponente dieser Geräte ist deshalb in der Regel sehr einfach zu realisieren.
- Die notwendigen Informationen müssen nur auf einem Server gespeichert werden. Mit den entsprechenden Schutzmechanismen ist so eine hohe Sicherheit der Daten gewährleistet.

Nachteile

- Die Veränderbarkeit des Systems wird stark eingeschränkt. Nur vom Server unterstützte Dienste, Geräte und Funktionen können verwendet werden. Sollen neue Dienste angeboten werden, so müssen Geräte und Server geändert werden. Werden weitere Geräte hinzugefügt oder aus dem System entfernt, so muss auch der Server angepasst werden.

- Der Server bildet einen sogenannten „single point of failure“, also den kritischen Punkt des Systems. Ohne Redundanzen würde ein Ausfall der zentralen Instanz das gesamte System unbenutzbar machen.

4.1.2 Service-orientierte Architektur

Kerngedanke der Service-orientierten Architektur (SOA) ist es, funktionsgebundene, verteilte Dienste zur Laufzeit zu finden und zu nutzen. Die Anwendung, die einen Dienst nutzen möchte, kann diesen über einen Verzeichnisdienst finden. Eine standardisierte Schnittstellenbeschreibung teilt dem Anfragenden mit, welche Funktionen ein Dienst anbietet (Dunkel u. a., 2008). Die genaue Implementierung muss der Anfragende nicht kennen. Bei einem Dienst kann es sich um einen Sensor, einen Aktor oder auch ein Informationsangebot (zum Beispiel eine Datenbank) handeln.

Service-orientierte Architektur ist hier als abstraktes Muster für ein System zu verstehen. Das bedeutet, dass jedes Gerät als Dienst zu sehen ist. Nicht gemeint ist eine konkrete Umsetzung von SOA, welche meist im Bereich der Geschäftsanwendungen verwendet wird.

Das Service-orientierte Modell sieht drei beteiligte Komponenten vor: Dienstanbieter (*Service-provider*), Dienst-Konsumenten (*Service-consumer*) und einen Verzeichnisdienst (*Service-registry*). Die Dienste, die im Kommunikationssystem hauptsächlich aus den audiovisuellen Geräten bestehen, veröffentlichen ihre Schnittstellen bei dem Verzeichnisdienst. Ein Service-Konsument kann somit anhand gewisser Suchkriterien die gewünschten Dienste finden. Kommunikationsgeräte, die ihre Dienste im Netz veröffentlicht haben, können über diese einheitliche Schnittstelle gefunden und genutzt werden. Der Nachrichtenaustausch zwischen Konsument und Service basiert auf wohldefinierten Protokollen. Abbildung 4.2 zeigt die beteiligten Elemente einer Service-orientierten Architektur und deren Kommunikation untereinander.

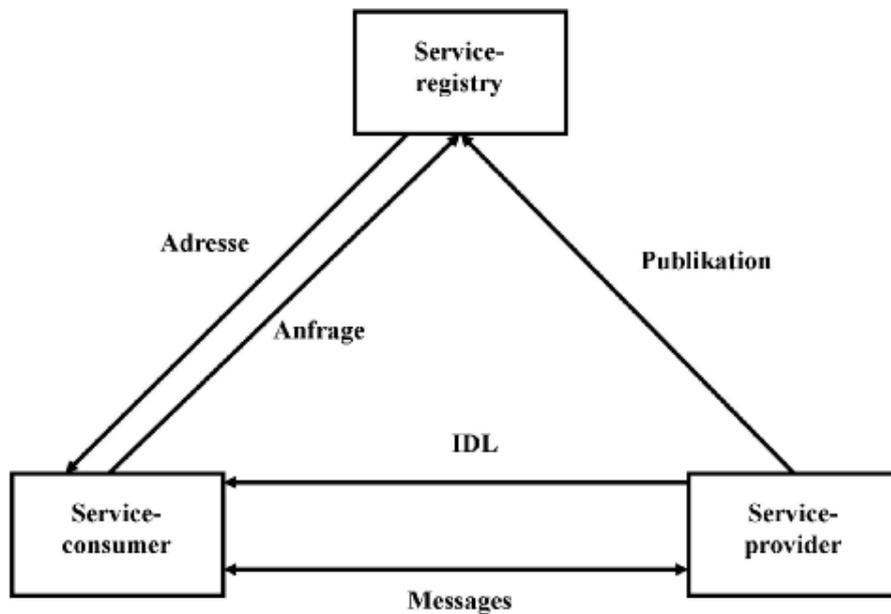


Abbildung 4.2: Die Elemente einer Service-orientierten Architektur und deren Beziehung aus Masak (2007)

Ein Hauptunterschied zur Server-zentralisierten Architektur ist dabei, dass SOA für den Einsatz in einem System heterogener Geräte ausgelegt ist, wie es auch hier der Fall ist (Dunkel u. a., 2008). Die einzelnen Anwendungen bleiben dabei funktional gekapselt und kommunizieren über ein standardisiertes Nachrichtenformat.

Weiterhin ist ein Dienst einer SOA ein eigener Verantwortungsbereich für eine spezielle Aufgabe. Während der Server einer Server-zentralisierten Architektur für die Ausführung der Anfragen an die einzelnen Dienste verantwortlich ist, trägt der Verzeichnisdienst einer SOA wesentlich weniger Verantwortung. Nachdem der Verzeichnisdienst eine Suchanfrage beantwortet hat, ist dieser an dem weiteren Ablauf nicht beteiligt. Der anfragende Konsument trägt ab hier die Verantwortung für den erfolgreichen Verlauf seines Auftrags an einen Dienst.

Das abstrakte Konzept der Service-orientierten Architektur erfüllt bereits einige der nicht-funktionalen Anforderungen des Systems. So bietet die schwache Kopplung eines SOA-Dienstes an den Dienstenutzer ein hohes Maß an Erweiterbarkeit und Veränderbarkeit. Neue Komponenten können sich an einem Verzeichnisdienst anmelden und stehen sofort als weiterer Kommunikationskanal zur Verfügung (Melzer, 2010).

Ein Smart Home System basierend auf einer Service-orientierten Architektur beschreiben Ngo (2007) und Nakamura u. a. (2004).

Vorteile

- Das Einbinden weiterer Geräte in ein bestehendes System ist problemlos möglich. Der erweiterte Funktionsumfang eines neuen Gerätes beispielsweise wird anderen Diensten direkt zur Verfügung gestellt.
- Geräte und Dienste können von verschiedenen anderen Diensten benutzt werden. Durch das Prinzip der Wiederverwendbarkeit lassen sich so komplexe Dienste aufbauen, die eine Reihe anderer Dienste zusammenfassen. Man bezeichnet einen komplexeren, zusammengesetzten Dienst als Dienstkomposition. Die angebotenen Dienste einer Service-orientierten Architektur stehen dank der standardisierten Schnittstellen auch anderen Geräten und Diensten im Netz zur Verfügung, die nicht direkt zum Kommunikationssystem gehören. Dies ist zwar keine Anforderung an das zu entwerfende System, aber dennoch eine wünschenswerte Eigenschaft für Smart Home Umgebungen.
- Unabhängig von zugrunde liegender Hardware, Betriebssystem oder Struktur der verwendeten Geräte bietet SOA eine Möglichkeit, jeden Dienst mit jedem anderen kommunizieren zu lassen ([Stegelmeier u. a., 2009](#)). SOA bietet eine herstellerunabhängige Infrastruktur für die Zusammenarbeit in einem heterogenen Umfeld.

Nachteile

- Ein großer Teil der „Intelligenz“ des Smart Home Systems steckt bei SOA in den einzelnen Diensten. Um die Dienste-Ebene umzusetzen ist besonders bei technischen Geräten der Bedarf an Rechenleistung und Speicher deutlich höher. Dies hebt die Kosten solcher Geräte.
- Aufgrund der losen Struktur dieser Architektur ist die Kommunikation der Dienste untereinander deutlich komplexer als bei einer Service-orientierten Architektur. Neben höherer Netzauslastung sind auch die Kommunikationswege der Dienste schwerer nachzuvollziehen.
- Die Sicherheit stellt ein weiteres Problem dar. Da jeder Dienst im Netz auf Informationen zugreifen kann, ist eine systemweite Sicherheits-Richtlinie notwendig.

Abbildung 4.3 zeigt einen beispielhaften Aufbau eines Kommunikationsdienstes auf Basis einer Service-orientierten Architektur. Die Dienste und Geräte melden sich am Verzeichnisdienst an und veröffentlichen dort ihre Position, Fähigkeiten und Schnittstellen (1). Der Telefoniedienst, welcher in diesem Beispiel die Kommunikation für den Anwender anbietet,

möchte die Geräte im Netz für ein Telefongespräch nutzen. Er findet die Adresse des jeweiligen Gerätes im Verzeichnisdienst (2 + 3). Mit der Adresse und der Schnittstellenbeschreibung kann der Telefoniedienst nun die von den Geräten angebotenen Funktionen nutzen (4 + 5).

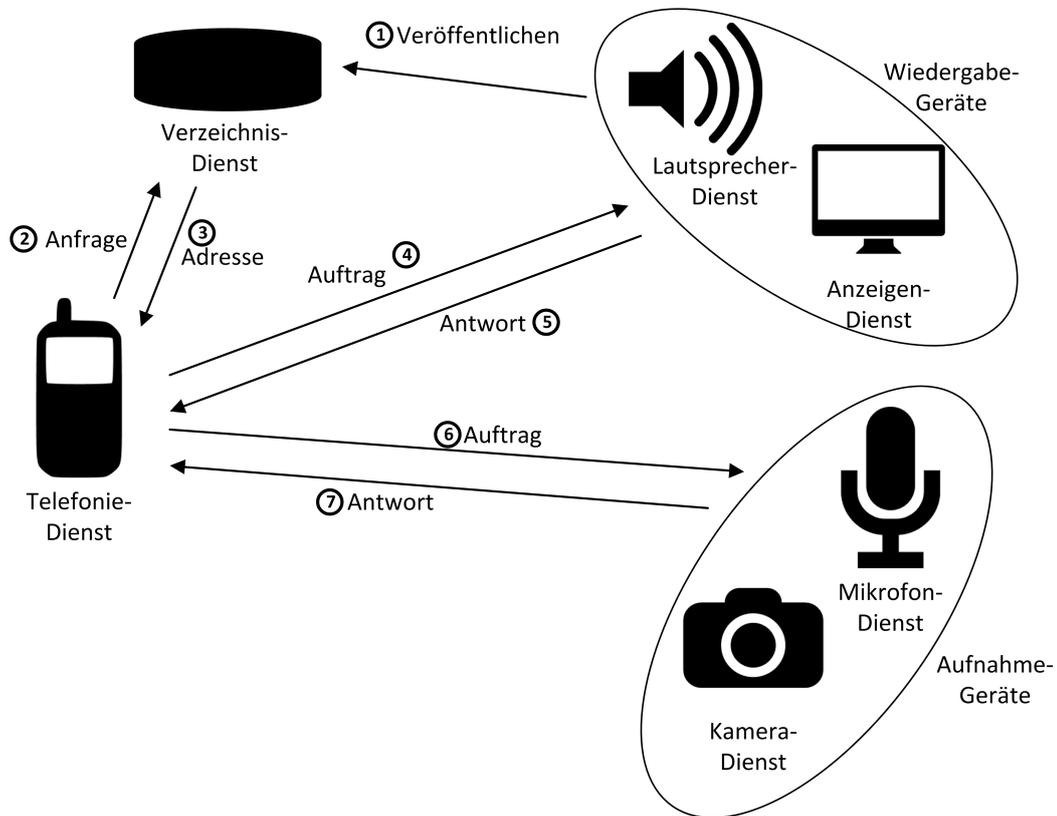


Abbildung 4.3: Eine Service-orientierte Architektur am Beispiel des Kommunikationssystems

4.1.3 Fazit

Die Anpassbarkeit der Architektur an ständige Änderungen und neue Ansprüche spielt in einem Smart Home eine besonders große Rolle. Die Abhängigkeit der einzelnen Komponenten voneinander, also der Grad der Kopplung, sollte dafür möglichst gering sein.

Das zu entwerfende System entsteht in einer heterogenen Gerätelandschaft und muss auf eine Vielzahl unterschiedlicher Komponenten und Dienste zugreifen. Es ist daher wichtig, diese Dienste kompatibel zueinander zu gestalten. Die Interoperabilität ist bei einer Service-orientierten Architektur Bestandteil des Konzepts und muss nicht, wie bei einer Server-zentralisierten Architektur, über eine komplexe Middleware hinzugefügt werden.

Ein Smart Home System ist ebenso wie andere Technikbereiche ständiger Weiterentwicklung ausgesetzt. Um eine Kompatibilität zu Geräten mit erweiterten Funktionen sowie anderer Hersteller zu erreichen, ist der Einsatz einer Service-orientierten Architektur in diesem Fall vorzuziehen.

4.2 Entwurfsentscheidungen

Die Wahl einer Service-orientierten Architektur als grundlegende Architektur erfüllt bereits einige der Anforderungen an das System. Die wichtigsten Punkte sind die schwache Kopplung der Dienste aneinander sowie die einfache Änderbarkeit des Systems. Über andere, systemspezifische Eigenschaften trifft das Konzept der Service-orientierten Architektur jedoch noch keine Aussage. Anders als in dem typischen Anwendungsfeld einer Service-orientierten Architektur werden Dienste hier nicht nur für eine Anfrage, sondern über einen längeren Zeitraum hinweg benutzt. Die damit verbundenen Besonderheiten werden hier vorgestellt und mögliche Lösungen aufgezeigt.

4.2.1 Synchronisierung der Zugriffe

Da es sich bei den audiovisuellen Diensten um konkrete Geräte handelt, können einige nur von einem Auftraggeber gleichzeitig genutzt werden. Diese Geräte sind sogenannte exklusive Ressourcen. Anders als reine Softwaredienste werden Geräte im Kommunikationssystem über einen längeren Zeitraum, also zum Beispiel für die Dauer eines Telefongesprächs, genutzt. Während beispielsweise ein Mikrofon das Audiosignal zwar an mehrere Dienste senden kann, kann ein Lautsprecher nur ein Audiosignal wiedergeben. Es bedarf also einer Synchronisierung der Zugriffe auf solche Geräte.

