



Grundseminar

Fakultät Elektronik und Informatik

Media Streaming mit DLNA und UPnP

Betreuer: Prof. Dr. Winfried Bantel

Raffaele Termitte - Christian Silfang - Dominic Jordan

Sommersemester 2011

Zusammenfassung

Diese Seminararbeit beschäftigt sich mit dem Thema: **“Media Streaming mit DLNA und UPnP“**. Zum einen wird auf theoretische Dinge eingegangen, was **DLNA** und **UPnP** überhaupt sind, zum anderen werden auch Themen rund um das **Media Streaming** behandelt. Hierbei wurde sehr viel Wert auf eine praktische Umsetzung gelegt. Somit ist diese Seminararbeit ein praktischer Leitfaden für jedermann.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Aufgabenstellung | 2 |
| 1.2 | Motivation | 2 |
| 1.3 | Wissenswertes vorab | 3 |
| 2 | Media Streaming - eine thematische Einführung | 3 |
| 3 | Theoretische Grundlagen | 6 |
| 3.1 | Universal Plug and Play | 6 |
| 3.1.1 | Die Zertifizierung & Standards | 7 |
| 3.1.2 | Technisches | 7 |
| 3.2 | Die Digital Living Network Alliance | 9 |
| 3.2.1 | Die Zertifizierung | 10 |
| 3.2.2 | Sicherheit | 14 |
| 3.2.3 | Vor- und Nachteile | 15 |
| 4 | Praktische Durchführung | 16 |
| 4.1 | Beispiele für Geräte: Server und Clients | 16 |
| 4.1.1 | Grundvoraussetzungen | 16 |
| 4.1.2 | MiniDLNA | 17 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.1.3 | MediaTomb | 17 |
| 4.1.4 | PlayStation 3 | 18 |
| 4.1.5 | Konfiguration der PlayStation 3 | 19 |
| 4.2 | PC und PlayStation 3 via MediaTomb | 20 |
| 4.2.1 | Vorbereitungen | 20 |
| 4.2.2 | Konfiguration | 21 |
| 4.2.3 | Inbetriebnahme | 22 |
| 4.3 | miniDLNA auf dem Asus EeePc | 23 |
| 4.3.1 | Vorbereitungen | 23 |
| 4.3.2 | Konfiguration & Inbetriebnahme | 25 |
| 5 | Evaluation | 25 |

1 Einleitung

Media-Streaming ist in unserer heutigen Zeit wohl kaum noch wegzudenken. Kein anderes Medium hat in den letzten Jahren so viel Zuwachs erfahren wie das Mediastreaming. Stellen Sie sich vor, Dienste wie YouTube¹ oder myVideo² würden einem im World Wide Web nicht jeden Tag zur Verfügung stehen. Wieviele Informationen oder wieviel Unterhaltung würde uns verloren gehen? Oder stellen Sie sich vor, Sie hätten keine Möglichkeiten sich während dem Surfen an einem Webradio oder an Diensten wie LastFM³ zu bedienen. Aber nicht nur Webradios oder die oben genannten Videoplattformen sind in unserer heutigen Zeit gefragter als je zuvor, auch Livestreams wie Übertragungen von Sportereignissen oder Wettercams sind mittlerweile im Internet allgegenwärtig und für jeden zugänglich.

Aber nicht nur im World Wide Web allein hat Media Streaming großen Zuwachs erfahren, auch für die Unterhaltungselektronik im Eigenheim wird Mediastreaming mit großer Beliebtheit eingesetzt; ob nun Videos oder Bilder einfach und unkompliziert auf den eigenen Fernseher zu streamen oder Musik auf Wiedergabegeräten im ganzen Haus. Doch auch in verschiedensten Firmen zu unterschiedlichen Zwecken wie Werbung oder Videokonferenzen, wird Media-Streaming erfolgreich eingesetzt. Nicht zu vergessen in wie vielen Schulen es heute eingesetzt wird, sei es für Schüler, die aus diversen Gründen am Unterricht nicht teilnehmen können oder um den Unterricht attraktiver, interaktiver oder einfacher zu gestalten.