Eine Synchronisierung beinhaltet einerseits, dass ein Dienst vor einer Anfrage an ein Gerät wissen muss, ob dieses überhaupt verfügbar ist. Andererseits muss sichergestellt werden, dass ein Dienst nur dann Zugriff auf das Gerät erhält, wenn dieses die Verbindung auch akzeptieren kann. Zu unterscheiden sind dabei weiterhin die Eigenschaften und Fähigkeiten eines Gerätes. So könnte ein Fernseher zum Beispiel zwar mehrere, aber maximal vier Video-Unterhaltungen gleichzeitig anzeigen. Auch können die Verfügbarkeiten für verschiedene Kanäle eines Gerätes unterschiedlich sein. Der beispielhaft genannte Fernseher könnte so neben den vier Video-Unterhaltungen nur einen einkommenden Audio-Datenstrom abspielen.

[Norbisrath u. a. \(2006\)](#) schlagen in ihrem Musikdienst-Beispiel folgendes Vorgehen vor: betritt eine Person einen Raum, in dem die Lautsprecher bereits von einer anderen Person

verwendet werden, so übernimmt der Musikdienst des zuletzt Hinzugekommenen die Kontrolle. Für einen Musikdienst mag dieser Effekt gewünscht sein. Bei einer Kommunikation würde dieses Verhalten jedoch als störend empfunden.

Für das Raumklangtelefon wird eine dezentrale Lösung der Synchronisierung gewählt. Jedes Gerät, welches eine exklusive Ressource darstellt, muss die Synchronisierung selbst durchführen. Es bietet dafür eine Schnittstelle an, mit welcher andere Dienste die aktuelle Verfügbarkeit erfragen können. Ist das Gerät verfügbar, so wird es anschließend für den anfragenden Dienst reserviert. Dieser kann das Gerät dann beliebig ansteuern. Reagiert dieser Dienst nicht regelmäßig innerhalb eines gewissen Zeitrahmens, so wird das Gerät wieder freigegeben. Deadlocks sind somit ausgeschlossen.

4.2.2 Priorisierung

Weiterhin kann es vorkommen, dass andere Dienste im Smart Home die audiovisuellen Geräte verwenden. Beispiele hierfür sind der Musikdienst von [Norbisrath u. a. \(2006\)](#) oder der Fernsehdienst von [Otto und Voskuhl \(2010a\)](#). Allerdings sollen Telefonate Vorrang vor anderen Funktionen im System erhalten. Dafür muss das Kommunikationssystem diesen Diensten eventuell. kurzfristig die Kontrolle über gewisse Geräte entziehen können.

Damit ein Kommunikationssystem sinnvoll funktionieren kann, muss der Zugriff auf die Geräte Prioritäten-gesteuert sein. Die Prioritäten werden in Funktionsgruppen aufgeteilt und entsprechen dabei dem aktuellen Verwendungszweck eines Gerätes. Während die Verwendung eines Audiogerätes durch einen Musikdienst zum Beispiel eine Hintergrundaktivität darstellt, ist ein einkommendes Gespräch über das Kommunikationssystem als ein wichtiges Ereignis einzustufen.

Auch wie bei der Synchronisation der Zugriffe soll hier eine dezentrale Auswertung der Prioritäten entstehen. Wenn ein Dienst ein Gerät im System nutzen möchte, so muss er bei der Anfrage seinen Verwendungszweck übergeben. Das Gerät speichert diese Information und vergleicht die Anfragen weiterer Dienste damit. Fragt ein Dienst höherer Priorität an, so wird diesem Dienst der Zugriff gewährt, selbst wenn ein audiovisuelles Gerät bereits in Verwendung ist.

4.2.3 Erreichbarkeit der Dienste

Die Änderbarkeit des Systems ist ein wichtiger Faktor für den Erfolg. Das bedeutet, dass sich Dienste und Geräte ändern können, aus dem System entfernt oder neue hinzugefügt werden. Eine Service-orientierte Architektur bietet mit dem Verzeichnisdienst eine Komponente, die jederzeit die aktuell verfügbaren Dienste im Netz kennt.

Fällt jedoch ein Gerät aus, während dieses gerade verwendet wird, so muss das Kommunikationssystem davon erfahren. Diese Erweiterung zu SOA ist vor allem deshalb notwendig, da in dem Kommunikationssystem Geräte über einen längeren Zeitraum verwendet werden. Der Dienst, der das Gerät gestartet hat, muss über den Ausfall benachrichtigt werden und dementsprechend ein anderes Gerät im Netz für diese Aufgabe auswählen.

Damit ein anfragender Dienst erfährt, ob ein Gerät noch erreichbar ist, werden die Dienstauf-rufe synchron getätigt. Erhält der Dienst keine Antwort auf seine Anfrage, so ist das auf-gerufene Gerät nicht länger erreichbar. Damit auch während des Betriebes ein Ausfall er-kannt wird, wiederholt der Dienst seine Anfrage regelmäßig. Dank dieser Vorgehensweise weiß auch das Gerät, dass der anfragende Dienst noch existiert. Bleiben diese periodischen Nachrichten aus, kann das Gerät wieder freigegeben werden.

4.3 Komponenten

Die gewählte Architektur, auf die das Raumklangtelefon aufbauen soll, stellt bereits einige Bedingungen an notwendige Komponenten. Auf das System bezogen werden diese hier genau beschrieben.

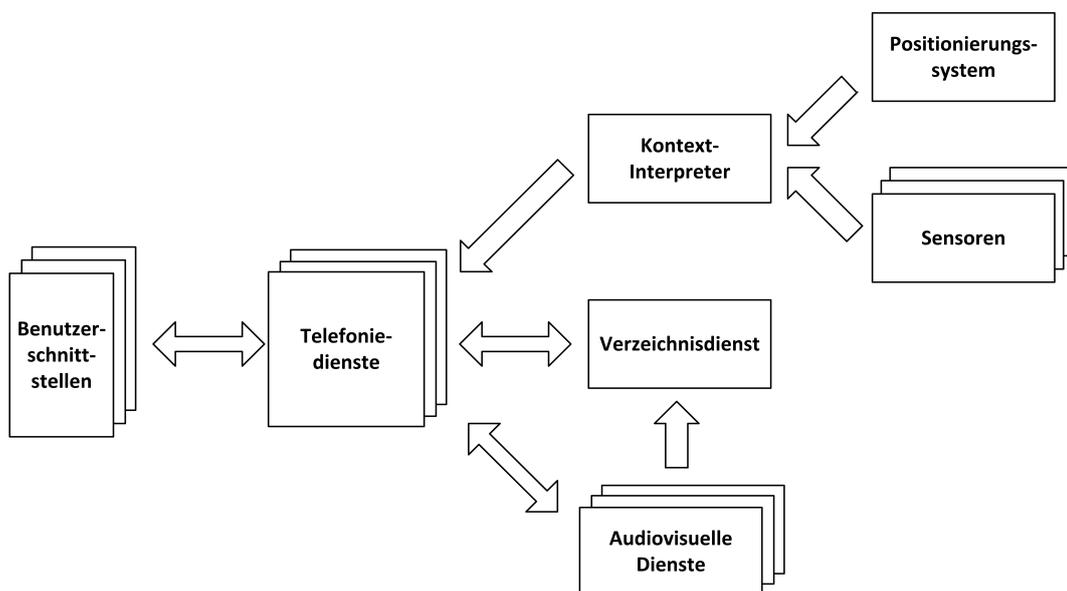


Abbildung 4.4: Die Komponenten des Kommunikationssystems

4.3.1 Benutzerschnittstelle

Es soll an mehreren Orten und auf unterschiedlichen Geräten eine Benutzerschnittstelle angeboten werden. Um den Aufwand für die Entwicklung weiterer Benutzerschnittstellen gering zu halten, wird diese Präsentationsebene sehr dünn gehalten. Im User Interface sind nur die direkt mit der Benutzersteuerung zusammenhängenden Funktionen vorhanden. Alle weiteren Daten und Funktionen werden von den weiteren, im System vorhandenen Diensten, zum Beispiel dem Telefoniedienst, angeboten.

Diese Trennung von Präsentations- und Logik-Ebene nach dem Model View Controller Entwurfsmuster (MVC) bietet eine hohe Wiederverwendbarkeit der im Netz befindlichen Dienste. Unabhängig vom Gerät, mit dem der Anwender interagiert, können die Dienste und ihre Fähigkeiten umgesetzt werden. So kann jedes beliebige Gerät eine Benutzerschnittstelle anbieten und damit die Interaktion mit dem gesamten System ermöglichen.

Als Benutzerschnittstelle sind für das System aber nicht nur grafische Oberflächen vorgesehen. Es soll dem Anwender vielmehr eine intuitive Steuerung angeboten werden. Dies beinhaltet, je nach Anwendungsfall, u. a. Sprach-, Gesten- und Berührungssteuerung. Konzepte dafür beschreiben [Witt \(2011\)](#), [Voskuhl \(2009\)](#) sowie [Rahimi und Vogt \(2008\)](#).

4.3.2 Verzeichnisdienst

Ein Verzeichnisdienst funktioniert wie die Gelben Seiten. Ein Dienst kann hier anhand verschiedener Kriterien gefunden werden. Eine Anfrage an einen Verzeichnisdienst liefert eine Liste aller Suchergebnisse inklusive der eindeutigen Adresse (URI) der Dienste. Sind für gewisse Kriterien keine Dienste registriert, so kann eine Anfrage auch ohne Ergebnis enden. Kriterien sind vor allem die gewünschten Fähigkeiten eines Gerätes (zum Beispiel Audio aufnehmen oder Audio wiedergeben).

In dem Kommunikationssystem ist die Wahl eines Gerätes in der Nähe des Anwenders von großer Bedeutung. Der Verzeichnisdienst muss also für einen ortsgebundenen Dienst (Mikrofon, Lautsprecher, etc.) auch immer dessen Position kennen und bei Suchanfragen dem interessierten Dienst übermitteln. Der anfragende Dienst vergleicht dann die Position des Anwenders mit der Ergebnisliste des Verzeichnisdienstes.

Registrieren

Ein Dienst registriert sich im Verzeichnis, indem er über ein Nachrichtensystem eine asynchrone Registrierungs-Nachricht sendet. Der Nachrichtenkanal für den Verzeichnisdienst ist

allen Diensten vorher bekannt. Das hat den Vorteil, dass nur die Adresse des Nachrichtensystems fest definiert werden muss. Die Adresse und Arbeitsweise des Verzeichnisdienstes bleibt für andere Dienste so transparent.

Die Nachrichten werden periodisch versandt. So kann zum einen festgestellt werden, dass ein Dienst weiterhin aktiv ist. Der Verzeichnisdienst speichert die Informationen über einen Dienst nur für eine bestimmte Zeit. Wird vor Ablauf dieses Timeouts keine erneute Registrierungs-Nachricht empfangen, so wird dieser Eintrag aus dem Verzeichnis entfernt. Zum anderen kann durch das periodische Senden der Nachricht sichergestellt werden, dass nach kurzer Zeit alle Dienste bei einem Verzeichnisdienst registriert sind. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn ein neuer Dienst zum System hinzugefügt wurde oder sich nur temporär dort aufhält.

Das folgende Beispiel zeigt das Format einer JSON-Nachricht¹, welches für die Registrierung eines Dienstes im Verzeichnis verwendet wird. Version, ID, Name und Adresse sind notwendige Parameter². Der Ort wird hier im Koordinaten-Format angegeben. *Capability* beinhaltet die Fähigkeit eines Dienstes und ist ein optionaler Parameter, für audiovisuelle Dienste jedoch vorgeschrieben (siehe auch Abschnitt [Audiovisuelle Dienste](#)). Weitere Angaben sind je nach Dienst möglich, wie zum Beispiel der Blickwinkel und die Ausrichtung einer Kamera. Die Parameter werden vom Verzeichnisdienst nur gespeichert und die Auswertung der Daten dem anfragenden Dienst überlassen.

```
{
  "version"      : "1.0",
  "id"           : "01274789634812",
  "name"         : "camera_2_kitchen",
  "address"      : "192.168.178.144:30000/camera/service",
  "location"     : { "X": "3.88", "Y": "5.03", "Z": "2.56" },
  "capability"   : "REC_VIDEO",
  "direction"    : { "X": "0.79", "Y": "7.32", "Z": "0.83" },
  "angle"        : "65"
}
```

Listing 4.1: Beispiel-Nachricht für die Registrierung einer Kamera am Verzeichnisdienst

Suchanfrage

Im Gegensatz zu der Registrierung verläuft die Suchanfrage über einen synchronen Nachrichtenaustausch. Die Anfrage eines interessierten Dienstes wird also direkt bearbeitet und mit den gewünschten Ergebnissen beantwortet.

¹JavaScript Object Notation

²Teilweise vorgeschrieben für alle Nachrichten im Rahmen des Living Place Hamburg. Siehe <http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/wiki/index.php/Nachrichtenformat>.

Anfragen an den Verzeichnisdienst enthalten die gewünschte Fähigkeit eines gesuchten Dienstes als Suchschlüssel. Der Verzeichnisdienst führt die entsprechende Suche aus und liefert als Ergebnis eine Liste mit allen den Kriterien entsprechenden Diensten. Zusätzlich werden auch Informationen wie die Position eines jeden Dienstes in der Ergebnisliste mit übergeben, die im Verzeichnis gespeichert sind. Der anfragende Telefoniedienst benötigt diese Daten für die Wahl des richtigen Gerätes.

4.3.3 Telefoniedienst

Ein Telefoniedienst verwaltet die Kommunikation des Systems nach außen. Dieser registriert die Rufnummern beim Telefonie-Anbieter und verwaltet deren Zustand. Ankommende und abgehende Anrufe werden von diesem Dienst getätigt. Zur Bewältigung dieser Aufgaben greift er dabei auf die Dienste zu, die andere Instanzen im Netz anbieten, vermittelt Kommunikationsverbindungen und kennt alle zur Entscheidung notwendigen Informationen. Dieser Dienst ist somit eine Komposition verschiedener Dienste.

Aufgaben

Ein Telefoniedienst sucht, je nach aktuellem Bedarf, die von ihm benötigten Dienste über den Verzeichnisdienst. Dies kann zum Beispiel ein Lautsprecher oder ein Mikrofon sein, welches er für das aktuelle Gespräch benutzen möchte. Hat der Telefoniedienst einen Dienst für eine gewünschte Fähigkeit gefunden, so sendet er einen Auftrag direkt an das Gerät. Dieses Gerät startet nun die Aufnahme oder Wiedergabe der gewünschten Daten und sendet diese zum Telefoniedienst. Aufgabe des Telefoniedienstes ist es, die empfangenen Daten an den entfernten Gesprächsteilnehmer weiterzuleiten. Ebenfalls muss dieser die vom entfernten Gesprächspartner ankommenden Audio- und Videodaten an die entsprechenden Wiedergabegeräte in der Wohnung weiterleiten.

Wie im zweiten Szenario beschrieben, soll das Gespräch auch bei Verlassen der Wohnung unterbrechungsfrei weitergeführt werden können. Ein Mobiltelefon wird dabei als Audio- und Videogerät verwendet. Damit auch unterwegs der Verbindungsauf- und Abbau möglich ist, wird der Telefoniedienst ebenfalls auf dem mobilen Gerät ausgeführt. Befindet sich der Telefoniedienst des Mobiltelefons in Reichweite des stationären Systems in der Wohnung, so werden die dort befindlichen audiovisuellen Dienste für das Gespräch genutzt. Verlässt der Benutzer das Haus, so wird ein bestehendes Gespräch auf die im mobilen Gerät vorhandenen Audio- und Video-Komponenten umgeschaltet.

Wenn sich mehrere Bewohner mit deren Mobiltelefonen in der Wohnung aufhalten, so sind auch mehrere Telefoniedienste registriert. Ebenso kann es stationäre Telefoniedienste ge-

ben, die unabhängig von den Mobiltelefonen die Kommunikation des Smart Home verwalten.

Integration ins Smart Home

Der Telefoniedienst arbeitet an der Schnittstelle zwischen dem Kommunikationssystem und den weiteren Komponenten des Smart Homes. Daher ist die Integration hier besonders wichtig. So muss der Telefoniedienst als entscheidungstreffende Instanz über die jeweils aktuelle Situation in der Wohnung informiert sein. Diese Informationen bekommt er von dem Kontext-Interpreter zur Verfügung gestellt.

Da auch ein Telefoniedienst als standardisierter Service im System registriert ist, kann dieser von verschiedenen User Interfaces sowie anderen Diensten genutzt werden. Dies ermöglicht einen Zugriff von anderen Anwendungen und Geräten, die im Smart Home vorhanden sind. So kann beispielsweise eine Sturzerkennung eines Ambient Assisted Living Systems den Kontakt mit dem Notdienst herstellen.

4.3.4 Audiovisuelle Dienste

Bei audiovisuellen Diensten handelt es sich hauptsächlich um Kommunikationsgeräte, die ihre Fähigkeiten im Netz zur Verfügung stellen. Als Beispiel werden hier auf Mikrofone und Lautsprecher zugegriffen. Diese veröffentlichen ihre Schnittstellen sowie weitere Informationen bei einem Verzeichnisdienst und können damit von anderen Diensten genutzt werden.

Die Aufgabe dieser Dienste besteht größtenteils im Bereitstellen oder Entgegennehmen von Audio- und Videodaten. Möchte ein anderer Dienst diese Daten erhalten, so startet er einen audiovisuellen Dienst im Netz, worauf hin dieser die aufgezeichneten Daten an den Empfänger sendet. Der audiovisuelle Dienst, der Daten anbietet, wird auch als Datenquelle (*source*) bezeichnet. Andere Dienste, auch Datensenke (*sink*) genannt, bieten die Wiedergabe von Audio oder Video an. Ein Dienst kann dieses Gerät nutzen, indem er die abzuspielenden Daten an das Gerät sendet.

Fähigkeiten

Audiovisuelle Dienste bieten vier Fähigkeiten an: Audio-Aufnahme und -Wiedergabe sowie Video-Aufnahme und -Wiedergabe. Eine Fähigkeit bezeichnet die mögliche Verwendung eines audiovisuellen Dienstes. Dies sind abstrakte Beschreibungen, welche vom Telefoniedienst für die Auswahl eines Dienstes herangezogen werden. Ein Mikrofon zum Beispiel bietet die Fähigkeit der Audio-Aufnahme an.

Andere Geräte wie beispielsweise ein Fernseher bieten zwei Fähigkeiten an: Audio- und Video-Wiedergabe. Die Geräte müssen die Fähigkeiten daher modular veröffentlichen können, so dass ein Dienstanutzer kein Wissen über die genaue Implementierung des Dienstes haben muss. Das heißt, er soll bei Bedarf auch nur einen der angebotenen Dienste nutzen können.

Die Tabelle zeigt beispielhaft einige Geräte und die zugehörigen Fähigkeiten. Die Spalte JSON-Format stellt die jeweiligen Werte dar, die im System die entsprechende Fähigkeit kennzeichnen. Mehr dazu im Abschnitt [Verzeichnisdienst](#).

Gerät	Fähigkeiten	JSON-Format
Mikrofon	Audio-Aufnahme	REC_AUDIO
Lautsprecher	Audio-Wiedergabe	PLAY_AUDIO
Fernseher	Audio-Wiedergabe, Video-Wiedergabe	PLAY_AUDIO, PLAY_VIDEO
Videokamera	Audio-Aufnahme, Video-Aufnahme	REC_AUDIO, REC_VIDEO
Smartphone ³	Audio-Aufnahme, Audio-Wiedergabe, Video-Aufnahme, Video-Wiedergabe	REC_AUDIO, REC_VIDEO, PLAY_AUDIO, PLAY_VIDEO

Tabelle 4.1: Übersicht der Fähigkeiten unterschiedlicher Geräte

Abstraktion

Ein audiovisuelles Gerät, welches einen Service zur Verfügung stellt, arbeitet auf zwei Ebenen: die Dienst-Ebene abstrahiert die Geräte-Ebene und bietet SOA-konforme Schnittstellen an. Die darunterliegende Schicht bildet die Gerätefunktionen auf die Schnittstellen ab und steuert das Gerät entsprechend ([Stegelmeier u. a., 2009](#)). Dazu werden die hardware-spezifischen Protokolle (zum Beispiel proprietäre) verwendet.

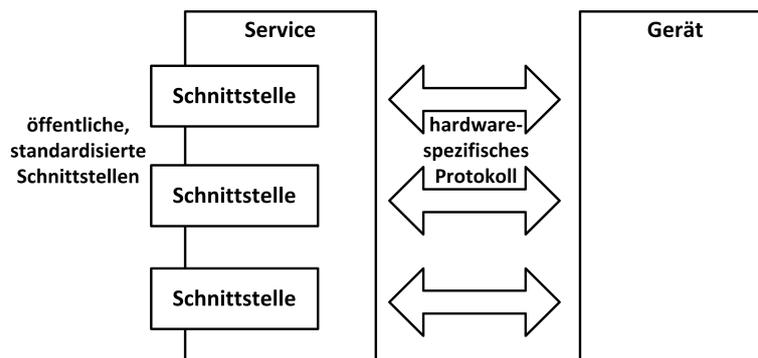


Abbildung 4.5: Abstraktion der hardware-spezifischen Schnittstellen, nach [Ngo \(2007\)](#)

³Abhängig von Ausstattung und Betriebssystem

Zugriffssteuerung

Ein interessierter Dienst muss für ein Gerät im System immer erfahren können, ob dieses derzeit verfügbar ist. Dafür stellt ein audiovisuelles Gerät eine Schnittstelle zur Verfügung. Dieses speichert außerdem die Priorität des Dienstes, von dem es verwendet wird (siehe Abschnitt [Entwurfsentscheidungen](#)).

4.3.5 Kontext-Interpreter

Wie der Abschnitt [Entscheidungsfindung](#) beschreibt, müssen die Rohdaten der unterschiedlichen Sensoren und Informationsquellen ausgewertet, interpretiert und kombiniert werden. Dies ist die Aufgabe des Kontext-Interpreters. Dieser setzt einzelne Informationen zu komplexeren Strukturen zusammen und ermöglicht somit eine Reaktion des Systems auf den Kontext des Anwenders ([Voskuhl, 2010](#)). Die interpretierten Informationen werden anderen Diensten des Systems anschließend zur Verfügung gestellt und diese richten ihr Verhalten daran aus.

Der Kontext-Interpreter nutzt dafür alle Informationen und Daten, die das System zur Verfügung stellt. Diese stammen von dem Positionierungssystem, Sensoren oder auch aus dem Internet. Dienste im System können genutzt werden, um bestimmte Informationen zu erhalten oder mit anderen zu kombinieren.

Kontext-Hierarchie

Die Interpretation von Kontext findet auf mehreren Ebenen statt ([Ellenberg u. a., 2011](#)). Die Koordinaten der Position des Anwenders ist dabei eine Information auf der untersten Ebene. Auch die Rohdaten anderer Sensoren sind so klassifiziert und lassen ohne Interpretation noch kaum oder keine Schlüsse über die aktuelle Situation zu.

Verfügt der Kontext-Interpreter neben den Positionsdaten des Anwenders noch über zeitliche Information, so kann dieser auch Bewegungsprofile und Trajektorien (Bewegungspfade) erstellen und aus der Bewegungsrichtung die zukünftige Position ermitteln. Der Telefonedienst kann mit den Informationen dieser höheren Kontext-Ebene noch viel präziser auf die aktuelle Situation reagieren, indem er die Bewegung des Benutzers vorhersieht.

Mit weiteren Informationen verbunden lassen sich auf einer höheren Ebene auch Rückschlüsse auf die Aktionen der Bewohner, involvierte Personen und Objekte sowie ganze Verhaltensmuster ziehen (siehe [Ellenberg u. a., 2011](#)).

Funktionsräume

Als Funktionsraum oder „functional space“ wird der Nutzungsbereich eines Objektes oder Gerätes bezeichnet. Befindet sich der Anwender in diesem Bereich, so kann er mit diesem Gegenstand interagieren (Bhatt u. a., 2009).

Bei einem Fernseher ist beispielsweise der Betrachtungswinkel ein Funktionsraum, in dem ein Anwender das Bild wahrnehmen kann. Ein weiterer, kleiner Bereich vor dem Fernseher und der Fernbedienung ist ein Funktionsraum für die Interaktion. Für den Ton des Fernsehers ist hingegen ein anderer Funktionsraum maßgeblich. Diese sind daher nicht statisch festgelegt, sondern können sich dynamisch aufgrund der aktuellen Situation ändern. Der „functional space“ eines Gerätes hängt zum Beispiel auch davon ab, welche Person mit dem Gerät interagiert. Es kann vorkommen, dass nicht alle Funktionen für jeden Anwender zu jeder Zeit zugänglich sind.

Für die Steuerung des Raumklangtelefons ist besonders die Bewegung des Anwenders von einem in einen anderen Funktionsraum interessant. Aufgrund dieses Wissens können die entsprechenden Geräte ausgewählt werden.

Bereitstellung der Informationen

Der Kontext-Interpreter stellt die interpretierten und kombinierten Informationen jeder Kontext-Ebene im System zur Verfügung. Ein anderer Dienst im System kann so den Kontext in die Entscheidungen einfließen lassen. Sollten für eine gewünschte Information noch keine interpretierten Daten höherer Ebenen vorliegen, so kann ein Dienst trotzdem die Sensor-Rohdaten erhalten. Die Interpretation dieser Daten muss allerdings vom Dienst selbst vorgenommen werden.

4.4 Interaktion

Während die Komponenten die statische Struktur des Systems darstellen, ist es die Interaktion zwischen den einzelnen Komponenten, die das Verhalten des Systems bestimmt. Die für den Nachrichtenaustausch verwendeten Protokolle sowie ein Beispiel-Ablauf werden hier genauer vorgestellt.

4.4.1 Synchrone Aufrufe

Synchrone Aufrufe eines Dienstes, also solche mit direktem Rückgabewert, werden im verteilten System als Remote Procedure Call umgesetzt. Der anfragende Dienst sendet dabei eine Nachricht mit dem Namen der auszuführenden Funktion sowie aller Parameter an den entfernten Dienst. Nach Bearbeitung sendet dieser eine Antwort oder eine Empfangsbestätigung zurück. Der aufrufende Dienst weiß also immer, ob eine Nachricht erhalten und bearbeitet wurde. Außerdem können so auf einfache Weise Daten zwischen verschiedenen Diensten ausgetauscht werden.

4.4.2 Asynchrone Aufrufe

Zwischen den Komponenten werden einige Nachrichten asynchron ausgetauscht, der Sender der Nachricht erwartet also keine Beantwortung. Diese Nachrichten nutzen hier ein Message Broker System für den Transport. Ein Message Broker System bietet verteilten Anwendungen eine einfache Kommunikationsschnittstelle. Nachrichten werden asynchron über einen wohldefinierten Dienst versendet, damit die einzelnen Instanzen sich gegenseitig nicht kennen müssen. Das Nachrichtenformat selber kann dabei aber frei gewählt werden und bietet so die Möglichkeit, eigene Standards zu definieren. Wie oben beschrieben wurde hier das JSON-Format gewählt.