Media-Streaming wird, wie man sieht, in vielen unterschiedlichen Sparten des alltäglichen Lebens eingesetzt. Obwohl es beinahe jeder nutzt, wissen dennoch die meisten Nutzer nicht viel darüber.

¹<http://www.youtube.com>

²<http://www.myvideo.de>

³<http://www.lastfm.de>

1.1 Aufgabenstellung

Im Sinne unserer Seminararbeit haben wir uns intensiv mit dem Thema „Media Streaming mit DLNA und UPnP“ beschäftigt, worauf auch unser Hauptaugenmerk liegt. Wir wollen dem Leser einen Einblick in das weite Themengebiet des Media Streamings verschaffen. Wichtig ist uns vor allem eine praxisnahe und deutliche Beschreibung unserer Vorgehensweise in den praktischen Versuchen. Anhand von konkreten und einfachen Beispielen wird das Thema anschaulich beschrieben und soll das Interesse des Lesers wecken, sich selbst daran zu versuchen. Diese Seminararbeit richtet sich somit an jeden Leser, der sich für Media Streaming interessiert und gern mehr darüber erfahren möchte.

1.2 Motivation

Das interessante Gebiet des Media Streamings ermöglicht den Nutzern viele Möglichkeiten. Viele benutzen es ohne erkannt zu haben, welches Potential dahinter steckt. Weiter besteht das Problem, dass es für einen Laien beinahe unmöglich scheint, in unserer heutigen Zeit der Produktvielfalt und dem „Logosalat“ auf dem Markt sich überhaupt noch auszukennen und zurecht zu finden. Erst recht, wenn es dazu noch die verschiedensten Umsetzungen gibt, die nicht ohne weiteres von jedermann genutzt werden können. Daher auch die Idee der Digital Living Network Alliance (DLNA) und des Universal Plug and Play Forums (UPnP Forum), deren Sinn wir in unserer Seminararbeit auch näher erläutern und erklären wollen. Die Idee der Nutzbarkeit, Einfachheit und Standardisierung stehen hier ganz klar im Vordergrund. Einfachheit und Nutzbarkeit des Media Streamings sollen deshalb auch in unserer Seminararbeit an erster Stelle stehen und dem Leser den Einstieg und den praktischen Bezug erleichtern. So haben wir in unserer Seminararbeit und dem damit verbundenen Einsatz von diversen Hilfsmitteln sehr auf den Einsatz von quelloffener Software gesetzt. Außer der Einfachheit war es uns an dieser Stelle wichtig dem Leser die Möglichkeit zu lassen, jeden unserer Schritte

nachvollziehen zu können.

1.3 Wissenswertes vorab

Die theoretischen Grundlagen unseres Themas beziehen sich größtenteils auf das Verständnis der von der DLNA und dem UPnP Forum festgelegten Standards. Außerdem spielen viele grundsätzliche Dinge wie das Verständnis moderner Netzwerke oder dem Internet eine wichtige Rolle bei diesem Thema. Wir versuchen dem Leser eine fachliche Darstellung zu bieten und legen Wert darauf, diese auch korrekt zu erklären. Diverse Grundlagen sind zum einen in [KuRo01] und in [SchMa01] nachzulesen, wobei sich die Literatur auch gut zur Vertiefung eignet. Für das Nachschlagen verschiedenster Begrifflichkeiten im Bereich der Netzwerktechnik haben wir sehr stark auf [SE01] gesetzt.

2 Media Streaming - eine thematische Einführung

An dieser Stelle erscheint es uns wichtig, dem Leser die verschiedensten Arten des **Media Streamings** und dessen technische Umsetzung, also auch die oben (in Abschnitt 1) erwähnten Video- oder Audio-Streaming Plattformen, zumindest kurz zu erläutern. Hierzu ist es aber notwendig, dem Leser einen kurzen Überblick über das **Media Streaming** und andere für das Verständnis notwendige Begrifflichkeiten zu geben.