In diesem System wird der Message Broker für alle asynchronen Nachrichten verwendet. Nach dem Publisher/Subscriber Muster (siehe [Dustdar u. a., 2003](#)) werden Nachrichten in einen Kanal veröffentlicht und jeder Interessent kann diese Nachricht erhalten. Nachrichten werden jedoch ohne Zwischenspeicherung ausgeliefert. Sollte also zum Zeitpunkt des Sendens kein Empfänger existieren, so bleibt die Nachricht ungelesen. Der Sender erhält keine Informationen darüber, wie viele oder ob überhaupt Nachrichten gelesen und verarbeitet wurden.

Ein Beispiel für einen asynchronen Nachrichtenaustausch ist die Bekanntmachung der Dienste am Verzeichnisdienst. Der Verzeichnisdienst erhält alle Nachrichten, welche an den zuvor definierten Verzeichnisdienst-Kanal gesendet werden. Er wertet diese aus, sendet aber keine Antwort zurück. Sollte eine dieser Nachrichten nicht ankommen, so ist die reguläre Funktionsweise des Systems nicht gefährdet.

4.4.3 Medien-Übertragung

Die Übertragung der Mediendaten von den audiovisuellen Geräten zum Gesprächspartner und zurück muss annähernd in Echtzeit erfolgen. Da die Übermittlung der Audio- und Vi-

deoströme keine große Verzögerungen aufweisen darf, wird hierfür ein verbindungsloses Protokoll verwendet.

Die Medien werden als sogenannte Streams übertragen, also kontinuierlich aufeinanderfolgende Daten. Eine ganze Reihe Protokolle unterstützen die Audio- und Video-Übertragung über ein Netzwerk. Das Real-Time Transport Protocol (RTP) hat sich jedoch im Bereich der Internet-Telefonie durchgesetzt und wird daher hier verwendet. RTP bietet einen schnellen Paket-Transfer, das es auf dem verbindungslosen Protokoll UDP basiert. Zum anderen können die empfangenen Daten trotzdem anhand einer Sequenznummer der richtigen Reihenfolge nach wiedergegeben werden.

4.4.4 Komponenten-Interaktion

Hier sollen beispielhaft die Anwendungsfälle „Anruf tätigen“ und „Anruf beenden“ ([Anforderung F1](#)) dargestellt und damit die Interaktion der Komponenten im Kommunikationssystem erläutert werden.

Das Sequenzdiagramm [4.6](#) beschreibt den Ablauf eines Verbindungsaufbaus aus Sicht der im System agierenden Komponenten. Über asynchrone Nachrichten veröffentlicht der Mikrofon-Dienst regelmäßig seine Fähigkeiten im Verzeichnis. Außerdem hat der Kontext-Interpreter alle Informationen über den aktuellen Kontext zur Verfügung gestellt.

Der Anwender tätigt einen Anruf über den Telefoniedienst. Dieser sucht ein Mikrofon für die Audio-Aufnahme im Verzeichnis und erhält eine Liste aller Dienste mit der gewünschten Fähigkeit. Aus dieser Liste und unter Berücksichtigung des aktuellen Anwender-Kontexts wählt der Telefoniedienst ein Mikrofon aus. Er sendet dem gewählten Gerät den Auftrag, die aufgezeichneten Audiodaten an den Telefoniedienst zu senden. Dieser leitet die Audiodaten an den Angerufenen weiter (in der Darstellung nicht gezeigt). Dieses Vorgehen wird für die Auswahl eines Lautsprechers in der Wohnung wiederholt (hier nicht dargestellt). Danach ist die Verbindung zum entfernten Teilnehmer aufgebaut und das Gespräch wird über das ausgewählte Mikrofon und den Lautsprecher geführt. Die Übertragung der kontinuierlichen Mediendaten (blau) erfolgt vom AudioService des Mikrofon-Dienstes zum AudioService des Telefoniedienstes. Beendet der Anwender das Gespräch, so wird den aktiven Geräten dies mitgeteilt. Der Umweg über das Verzeichnis muss diesmal nicht mehr gemacht werden, da die Adresse der Geräte bereits bekannt ist.

Die hier rot dargestellten Komponenten sind dabei Teil des Telefoniedienstes. Der Mikrofon-Dienst beinhaltet die grünen Komponenten. Die anderen Dienste sind beliebig im System verteilt.

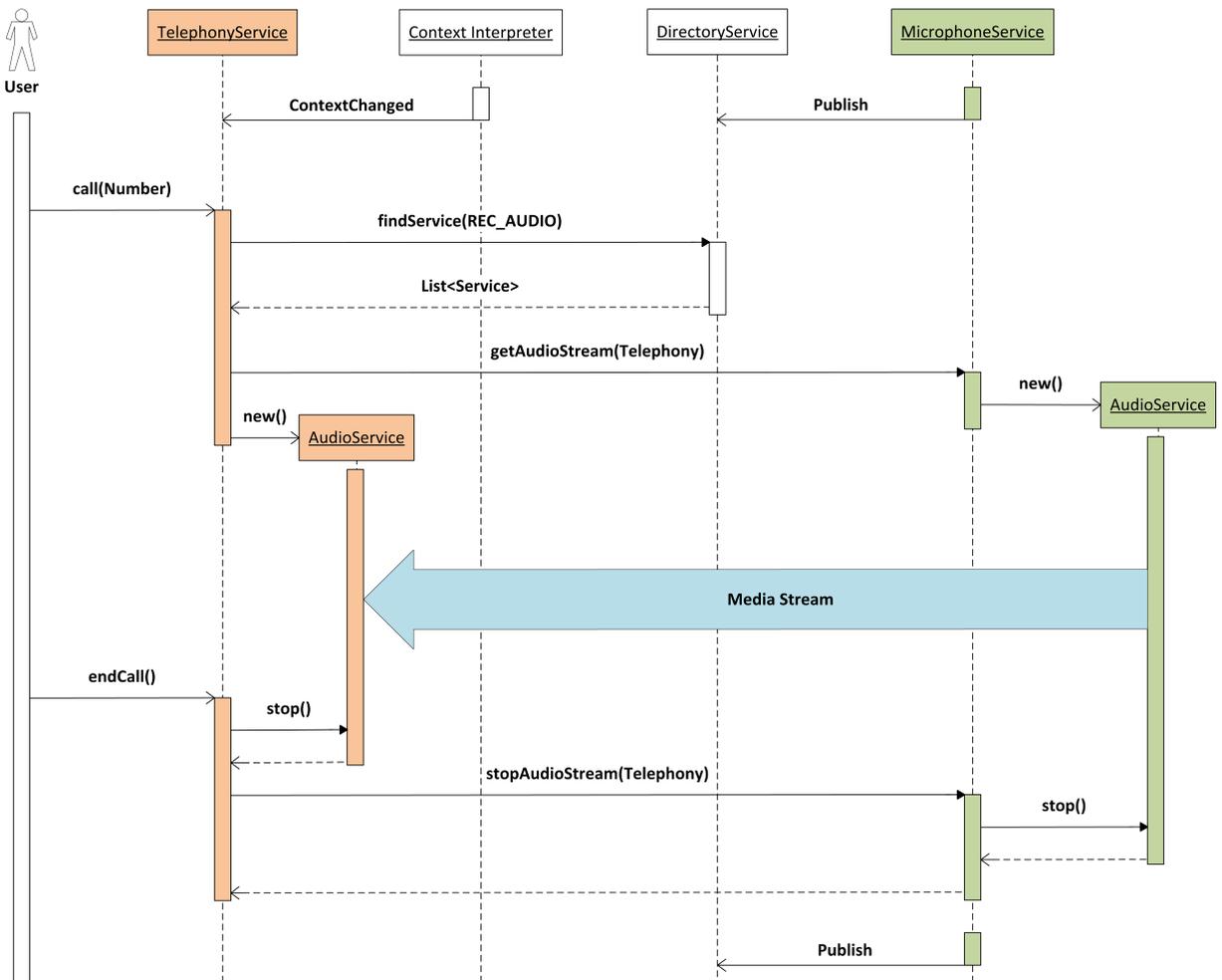


Abbildung 4.6: Sequenzdiagramm für Use Case 1

4.5 Fazit

Aus den Anforderungen und Eigenschaften des zu entwerfenden Systems wurden in diesem Abschnitt das Design für ein solches Systems erstellt. Die für die Funktion des Raumklangtelefons wichtigen Komponenten sowie deren Interaktion wurde beschrieben.

Als grundlegende Architektur wurde hier eine Service-orientierten Architektur gewählt, da diese aufgrund der einfachen Änderbarkeit und schwachen Kopplung bereits einige der Anforderungen an das System erfüllt. SOA bietet synchrone Kommunikationsmechanismen über Remote Procedure Call, welche an vielen Stellen im Kommunikationssystem notwendig sind. SOA wurde hier um die Kommunikation über Nachrichten erweitert, da für einige Funktionen die asynchrone Übertragung besser geeignet ist.

5 Realisierung und Evaluation

Im vorherigen Kapitel wurde ein Konzept für ein Kommunikationssystem in einer Smart Home Umgebung vorgestellt. Im folgenden Abschnitt sollen wichtige Funktionen am Beispiel eines Raumklangtelefons demonstriert und umgesetzt werden. Da einige der vorher vorausgesetzten Informationen und Dienste in der Testumgebung anders funktionieren oder nicht verfügbar sind, werden dafür jeweils die Unterschiede zum Design aufgezeigt.

5.1 Rahmenbedingungen

Das zu entwerfende Kommunikationssystem ist kein isoliertes System, sondern kann seine Funktionen nur anbieten, wenn es in ein bestehendes Heimnetz integriert wird. Außerdem müssen bereits einige audiovisuelle Geräte für die Kommunikation vorhanden sein. Hier wird die Integration in ein Forschungsprojekt im Smart Home Umfeld beschrieben. Zu beachten ist, dass gewisse Dienste und Geräte bereits vorhanden sind und daher auch genutzt werden sollen. Andere hingegen existieren nicht wie im Design-Kapitel beschrieben oder bieten andere Funktionen an.

5.1.1 Living Place Hamburg

Das Projekt „Living Place Hamburg“ der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg dient der Erforschung von modernem, IT-basiertem Wohnen in einer Smart Home Umgebung. In einer Testwohnung sollen Fragen zur nahtlosen Integration softwarebasierter Systeme und Geräte in den Alltag von Wohnen und Arbeiten beantwortet werden. Besonders berücksichtigt werden dabei die Methoden und Konzepte des Ubiquitous Computing, die die Technik in den Hintergrund und dadurch den Nutzen in den Vordergrund rücken ([von Luck u. a., 2010](#)).

Die Theorien von [Weiser \(1991\)](#) und anderen Pionieren des Ubiquitous Computing haben für das Living Place Modell gestanden. Die Geräte und Systeme dieser Wohnung sollen also nicht als einzelne Komponenten erkennbar sein, sondern als Einheit agieren können. Die

Interaktion mit den Bewohnern soll ebenfalls von den traditionellen Eingabegeräten gelöst und auf neue, der menschlichen Denkweise angepasste Strukturen übertragen werden.

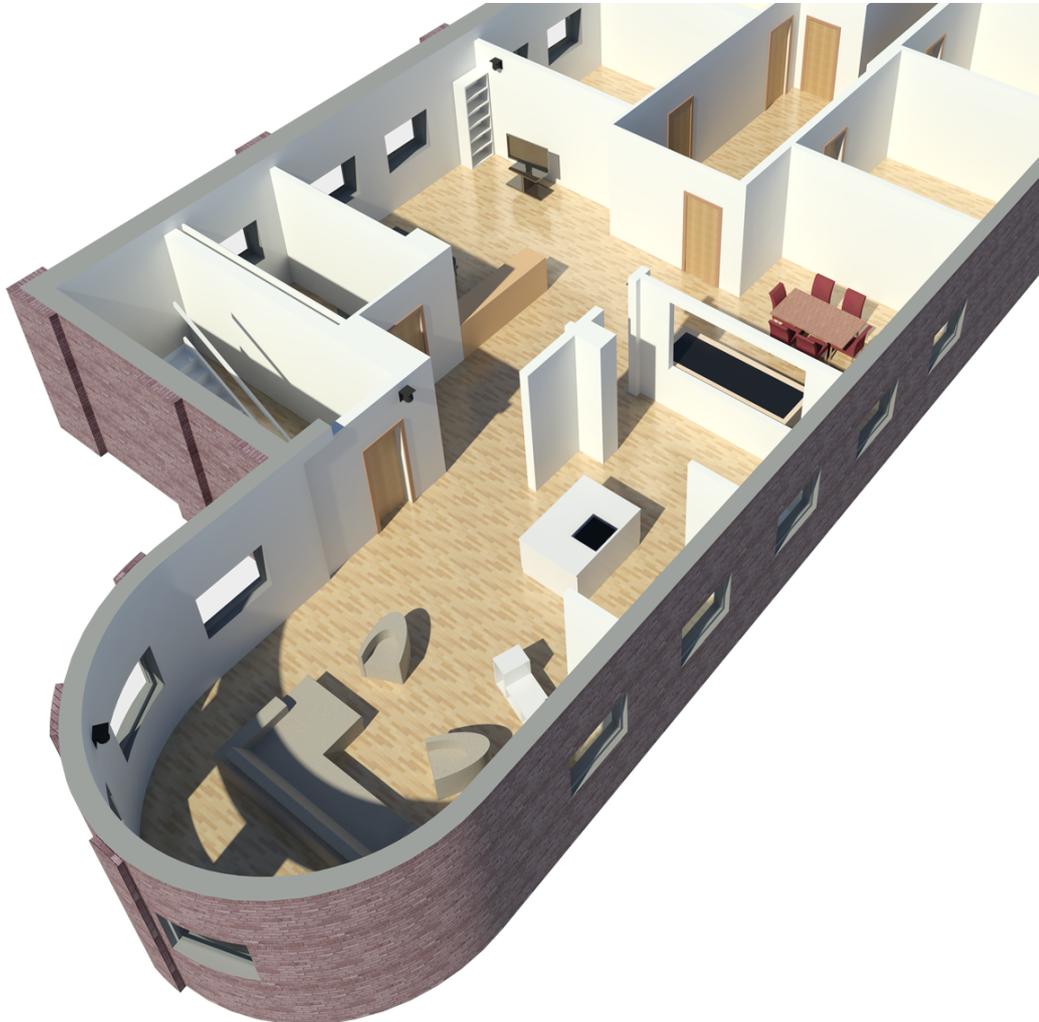


Abbildung 5.1: Modell des Living Place Hamburg¹

Auch das in dieser Arbeit entwickelte Kommunikationssystem soll sich möglichst nahtlos in das Living Place Hamburg sowie die darin verwendeten Systeme integrieren. Unter Verwendung der bestehenden Komponenten werden Informationen wie der Aufenthaltsort der Bewohner zugänglich, welche die Entscheidungen des Systems ermöglichen und damit den Nutzen für den Anwender steigern.

¹erstellt von [Karstaedt \(2010\)](#)

5.1.2 Indoor Positioning System

Im Rahmen des Living Place Projektes wurde bereits ein Indoor Positioning System entwickelt und installiert. Dieses Positionierungssystem bietet Informationen über den Aufenthaltsort der Bewohner in den Wohnräumen, deren Position anhand kleiner, als „Tags“ bezeichneter Sender verfolgt wird.

Das verwendete Ubisense Real-time Location System² arbeitet mit Ultrabreitband-Signalen (UWB), die von mehreren, fest installierten Sensoren empfangen werden. Basierend auf der Entfernung zu den Sensoren wird der genaue Standort im dreidimensionalen Raum berechnet (für Einzelheiten siehe [Otto und Voskuhl, 2010b](#)). Der Ortungsdienst bietet die jeweils aktuelle Position über ein Message Broker System allen interessierten Anwendungen an.

Zur Persistierung der Nachrichten wird zusätzlich eine Datenbank genutzt. So können die versendeten Nachrichten gespeichert und zum Beispiel Wertänderungen über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Das ist notwendig für die Auswertung von Bewegungsprofilen und Trajektorien der Bewohner. Im Living Place Hamburg wird dafür eine Installation der MongoDB³ verwendet.

5.1.3 Message Broker

Der von Apache quelloffen angebotene ActiveMQ⁴ ist ein Message Broker System. ActiveMQ bietet zwei Möglichkeiten zum Versenden von Nachrichten an: Message Queues und Topics. Message Queues arbeiten nach dem Producer/Consumer Muster. Es können dabei mehrere Sender Nachrichten an die Queue schicken, diese erhält jedoch nur einer der registrierten Konsumenten. Message Queues sind demzufolge eine „n-zu-1“ Kommunikation. Queues werden in diesem System nicht verwendet. Die Topics sind hier hingegen von Interesse, da diese eine „n-zu-m“ Kommunikation abbilden, indem sie das Publisher/Subscriber Muster implementieren.

Die Instanzen des Systems, die asynchron Nachrichten senden und empfangen wollen, müssen vorher die Adresse des ActiveMQ sowie den entsprechenden Topic-Namen kennen. Im Living Place ist der ActiveMQ unter einer festgelegten IP-Adresse zu erreichen. Die Vergabe der Topic-Namen bleibt der Anwendung überlassen, die den Nachrichtendienst nutzen möchte. Weitere Einzelheiten zum Einsatz des ActiveMQ im Living Place beschreiben [Otto und Voskuhl \(2010a\)](#).

²<http://www.ubisense.net/en/rtls-solutions>

³<http://www.mongodb.org/>

⁴<http://activemq.apache.org/>

ActiveMQ-Nachrichten können über viele bekannte Programmiersprachen angesteuert werden. Für das Living Place Projekt wurde ein Java-Wrapper entwickelt, der die Nachrichten zusätzlich in der erwähnten Datenbank persistiert. Da dieser Wrapper bisher nicht auf dem im System verwendeten Android™-Betriebssystem lauffähig ist, werden in diesen Fällen die Nachrichten über einfache HTTP-Requests empfangen.

5.2 Mobiles Endgerät

Besonders die Schnittstelle zum Benutzer wird hier auf einem mobilen Endgerät implementiert. Dies bietet den Vorteil, dass der Anwender dieses Kommunikationsgerät auch nutzen kann, wenn er sich nicht in Reichweite des heimischen Kommunikationssystems befindet. Ein nahtloser Wechsel zwischen Heimbetrieb und mobilem Modus, wie in [Anforderung F4](#) gefordert, ist somit ohne weiteren Aufwand möglich.

Abbildung 5.2 zeigt die entworfenen Komponenten und deren Zusammenspiel. Im Vergleich zu Abbildung 4.4 ist hier zu sehen, dass einige Dienste in das mobile Endgerät verlagert wurden. Die Benutzerschnittstelle im mobilen Gerät bietet dem Anwender jederzeit Zugriff auf die Funktionen des Systems. Die Audio- und Video-Dienste sind konkrete Implementierungen von audiovisuellen Diensten des Systems, die in diesem Fall die Funktionen des Smartphones nutzen. So kann der Anwender auch außerhalb der Reichweite des Systems ein Gespräch weiterführen. Auch Telefonie- und Verzeichnisdienst werden auf dem mobilen Endgerät ausgeführt, um die nötigen Funktionen auch unterwegs anzubieten. Hinzu kommen die fest im Wohnraum installierten Dienste, also der Ortungsdienst und mehrere audiovisuelle Dienste mit unterschiedlichen Fähigkeiten.

5.2.1 Android™-Betriebssystem

Android™ ist ein quelloffenes Betriebssystem sowie eine Middleware für mobile Geräte wie Smartphones und Tablet-PCs. Es wird von der Open Handset Alliance⁵, einem Zusammenschluss mehrerer Gerätehersteller, entwickelt und verwendet. Android™ bietet eine Vielzahl an Programmierschnittstellen (APIs), um Entwicklern die Integration eigener Anwendungen in das Betriebssystem zu ermöglichen.

Damit erfüllt Android™ bereits einige der Voraussetzungen für die Integration in das Kommunikationssystem, wie zum Beispiel Netzwerkschnittstellen und eine umfangreiche, auf Java basierende Programmierschnittstelle. Außerdem sind die für einen mobilen Betrieb des Telefoniedienstes nötigen Hardwarekomponenten in den meisten Android™-Smartphones

⁵<http://www.openhandsetalliance.com/>

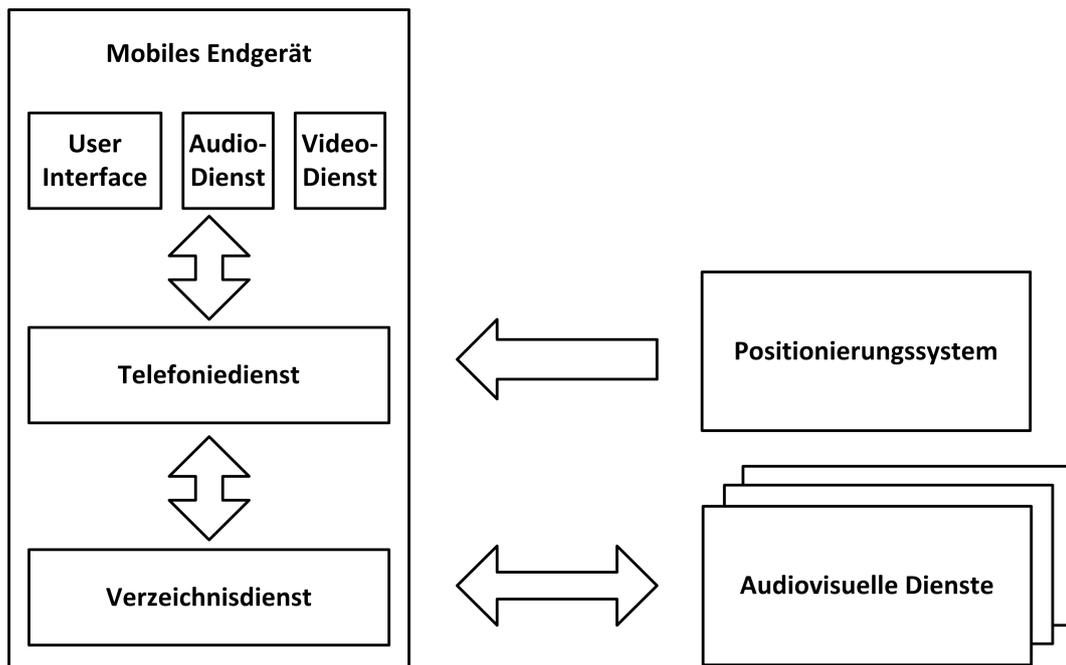


Abbildung 5.2: Umsetzung der Komponenten im System

enthalten und können direkt verwendet werden. Das sind unter anderem Kamera, Mikrofon, Lautsprecher und GPS (Google, 2011). Nicht zuletzt wegen dem offenen Quellcode und den umfangreichen Funktionen gibt es eine große Entwickler-Community, welche bereits viele fertige Software-Komponenten zur Verfügung stellt.

Android™ existiert derzeit in der Version 3.1 für Tablet-PCs sowie 2.3.4 für Smartphones. Die für die Implementierung notwendige Funktionalität ist jedoch bereits seit Version 2.1 vorhanden. Da Anwendungen auch zu neueren System-Versionen kompatibel sind, wird hier für die weit verbreitete Version 2.1 entwickelt.

Das System ist grundsätzlich auf jeder beliebigen Plattform umsetzbar. Zu Testzwecken wurde hier ebenfalls eine Implementation für das Windows Phone 7 Betriebssystem angedacht. Im Vergleich zu Android™ fehlten zum aktuellen Zeitpunkt noch einige Bibliotheken, weswegen die Umsetzung sich wesentlich umfangreicher gestalten würde.

5.2.2 Benutzerschnittstelle

Als Beispiel wird hier eine Benutzerschnittstelle für ein Smartphone auf Basis des Android™-Betriebssystems entwickelt. Ein User Interface auf einem mobilen Endgerät bietet den Vor-

teil, überall in der Wohnung auf die Funktionen des Kommunikationssystems zugreifen zu können. Wie bereits erwähnt kann ein Gespräch so auch unterwegs fortgeführt werden.

Die nachfolgende Grafik zeigt drei Ausschnitte der Benutzerschnittstelle, welche für das mobile Endgerät entwickelt wurde. Im linken Bild ist der Ausgangszustand der Anwendung zu sehen. Hier kann der Anwender nun einen Anruf tätigen, indem er den Namen oder die Nummer des Gesprächspartners angibt. In der Mitte ist die Oberfläche während eines Gesprächs zu sehen, bei dem Mikrofon und Lautsprecher des Mobiltelefons verwendet werden. Rechts ist ein aktives Gespräch abgebildet, welches unter Verwendung der Geräte im Smart Home geführt wird. Das Pfeil-Symbol verdeutlicht die Weiterleitung der Gesprächsdaten auf die audiovisuellen Geräte der Wohnung.

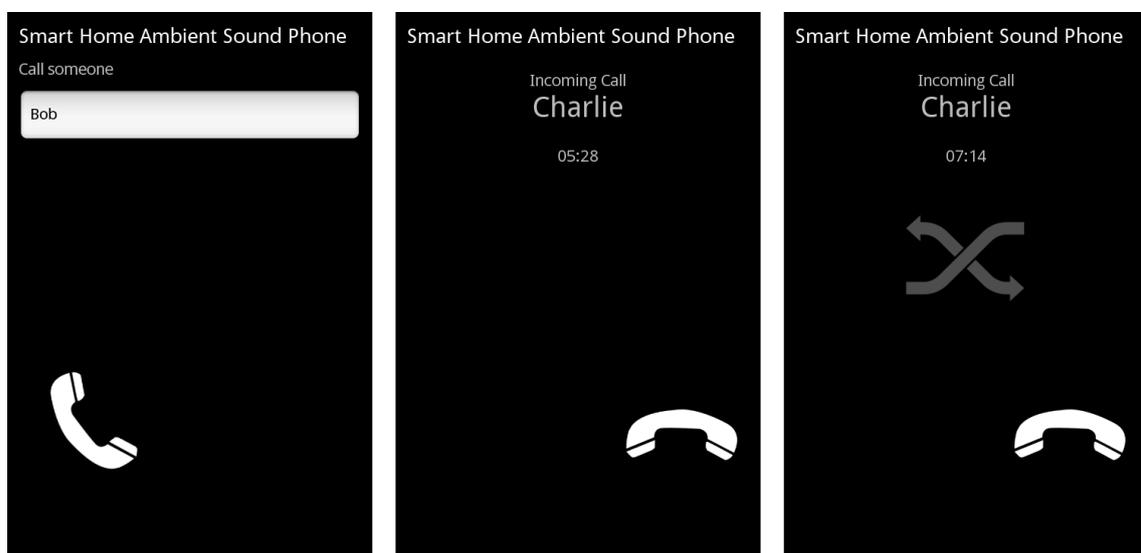


Abbildung 5.3: Die grafische Oberfläche der mobilen Anwendung

5.2.3 Telefoniedienst

Auch der Telefoniedienst wird in diesem Beispiel auf dem mobilen Endgerät entworfen. Dieser soll wie im Abschnitt 4.3.3 beschrieben arbeiten und die Kommunikation der einzelnen Dienste koordinieren. Er setzt hier ebenfalls den Kontext-Interpreter um, der die verfügbaren Daten auswertet. Außerdem ist er für den Verbindungsaufbau zu entfernten Gesprächsteilnehmern verantwortlich.

Kontext Interpreter

In dem beispielhaft entwickelten Telefoniedienst für das mobile Endgerät wird der Kontext-Interpreter integriert. Dieser verwendet die Position des Anwenders im Wohnraum, um ein Gespräch entsprechend zu steuern. Da im System viele der vorher vorausgesetzten Informationen wie die aktuelle Aktivität oder die Beziehung der Gesprächspartner zueinander nicht verfügbar sind, basieren die Entscheidungen nur auf den Positionsdaten.