Es gibt verschiedenste Bezeichnungen für die Formate von Medien und deren Inhalt, sowie auch deren Nutzung. Da wären zum einen **Continuous Media**, was zeitabhängige Medien wie Audio- und Videodateien sind, zum anderen **Discrete Media**, also zeitu-nabhängige Medien wie Texte oder Grafiken. Der Begriff **Media Streaming** bedeutet nichts anderes, als dass die Wiedergabe von Inhalten der Medien vom Client dann schon begonnen wird, wenn genügend Daten vorliegen, um dies zu ermöglichen. Der

Client setzt diesen Vorgang, die Wiedergabe des Inhalts, kontinuierlich fort. Dies wird auch „streamen“ genannt. **Non-Streaming Media** hingegen heißt, dass die Wiedergabe erst dann beginnt, wenn alle Daten beim Client vorliegen. (Nachzulesen in [SE01] auf Seite 478 bis 479)

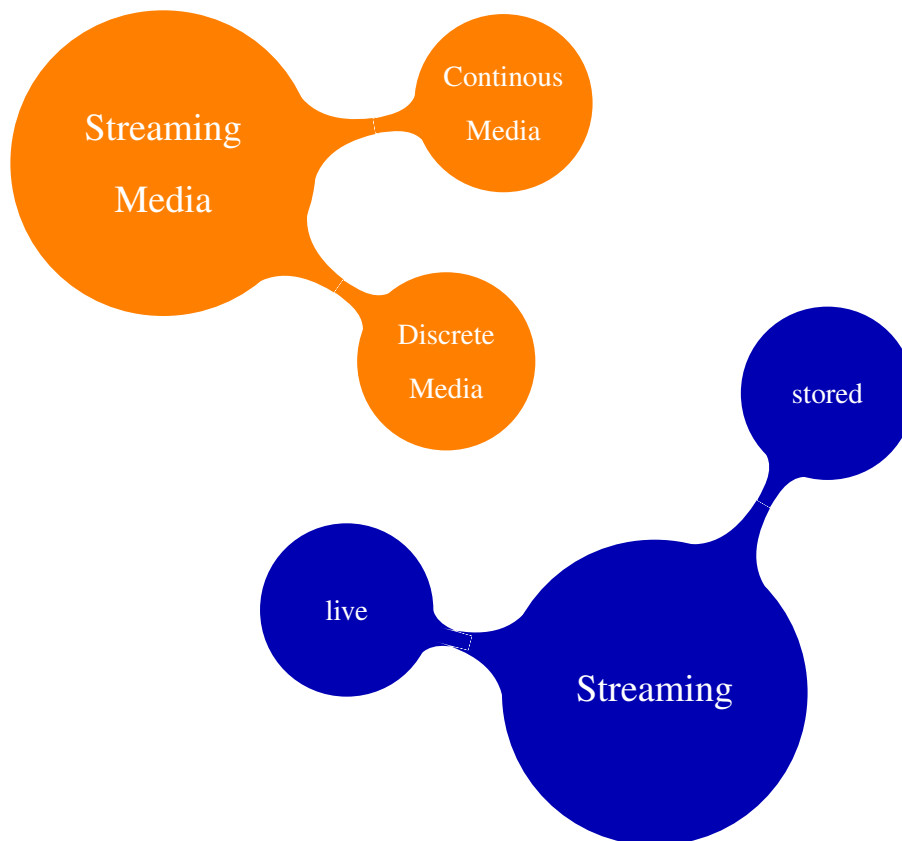


Abbildung 1: Streaming Mindmap

Media Streaming kann also als ein Oberbegriff für Video- oder Audio-Streaming angesehen werden. Technisch umgesetzt gibt es einen Server, der Daten zur Verfügung stellt, welcher wie in einer Art Peer-to-Peer Verbindung⁴ (P2P) auf der anderen Seite mit einem Client kommuniziert, der diese Daten abfragt und zeitgleich weiterverarbeitet wie beispielsweise den Inhalt auf einem Endgerät wiedergibt. Der Aufbau des Netzes kann sowohl dem Client-Server Modell sowie auch dem Peer-to-Peer Modell

⁴eigentlich direkte Verbindung zwischen Client und Server, jedoch beide in Funktion gleichgestellt:

nachempfunden werden. ([RRZN01] Kapitel 2, Seite 11.)