Session Initiation Protocol

Das Session Initiation Protocol (SIP) ist ein weit verbreitetes Protokoll im Bereich der Internet-Telefonie und bietet so die gewünschte Kompatibilität mit vielen Gesprächspartnern. Viele SIP-Dienstanbieter nehmen ebenfalls eine Übersetzung von SIP-Gesprächen auf das herkömmliche Telefonnetz vor, womit die Erreichbarkeit von nahezu jedem Teilnehmer sichergestellt ist ([Anforderung F2](#)). Der Anwender des Kommunikationssystems ist so je nach Provider ebenfalls unter einer Standard-Rufnummer erreichbar.

Da SIP erst ab Android™-Version 2.3.3 nativ unterstützt wird, und auch da nur unzureichend, ist die Verwendung eines externen SIP-Stacks notwendig. Als sinnvolle Variante hat sich dabei der jSIP-Stack⁶ (v1.2) erwiesen. Diese low-level Bibliothek bietet die Möglichkeit, alle verbindungsrelevanten Nachrichten zu erzeugen und so eine komplexere SIP-Anwendung zu entwickeln.

SIP-Bibliothek

Um die notwendigen SIP-Funktionen zu kapseln und der Anwendung einfacher zur Verfügung zu stellen, wurde in dieser Arbeit eine State Machine für den SIP-Verbindungsaufbau und den weiteren Gesprächsablauf implementiert. Der Quellcode des Projekts ist öffentlich verfügbar⁷.

Diese Bibliothek bietet neben den für SIP benötigten Funktionen auch eine Möglichkeit, aus einem lokalen, gesicherten Netzwerk eine SIP-Verbindung über das Internet aufzubauen. Unter anderem werden die STUN-Tools (Session Traversal Utilities for NAT) benutzt, um eine konfigurationsfreie Umgehung der NAT für Internet-Telefonie zu ermöglichen.

⁶entwickelt und veröffentlicht vom National Institute of Standards and Technology (NIST) - <http://jsip.java.net/>

⁷<http://code.google.com/p/de-tiny-sip/>

5.2.4 Verzeichnisdienst

Da der Verzeichnisdienst in diesem Fall auf dem Smartphone umgesetzt wurde, ist eine sehr einfache Implementierung entstanden. Im Gegensatz zum Entwurf des Verzeichnisdienstes ist dieser nur für den Telefoniedienst verfügbar, der ebenfalls auf dem Mobilgerät läuft. Das Verzeichnis stellt seine Informationen hier also nicht im gesamten System zur Verfügung.

5.3 Audiovisuelle Dienste

Das Kommunikationssystem nutzt die Funktionen verschiedener Geräte. Die Fähigkeiten, die ein audiovisueller Dienst im System anbietet, entsprechen dabei den Funktionen eines Gerätes.

Für das Raumklangtelefon in einer Smart Home Umgebung sind besonders Fernseher, Kameras und Mikrofone die verwendeten Geräte. Für diese wurden die entsprechenden Dienste entwickelt, welche die jeweiligen Funktionen für ein Gespräch anbieten.

5.3.1 Kommunikation

Audiovisuelle Geräte im System werden als *WebService* implementiert und bieten so ihre Dienste im Netz an. Neben anderen sind *WebServices* eine mögliche Realisierungsplattform von *Remote Procedure Call* in einer Service-orientierten Architektur. *WebServices* zeichnen sich durch ihre Unabhängigkeit vom zu Grunde liegenden Betriebssystem aus sowie durch die Einfachheit der Implementierung. *WebServices* erfreuen sich großer Beliebtheit, nicht zuletzt dank der guten Tool-Unterstützung (Dunkel u. a., 2008). So lassen sich die notwendigen Komponenten eines *WebServices* in den meisten Frameworks und IDEs generieren.

Die Schnittstellen werden mit der standardisierten *WebService Description Language* (WSDL) beschrieben. WSDL basiert, wie die meisten *WebService*-Komponenten, auf XML. Die synchronen Nachrichten werden mit SOAP ausgetauscht.

5.3.2 Abstraktion

Die hardware-unabhängige Ausrichtung des Kommunikationssystems ermöglicht es, für alle möglichen Geräte wie zum Beispiel Fernsehgeräte einen Audio- oder Video-Dienst zu entwerfen. Da die meisten Hersteller dieser Geräte bisher aber keine Möglichkeit zur Entwicklung eigener Software-Erweiterungen anbieten, ist eine nahtlose Integration nicht ohne weiteres möglich. Deshalb werden in diesen Fällen vorerst Anwendungen für PCs entwickelt,

welche dann an die entsprechenden Geräte angeschlossen werden. So werden diese Geräte als in das System integrierte Dienste wahrgenommen und sind über den Verzeichnisdienst auffindbar.

5.3.3 Aufnahme und Wiedergabe

Die Aufnahme und Wiedergabe von Audio- und Videodaten ist die wichtigste Funktion der audiovisuellen Dienste im System. Der Dienst kapselt die für ein spezielles Gerät verwendete Hardware. Format, Codec und weitere Parameter der Aufnahme hängen dabei vom jeweiligen Gerät ab, es müssen jedoch systemweite Standards unterstützt werden.

Da die Übertragung der Daten annähernd in Echtzeit geschehen soll, müssen Audio und Video als sogenannte Ströme aufgezeichnet und sofort versendet werden.

Android™ bietet verschiedene Möglichkeiten, auf Audio- und Videogeräte zuzugreifen. Für die Audio-Aufzeichnung hat sich die `AudioRecorder`-Klasse bewährt, da diese streaming-fähige Audio-Daten bereitstellt. Außerdem erlaubt diese die Verwendung beliebiger Zwischenspeicher-Größen, wodurch sich die Aufzeichnung an die eigentliche Datenübertragungsrate anpassen lässt. Die `AudioTrack`-Klasse bietet die Möglichkeit, Audio-Ströme wiederzugeben. In Java wird Audio mit der `TargetLine`-Klasse aufgezeichnet. Das Gegenstück ist die `SourceDataLine`, welche den einkommenden Audio-Strom abspielt. Beide bieten einen ähnlichen Funktionsumfang wie `AudioRecorder` und `AudioTrack` bei Android™.

Weder Android™ noch Java bieten einen nativen Zugriff auf ein streaming-fähiges Live-Video der Kamera. In Android™ kann auf einzelne Video-Bilder der eingebauten Kamera des Mobiltelefons zugegriffen werden. Eine Erweiterung mit `OpenCV`⁸ (Windows) beziehungsweise `Processing`⁹ (MacOS) bietet diese Möglichkeit auf einem PC mit angeschlossener Webcam. Diese einzelnen Frames eines Videostreams müssen anschließend in ein streaming-fähiges Video-Format wie beispielsweise H.264 codiert werden. Wie die Video-Aufnahme ist auch die Wiedergabe von Live-Video-Bildern weder in Java noch in Android™ standardmäßig verfügbar.

5.3.4 Codecs

Die Aufnahme- und Wiedergabe-Formate für Audio in Android™ und Java sind mit den Standard-Formaten der Internet-Telefonie jedoch nicht kompatibel. Audio wird von den entsprechenden API-Funktionen als lineare Datenströme geliefert. Die Internet- sowie ISDN-

⁸<http://opencv.willowgarage.com/>

⁹<http://www.processing.org/>

Telefonie basiert jedoch neben einigen weiteren vor allem auf den klassischen Formaten nach der ITU-T Richtlinie G.711 (ITU-T, 1988). Die Formate der G.711 sind nicht linear und nach dem Verfahren der Pulse-Code-Modulation aufgezeichnet. Die Abtastrate beträgt 8000Hz und ergibt somit eine Datenrate von 64kbit/s (Perkins, 2008).

In dem entstandenen Kommunikationssystem wird vorerst nur das A-Law-Format implementiert, da es gleichermaßen mit den meisten Internet-basierten wie auch herkömmlichen Telefonen kompatibel ist. Um allerdings eine Kompatibilität mit weiteren entfernten Endpunkten zu gewährleisten, müssen noch weitere Formate unterstützt werden. Während dem Verbindungsaufbau über das Session Initiation Protocol wird eine Parameteraushandlung mit dem Gesprächspartner durchgeführt. Dabei werden der entfernten SIP-Einheit Informationen über die unterstützten Formate mitgesendet. Diese übermittelt in der Antwort ein aus der Liste ausgewähltes Format, welches beide unterstützen. Die darauf folgende Medienübertragung nutzt diesen gewählten Codec. Video-Formate werden auf die gleiche Weise ausgehandelt.

Es ist somit eine Umwandlung der linear aufgezeichneten Audio-Ströme in das A-Law-Format notwendig, bevor die Daten an Gesprächsteilnehmer gesendet werden. Doch auch die einkommenden Audio-Daten, welche als A-Law-Strom empfangen werden, müssen vor der Wiedergabe zurück in ein lineares Format transformiert werden (ITU-T, 1988).

5.3.5 Acoustic Echo Cancellation

Während der ersten Tests ist aufgefallen, dass Echos im Gespräch auftreten können. Das liegt daran, dass das bei dem Raumklangtelefon über die Lautsprecher wiedergegebene Audio-Signal von einem Mikrofon im selben Raum wieder aufgenommen wird. Dieses Problem wiederholt und verstärkt sich sehr schnell, so dass die eigentliche Sprache von dem Echo überlagert wird.

Es existieren einige Verfahren, um das Echo zu verringern. Wie Keiler (2004) beschreibt, wird dabei das wiedergegebene Audio-Signal aus dem Aufgenommenen herausgefiltert. Damit bleibt nur die Sprache übrig, die das Mikrofon aufgezeichnet hat. Dafür wird entweder ein digitales Filter oder auch Software verwendet.

In diesem Kommunikationssystem müsste die Echokompensation auf dem mobilen Endgerät stattfinden, denn die audiovisuellen Geräte im Smart Home sind meistens nur für einen der Datenströme (Aufnahme oder Wiedergabe) zuständig. Für die Echokompensation werden aber beide Ströme benötigt. In Android™ gibt es derzeit noch keine Möglichkeit, auf die integrierte Acoustic Echo Cancellation Funktion zuzugreifen.

5.4 Evaluation

Das hier entwickelte Raumklangtelefon soll als Beispiel-Umsetzung die Machbarkeit des vorgestellten Konzepts demonstrieren. Im folgenden Abschnitt wird das entstandene System mit dem entworfenen Konzept verglichen und bewertet. Die Auswertung bezieht sich hauptsächlich auf die technische Machbarkeit. Auch werden hier die Ergebnisse und Erfahrungen der ersten Testläufe geschildert.

5.4.1 Systemumgebung und Voraussetzungen

Wie bereits erwähnt soll das Raumklangtelefon in das Forschungsprojekt Living Place Hamburg eingebunden werden. Die bisher noch im Aufbau befindliche Infrastruktur des Smart Home Labors stellt einige Voraussetzungen und Einschränkungen für den Einsatz des Kommunikationssystems dar. So ist die Vernetzung der Komponenten, die für den Nachrichtenaustausch untereinander notwendig ist, derzeit noch nicht voll funktionsfähig und kann daher nur eingeschränkt getestet werden. Besonders das Funknetz ist in einigen Bereichen der Wohnung störanfällig.

Außerdem ist ein Zugriff auf das Internet aus dem Netzwerk des Living Place derzeit noch nicht möglich. Das entworfene System nutzt aber das SIP-Protokoll für Internet-Telefonie und registriert sich daher bei einem Provider. Nur so kann eine Kommunikation mit entfernten Gesprächspartnern über das Internet geführt werden. Um das Raumklangtelefon dennoch testen zu können, wurde hier zunächst auf Internet-basierte Gespräche verzichtet. Statt dessen übernimmt ein weiterer SIP-Client, welcher ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit entstanden ist, im lokalen Netz die Rolle des Gesprächspartners. Beide Gegenstellen registrieren sich dabei nicht mit einem Provider sondern erlauben nur lokale Gespräche.

Wie bereits im vorigen Abschnitt erwähnt, stellt das Smart Home noch keine weiteren Daten über die Umgebung zur Verfügung. So kann nur die aktuelle Position des Anwenders bei der Wahl der Geräte für das Gespräch berücksichtigt werden.

5.4.2 Testergebnisse

Die ersten Testläufe des Raumklangtelefons im Living Place Hamburg sollen zeigen, ob und in welchem Ausmaß die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Für die Tests wurden zwei Fernsehern im Living Place an einen PC angeschlossen und mit einer Kamera ausgestattet. Ein audiovisueller Dienst bietet die vier Fähigkeiten Audio- und Video-Wiedergabe sowie Aufnahme im System an. Auf einem weiteren PC wurde der entfernte SIP-Client gestartet, der einen einkommenden Anruf simuliert. Alle Geräte befinden sich in demselben Netz.

Der folgende Grundriss des Living Place (Abbildung 5.4) zeigt die Position der für den Test verwendeten Fernsehgeräte. Ein eingehender Anruf wird akustisch sowie optisch auf der grafischen Oberfläche des Mobiltelefons signalisiert. Das eingehende Gespräch wird nach Gesprächsannahme mit Videobild auf dem Fernsehgerät in der Nähe der Testperson wiedergegeben. Bewegt sich die Person anschließend beispielsweise von dem Wohnbereich in den Schlafbereich, so wechselt das Gespräch zu dem dort vorhandenen Fernseher. Der Fernseher im Wohnbereich wird nicht länger für das Telefonat verwendet. Auch eine Bewegung in die andere Richtung ist möglich. In Abbildung 5.5 sind die beiden Fernseher des Wohn- sowie Schlafbereichs während einer aktiven Videounterhaltung zu sehen. Das Bild des Anrufers wird groß angezeigt und eine kleine Vorschau des eigenen Videos, welches an den Gesprächspartner gesendet wird, ist unten rechts eingeblendet.

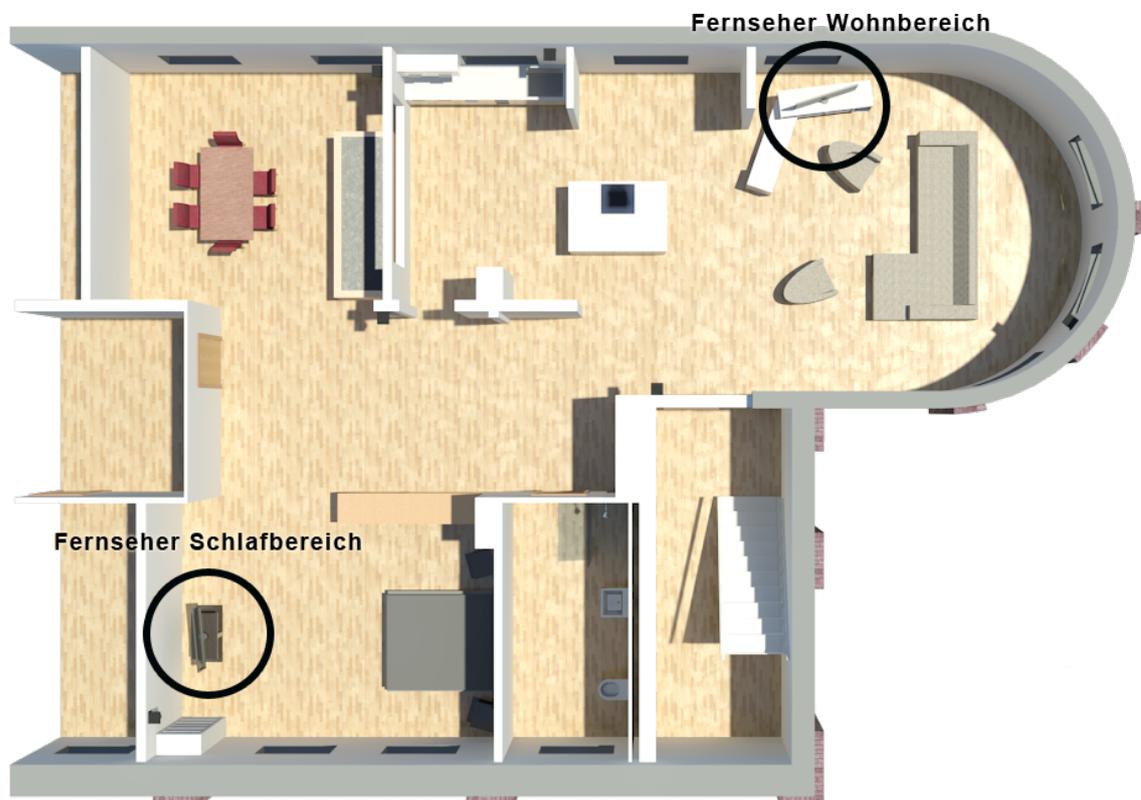


Abbildung 5.4: Die Test-Fernseher im Living Place¹⁰

Neben dem Anwendungsfall „Anruf annehmen“ wurden die Funktionen „Anruf tätigen“ sowie „Eingehenden Anruf ablehnen“ getestet. Diese beziehen sich nur auf das Herstellen einer Verbindung und unterscheiden sich nach Aufbau des Gesprächs nicht von dem zuvor

¹⁰erstellt von [Karstaedt \(2010\)](#)



Abbildung 5.5: Anzeige des Videobildes auf dem Fernseher im Wohnbereich (links) und Schlafbereich (rechts)

beschriebenen Test. In einem weiteren Versuch wurden außerdem Geräte mit verschiedenen Fähigkeiten eingesetzt, um das Zusammenspiel in einem heterogenen Umfeld zu testen. Das vorgestellte Konzept legt das Format der ausgetauschten Nachrichten sowie die Medienübertragung der Geräte bereits genau fest, weshalb hier ebenfalls keine Probleme aufgetreten sind.

Probleme haben sich hingegen bei der Audio- und Video-Übertragung gezeigt. Die Qualität der Sprachübertragung reichte meist nicht an ein Telefonat über ein Festnetz- oder Mobiltelefon heran. Hinzu kommt die Störung durch Rückkopplung des Signals und Hall im Wohnraum. Zur Lösung der Probleme könnten in erster Linie bessere Audio-Codecs, eine optimierte Umwandlung der Formate sowie die zuvor beschriebene Echokompensation beitragen (siehe [Acoustic Echo Cancellation](#)). Bei der Videoübertragung ist ein stockendes und verzögertes Bild aufgefallen. Zum einen kann dies an dem zuvor erwähnten schwachen Funknetz liegen, zum anderen sollte die Entscheidungsfindung und Medienübertragung der Anwendungen optimiert werden.

Beim Wechsel des verwendeten Gerätes zur Anzeige der Videodaten ist es in bisherigen Tests zu leichten Verzögerungen gekommen. Auch kurze Störungen behindern den Gesprächsverlauf enorm. Hier ist genau zu untersuchen, welche Komponente die Verzögerung verursacht, um einen reibungslosen Wechsel der Geräte zu gewährleisten.

5.4.3 Bewertung

Die hier vorgestellte Beispiel-Implementierung verdeutlicht die Machbarkeit eines audiovisuellen Kommunikationssystems für eine Smart Home Umgebung. Bereits das entstandene Raumklangtelefon bietet eine intuitive Möglichkeit, ein audiovisuelles Gespräch mit einem

entfernten Teilnehmer zu führen. Ein großer Teil der zuvor definierten Anforderungen wurde in diesem Modell erfüllt.

Besonders aufgrund der gewählten Architektur ist eine einfache Erweiterung des Systems durch neue Komponenten und Geräte möglich. Für das Raumklangtelefon wurden bereits Anwendungen für mehrere Geräte mit verschiedenen Fähigkeiten entwickelt und integriert. Diese konnten direkt für die Medienwiedergabe oder -aufnahme verwendet werden.

Zunächst sollten die in der Umsetzung noch nicht vorhandenen Funktionen hinzugefügt und die geschilderten Schwachstellen beseitigt werden. Anschließend sollten weitere Geräte in das Kommunikationssystem integriert werden. Sind dann noch detailliertere Informationen über den Benutzer und seine Umgebung verfügbar, so kann das System wesentlich gezielter auf eine Situation reagieren. Bereits erwähnt wurde die Beziehung der Gesprächspartner zueinander, welche die Art einer zwischenmenschlichen Kommunikation maßgeblich beeinflusst. Auch ein Telefonat über ein Kommunikationssystem sollte sich daran orientieren. Das Wissen um die Aktivität des Anwenders ist ein weiteres Beispiel für eine Aufwertung der autonomen Steuerung durch das System. Im Abschnitt [Systemverhalten](#) wurde bereits erläutert, wie diese Information generiert werden kann.

Weiterhin wird in der hier vorgestellten Beispiel-Umsetzung dem Anwender keine Möglichkeit eröffnet, die Gerätewahl und weitere Entscheidungen des Systems zu beeinflussen. Dies ist aber zum einen für die Akzeptanz des Systems wichtig, zum anderen ermöglicht erst ein Eingriff durch den Anwender einen Lernerfolg. Lernmechanismen können die vom Benutzer getroffenen Entscheidungen verwerten und so dazu beitragen, dass die Anwendung noch gezielter auf die Bedürfnisse reagiert.

Weitere Tests und Untersuchungen sind nötig, wie sich das Raumklangtelefon im Alltag als nützlich erweisen kann. Auch die Akzeptanz der angebotenen Funktionen bei dem Anwender ist zu prüfen. Dabei ist es außerdem wichtig, weitere Erkenntnisse über die tatsächliche Anwendungsweise zu sammeln und damit den Funktionsumfang des Systems an die Bedürfnisse der Nutzer anzupassen.

6 Schluss

Die vorhergehenden Kapitel beschreiben den Entwicklungsprozess eines Kommunikationssystems für eine Smart Home Umgebung. Ausgehend von den Anforderungen, die ein Anwender an solch ein System stellt, ist zunächst ein Design des Systems entstanden. Darauf aufbauend wurden einige der wichtigen Funktionen des Systems am Beispiel eines Raumklangtelefons umgesetzt.

6.1 Zusammenfassung

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass mit den Möglichkeiten heutiger Geräte und Funktionen die menschliche Kommunikation in einer Smart Home Umgebung deutlich einfacher und intuitiver gestaltet werden kann. Dazu wurde ein Kommunikationssystem entworfen, welches einige der Theorien des Ubiquitous Computing umsetzt.

In der [Einleitung](#) werden bereits erste Fragestellungen aufgeworfen, wie die menschliche Kommunikation unter Zuhilfenahme technischer Möglichkeiten unterstützt und vereinfacht werden kann. Im darauf folgenden Kapitel ([2](#)) wurden zunächst die für das Verständnis dieser Arbeit notwendigen technischen Grundlagen sowie wichtige Konzepte erläutert. Anschließend wurde das vorliegende Problem vorgestellt und genauer eingegrenzt ([Kapitel 3](#)). Der Abschnitt Kommunikation analysiert die verschiedenen Arten der menschlichen Kommunikation und stellt die für das Kommunikationssystem relevanten Bedingungen vor. Auf den zwei anschließend beschriebenen Szenarien basieren die Anforderungen, die an das entworfene System gestellt werden. Ein wichtiger Aspekt war hier die intuitive Bedienung des Systems durch den Anwender.

Im Kapitel [Design](#) wurde ein Konzept vorgestellt, welches die vorhergehend beschriebenen Anforderungen erfüllt. Dabei wurden die notwendigen Komponenten und Geräte sowie deren Verhalten und die Kommunikation untereinander beschrieben.

Um die Machbarkeit des beschriebenen Konzeptes zu belegen, wurde im Abschnitt [Realisierung und Evaluation](#) eine beispielhafte Umsetzung der wichtigsten Funktionalitäten des Systems vorgestellt. Das entstandene Raumklangtelefon im Umfeld des Forschungsprojektes Living Place Hamburg ermöglicht es dem Anwender, ein Telefonat zu führen, welches

nicht an ein bestimmtes Gerät gebunden ist. Die Ergebnisse und Erfahrungen dieser Umsetzung wurden abschließend erläutert und bewertet.

6.2 Ausblick

Bereits das in dieser Arbeit entwickelte System erfüllt einige der Anforderungen, welche an die private Kommunikation in einem Smart Home gestellt werden. Es bietet eine Möglichkeit zur einfachen, intuitiven Telefonie mit Unterstützung der vorhandenen audiovisuellen Geräte in der Wohnung. Hier werden Möglichkeiten dargestellt, die die Funktionsweise des Kommunikationssystems noch erweitern können und welche zukünftigen Entwicklungen in diesem Bereich absehbar sind.

6.2.1 Erweiterungsmöglichkeiten

Die einfache Erweiterbarkeit des Systems ermöglicht es, zusätzliche Geräte und Funktionen einzubinden. Sinnvoll wäre beispielsweise ein Dienst, der einkommende Anrufe nicht nur auf dem mobilen Endgerät signalisiert, sondern je nach Situation die vorhandenen Anzeigen oder Lautsprecher der Wohnung dafür verwendet. Auch diese Funktion wird den aktuellen Kontext des Bewohners auswerten und daraufhin die entsprechende Signalisierungsart wählen.

Doch auch der Anwender soll ein einkommendes Gespräch möglichst einfach annehmen oder einen Anruf tätigen können. Dazu sind neben der hier vorgestellten grafischen Benutzerschnittstelle des mobilen Endgerätes noch weitere Interaktionsmöglichkeiten notwendig. Ein Anruf kann dann beispielsweise über eine Sprachsteuerung akzeptiert oder abgelehnt werden.

Im entworfenen Kommunikationssystem werden bereits einige typische Haushaltsgeräte für die zwischenmenschliche Kommunikation genutzt. Es ist jedoch eine Unterstützung noch weiterer Geräte anzustreben. Dies ist aber nur dann möglich, wenn auch weitere Kameras, Fernseher und Mikrofone in den Wohnraum nahtlos eingebaut werden und in das Heimnetz eingebunden sind.

Eine weitere Einschränkung des Raumklangtelefons ist die Begrenzung auf einen Gesprächspartner. Es sollte hingegen ermöglicht werden, ein Gespräch mit mehreren Personen gleichzeitig führen zu können, wie dies in einer persönlichen Unterhaltung auch möglich ist. Die verwendeten Protokolle und Funktionen bieten Optionen für eine Konferenzschaltung an, diese wurden in der Beispiel-Anwendung jedoch nicht implementiert.

6.2.2 Zukunft

Auch in der nahen Zukunft werden sich voraussichtlich viele Möglichkeiten eröffnen, die eine bessere Integration der menschlichen Kommunikation in ein Smart Home erlauben. Der aktuelle Trend in Richtung kleiner, immer besser integrierter und vernetzter Geräte wird weiterhin anhalten. Die von Mark Weiser prognostizierte Allgegenwärtigkeit von Rechenleistung, welche auch in Alltagsgegenstände integriert ist, wird noch deutlicher ausgeprägt sein als bisher.

Die vielen kleinen, den Bewohner umgebenden Geräte und Sensoren in einem Smart Home bieten neue Interaktionsmöglichkeiten, sammeln wichtige Daten und versorgen den Anwender mit den neuesten Informationen. Gleichzeitig sinkt der Energiebedarf solcher Geräte, was zu einer größeren Mobilität führt. Auch bessere mobile Kommunikationsnetze sowie neue und weiterentwickelte Standards ermöglichen eine einfachere Integration vieler Geräte und fördern deren Kommunikation untereinander. Dies kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, indem Gerätehersteller mehr Standards unterstützen oder es ermöglichen, die Funktionen der Geräte mit Software-Komponenten zu erweitern.

Eine intensivere Zusammenarbeit vieler Geräte und Dienste im Smart Home sowie mit der Außenwelt ist eine wichtige Errungenschaft dieser Verbesserungen. Ein Gerät ist nicht länger eine isolierte Instanz, sondern reagiert selbstständig auf die aktuelle Situation in der Umgebung. Dadurch werden viele alltägliche Vorgänge automatisiert und verbessert. Weiterhin wird die Personalisierung der Systeme in einem Smart Home ein wichtiger Aspekt sein (Strese u. a., 2010). Die Geräte und Dienste sammeln nicht nur mehr Daten über die Bewohner, sondern speichern diese auch. Daraus entstehen verbesserte Bewegungs- und Aktivitätsprofile sowie typische Verhaltensweisen. So kann das Smart Home nicht nur reagieren, sondern auch vorausschauend die nächsten Aktionen der Bewohner ermitteln und unterstützen. Für ein Kommunikationssystem können diese Daten genutzt werden, um eine direkte Steuerung durch den Anwender entbehrlich zu machen.

Alle Entwicklungen in diesem Bereich dienen vorrangig einer verbesserten Lebensqualität der Bewohner. Alle Systeme in einem Smart Home nehmen dem Bewohner viele Aufgaben ab, unterstützen ihn optimal bei Aktivitäten und erweitern die Funktionen einer Wohnumgebung. Dabei stellt sich die Frage, wie sich die Lebensweise und das Kommunikationsverhalten der Menschen in Zukunft ändern wird. Absehbar ist bereits heute, dass der aktuelle Trend in Richtung ständiger Erreichbarkeit über Telefon und mobiles Internet weiter zunehmen wird. Bestehende Dienste wie E-Mail, SMS, „document sharing“ und Videotelefonie werden verschmelzen und auch in Smart Home Systeme nahtlos integriert.

6.2.3 Kritik

Manche Entwicklungen in diesem Bereich sind jedoch auch kritisch zu betrachten. Schon Mark Weiser erkannte 1991, dass die Vorstellung vieler technischer Geräte in einem Raum Besorgnis erregen kann (Weiser, 1991). Auch 20 Jahre später sind diese Befürchtungen teilweise noch aktuell.

Wie in allen technischen Systemen können auch in einem Smart Home Fehlverhalten auftreten. Es sind eine Reihe unterschiedlicher Fälle denkbar: ein Sensor, der fehlerhafte Rohdaten liefert, ein Algorithmus, der diese falsch interpretiert bis hin zum Ausfall ganzer Funktionen des Systems. Besonders kritisch zu betrachten ist die Integration der Technik in immer mehr Alltagsgegenstände, welche eine verlässliche Aufgabe zu erfüllen haben. Dadurch wird die Abhängigkeit von technischen Systemen immer weiter gesteigert. Ein Beispiel ist ein Türgriff, der sich nicht wie bisher mechanisch, sondern nur über einen elektrischen Motor öffnen lässt. So kann zum Beispiel ein Fehler oder ein Ausfall dieses Systems dazu führen, dass ein Bewohner ein- oder ausgesperrt wird.

Weiterhin ist ein Smart Home System auf die Daten und Informationen seiner Bewohner und der Umgebung angewiesen. Diese werden von vielen Sensoren, Kameras und Anwendungen gesammelt und teilweise über einen langen Zeitraum gespeichert. Dies könnte von den Bewohnern jedoch als starker Eingriff in die Privatsphäre verurteilt werden. Ein weiterer Aspekt ist der Schutz der gespeicherten Daten: diese dürfen nicht in die Hände von Unbefugten gelangen. Besonders sensible Daten sind zum Beispiel Kontaktdaten, Gesundheitszustand oder allgemein Informationen über das Privatleben.

Laut einer Studie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ist aber vor allem die Selbstbestimmung des Benutzers eines solchen Systems maßgeblich für die Akzeptanz (siehe Bizer u. a., 2006). Es hat sich herausgestellt, dass die Nutzer einen Verlust der Kontrolle über das System noch mehr fürchten als die unsachgemäße Verwendung der persönlichen Daten. Auch eine „Reduzierung heute noch vorhandener Freiheiten“ (Bizer u. a., 2006, S. 168) durch immer autonomere technische Systeme gilt als einer der Kritikpunkte.

Erste alltagstaugliche Installationen werden zeigen, welche Schwachstellen in einem Smart Home existieren und welche von Anwendern als besonders kritisch eingestuft werden. Alle Fehlerquellen müssen ermittelt werden und ausgereifte Absicherungs-Mechanismen zur Vermeidung kritischer Situationen eingesetzt werden. Für die Akzeptanz solcher Systeme ist weiterhin eine Balance zwischen den für den sinngemäßen Betrieb notwendigen Daten sowie der Privatsphäre der Personen herzustellen.

Literaturverzeichnis

- [Abowd und Mynatt 2000] ABOWD, Gregory D. ; MYNATT, Elizabeth D.: Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. In: *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 7 (2000), March, S. 29–58. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/344949.344988>. – ISSN 1073-0516
- [Bhatt u. a. 2009] BHATT, Mehul ; DYLLA, Frank ; HOIS, Joana: Spatio-Terminological Inference for the Design of Ambient Environments. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT)* Bd. 5756, Springer Verlag, September 2009, S. 371–391. – ISBN 978-3-642-03831-0
- [Bizer u. a. 2006] BIZER, J. ; GÜNTHER, O. u. a.: TAUCIS - Technikfolgenabschätzungsstudie Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung. In: *Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin, Humboldt University Berlin, Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD)* (2006). – URL https://www.datenschutzzentrum.de/taucis/ita_taucis.pdf
- [Bornemann 2011] BORNEMANN, Sven B.: *Android-basierte Smart Home Interaktion am Beispiel einer Gegensprechanlage*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2011. – (unveröff.)
- [Bundesnetzagentur 2011] BUNDESNETZAGENTUR: *Übersicht Nummernraum.* 2011. – URL http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1912/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/RegulierungTelekommunikation/Nummernverwaltung/uebersichtNummernraum/uebersichtNrnRaum_node.html. – Letzter Zugriff am 24.07.2011
- [Dey und Abowd 1999] DEY, Anind K. ; ABOWD, Gregory D.: Towards a better understanding of context and context-awareness. In: *In HUC '99: Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Springer Verlag, 1999, S. 304–307
- [Dunkel u. a. 2008] DUNKEL, Jürgen ; EBERHART, Andreas ; FISCHER, Stefan ; KLEINER, Carsten ; KOSCHEL, Arne: *Systemarchitekturen für Verteilte Anwendungen - Client-Server, Multi-Tier, SOA, Event-Driven Architectures, P2P, Grid, Web 2.0.* Carl Hanser Verlag, 2008

- [Dustdar u. a. 2003] DUSTDAR, Schahram ; GALL, Harald ; HAUSWIRTH, Manfred: *Software-Architekturen für Verteilte Systeme*. Springer Verlag, Berlin, 2003
- [Ellenberg u. a. 2011] ELLENBERG, Jens ; KARSTAEDT, Bastian ; VOSKUHL, Sören ; LUCK, Kai von ; WENDHOLT, Birgit: *An Environment for Context-Aware Applications in Smart Homes*. 2011. – (unveröff.)
- [Friedewald u. a. 2009] FRIEDEWALD, Michael ; RAABE, Oliver ; KOCH, Daniel J. ; GEORGIEFF, Peter ; NEUHÄUSLER, Peter: *Ubiquitäres Computing*. Berlin : Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), 2009. – 300 S
- [FTE 2002] FTE: *Das Zeitalter der "totalen Kommunikation"*. 2002. – URL <http://ec.europa.eu/research/news-centre/de/inf/02-11-inf01.html>. – Letzter Zugriff am 06.07.2011
- [Google 2011] GOOGLE: *What is Android?* Juli 2011. – URL <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>. – Letzter Zugriff am 25.07.2011
- [ITU-T 1988] ITU-T: *Pulse code modulation (PCM) of voice frequencies - ITU-T recommendation G.711*. (1988). – URL http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.711-198811-I!!PDF-E&type=items
- [Johnston 2009] JOHNSTON, Alan B.: *SIP: understanding the Session Initiation Protocol*. 3rd edition. Boston : Artech House, 2009
- [Karstaedt 2010] KARSTAEDT, Bastian: *Projektbericht 1 - Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in intelligenten Wohnungen*. 2010. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/karstaedt.pdf>
- [Karstaedt 2011] KARSTAEDT, Bastian: *Projektbericht 2 - Entwicklung und Integration des Indoor Spatial Information Services in den Living Place Hamburg*. 2011. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master10-11-proj2/karstaedt.pdf>
- [Keiler 2004] KEILER, Florian: *Echo Cancellor - adaptive Echounterdrückung*. Oktober 2004. – URL http://www.hsu-hh.de/ant/index_M1NRV5wVF7HXorwy.html. – Letzter Zugriff am 12.07.2011
- [von Luck u. a. 2010] LUCK, Prof. Dr. K. von ; KLEMKE, Prof. Dr. G. ; GREGOR, Sebastian ; RAHIMI, Mohammad A. ; VOGT, Matthias: *Living Place Hamburg -*

- A place for concepts of IT based modern living / Hamburg University of Applied Sciences. URL http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/content/LivingPlaceHamburg_en.pdf, Mai 2010. – Forschungsbericht
- [Masak 2007] MASAK, Dieter: *SOA? - Serviceorientierung in Business und Software*. Springer Verlag, Berlin, 2007
- [Melzer 2010] MELZER, Ingo: *Service-orientierte Architekturen mit Web Services - Konzepte - Standards - Praxis*. 4. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2010
- [Nakamura u. a. 2004] NAKAMURA, Masahide ; IGAKI, Hiroshi ; TAMADA, Haruaki ; MATSUMOTO, Ken-ichi: Implementing integrated services of networked home appliances using service oriented architecture. In: *Proceedings of the 2nd international conference on Service oriented computing*. New York, NY, USA : ACM, 2004 (ICSOC '04), S. 269–278. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1035167.1035206>. – ISBN 1-58113-871-7
- [Ngo 2007] NGO, Long: *Service-oriented architecture for home networks* / Helsinki University of Technology. URL http://www.tml.tkk.fi/Publications/C/23/papers/Ngo_final.pdf, 2007. – Forschungsbericht
- [Norbisrath u. a. 2006] NORBISRATH, Ulrich ; ARMAC, Ibrahim ; RETKOWITZ, Daniel ; SALUMAA, Priit: Modeling eHome systems. In: *Proceedings of the 4th international workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing (MPAC 2006)*. New York, NY, USA : ACM, 2006 (MPAC '06), S. 4–. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/1169075.1169079>. – ISBN 1-59593-421-9
- [Otto und Voskuhl 2010a] OTTO, Kjell ; VOSKUHL, Sören: *Projektbericht Sommersemester 2010 - Entwicklung einer Architektur für den Living Place Hamburg*. 2010. – URL http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2010-proj1/otto_voskuhl.pdf
- [Otto und Voskuhl 2010b] OTTO, Kjell ; VOSKUHL, Sören: *Projektbericht Wintersemester 10/11 - Weiterentwicklung der Architektur des Living Place Hamburg*. 2010. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master10-11-proj2/otto-voskuhl.pdf>
- [Perkins 2008] PERKINS, Colin: *RTP - Audio and Video for the internet*. Addison-Wesley, 2008
- [Rahimi und Vogt 2008] RAHIMI, Mohammadali ; VOGT, Matthias: *Gestenbasierte Computerinteraktion auf Basis von Multitouch-Technologie*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Bachelorarbeit, August 2008

- [Rosenberg und Schulzrinne 2002] ROSENBERG, J. ; SCHULZRINNE, H.: *SIP: Session Initiation Protocol*. June 2002. – URL <http://tools.ietf.org/html/rfc3261>. – Letzter Zugriff am 06.07.2011
- [Stegelmeier u. a. 2009] STEGELMEIER, Sven ; WENDT, Piotr ; LUCK, Kai von: iFlat - Eine dienstorientierte Architektur für intelligente Räume. In: *Proceedings of the VDE 2. Ambient Assisted Living Kongress mit Ausstellung, 27.01. - 28.01.2009 in Berlin, 2009*
- [Strese u. a. 2010] STRESE, Hartmut ; SEIDEL, Uwe ; KNAPE, Thorsten ; BOTTHOF, Alfons: Smart Home in Deutschland - Untersuchung im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum Programm Next Generation Media (NGM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie / Institut für Innovation und Technik. URL http://www.vdivde-it.de/publikationen/studien/smart-home-in-deutschland-untersuchung-im-rahmen-der-wissenschaftlichen-begleitung-zum-programm-next-generation-media-ngm-des-bundesministeriums-fuer-wirtschaft-und-technologie/at_download/pdf, 2010. – Forschungsbericht
- [Tanenbaum und Steen 2007] TANENBAUM, Andrew S. ; STEEN, Maarten V.: *Distributed Systems - Principles and Paradigms*. Second Edition. Pearson Education, Inc., 2007
- [Trick und Weber 2007] TRICK, Ulrich ; WEBER, Frank: *SIP, TCP/IP und Telekommunikationsnetze : Next Generation Networks und VoIP - konkret*. 3., überarb. und erw. Aufl. München : Oldenbourg, 2007
- [Voskuhl 2009] VOSKUHL, Sören: *Bewegungsbasierte Computerinteraktion zur Navigation in Informationsbeständen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, März 2009
- [Voskuhl 2010] VOSKUHL, Sören: Ausarbeitung Anwendungen 1 - Bereitstellung einer Sensorwolke / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-aw1/Voskuhl/bericht.pdf>, 2010. – Forschungsbericht
- [Watzlawick 2007] WATZLAWICK, Paul: *Menschliche Kommunikation - Formen Störungen Paradoxien*. 11., unveränderte Auflage. Hans Huber Verlag, 2007
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The Computer for the 21st Century. In: *Scientific American* (1991), September, S. 94–104
- [Weiser 1994] WEISER, Mark: Creating the invisible interface: (invited talk). In: *Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology*. New York, NY, USA : ACM, 1994 (UIST '94), S. 1–. – URL <http://doi.acm.org/10.1145/192426.192428>. – ISBN 0-89791-657-3

- [Witt 2011] WITT, Kristoffer: *Kontextabhängige multimodale Interaktion mit Schwerpunkt Spracherkennung im Smart-Home Umfeld*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Masterarbeit, März 2011

Versicherung über Selbstständigkeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit im Sinne der Prüfungsordnung nach §24(5) ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 28. Juli 2011

Ort, Datum

Unterschrift