Die Besonderheit besteht darin, dass jeder Benutzer individuell für sich Daten anfordern kann. **Media Streaming** ist somit nicht als eine Art des Rundfunks zu verstehen, da bei diesem eine Vielzahl von Endgeräten den Sender empfangen können. Frühere Vorläufer des heutigen Multimediasstreamings gab es erstmals in den 1980ern. Als Massenmedium, wie wir es heute kennen, konnte sich das **Media Streaming** aufgrund der erforderlichen Leistung der Rechner und die Möglichkeit der größeren Datenübertragungsraten erst in den späten 90ern Jahren durchsetzen.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium beim Streaming ist, ob nun Daten auf einem Server gespeichert (stored) vorliegen, oder just-in-time (live) übertragen werden. Hier gibt es grundsätzlich zwei zu unterscheidende Arten von **Multimedia Streaming**:

“On-demand-Streaming”

- Daten werden vom Server über Netzwerk an Client übertragen
- Wiedergabe während der Übertragung
- Zwischenpuffer für lückenlose Wiedergabe
- Vor- und Zurückspulen, sowie pausieren möglich
- Verwendete Protokolle sind HTTP oder FTP

”Live-Streaming”

- Die Wiedergabe erfolgt in Echtzeit
- Verwendete Protokolle sind RTP, RTCP und RTSP

Beide Prinzipien finden heutzutage in vielen Bereichen ihre Anwendung. Während bspw. Online-Videotheken einen „On-demand-Streaming“ Service anbieten, findet „Live-

Streaming“ zumeist in Videokonferenzen oder bei der Übertragung von Musikevents seine Anwendung.

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Universal Plug and Play

Universal Plug and Play, kurz “UPnP“ wurde 1999 von Microsoft eingeführt und war im Jahr 2000 zum ersten Mal in Windows Me verfügbar. (siehe: [MS01]) Es dient der herstellerübergreifenden Ansteuerung und Verwendung von Geräten im lokalen Netzwerk und basiert auf standardisierten Netzwerkprotokollen und Datenformaten.



Abbildung 2: UPnP Logo

UPnP-Geräte- und Dienststandards werden für vielerlei Gerätetypen, wie zum Beispiel für Router, AV-Geräte, Drucker, Scanner, Klimaanlage, Beleuchtungssteuerungen, WLAN-Access-Points und digitale Sicherheitskameras bereitgestellt. Der Sinn dahinter ist, dass diese Geräte unabhängig von Herstellern, Betriebssystemen und Versionsunterschieden gemeinsam betrieben und verwendet werden können.

2010 gab es bereits knapp 700 Implementierungen auf Geräten von 70 Mitgliedsfirmen, die in über 8.000 UPnP-zertifizierten Produkten weltweit zum Einsatz kamen. Dies liegt wohl unter anderem daran, dass UPnP von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) als der erste verständliche internationale Standard zur Geräteentdeckung und -steuerung anerkannt wurde. (siehe: [UPnP01], S.3) Da, wie

später noch in Abschnitt 3.2.1 beschrieben wird, die DLNA und das UPnP-Forum sehr stark miteinander interagieren, wollen wir genauer auf den UPnP Standard und die Zertifizierung eingehen und näher erläutern.

3.1.1 Die Zertifizierung & Standards

Um ein Zertifikat vom UPnP-Forum zu erhalten, muss man zunächst Implementer Member werden. Dadurch erhält man Zugriff auf das offizielle Test-Tool und somit die Möglichkeit die eigene Implementierung für eine UPnP-Zertifizierung zu testen. Diese Mitgliedschaft kostet eine jährliche Gebühr von US\$ 5000 und ermöglicht die (freiwillige) Aufnahme des Unternehmens ([UPnP02]) und des zertifizierten Produktes in eine Liste auf der Webseite des UPnP Forums ([UPnP03]).

3.1.2 Technisches

UPnP basiert auf offenen Netzwerkarchitekturen, die weit verbreitete Netzwerkprotokolle wie TCP/IP, HTTP und UDP einsetzen. Es kann unabhängig vom Betriebssystem implementiert und auf jedem Gerät eingesetzt werden, das IP unterstützt. (siehe Abbildung 3.) Wenn ein UPnP-Gerät sich in ein Netzwerk verbindet, teilt es automatisch seine Netzwerkadresse mit und auf Anfrage, welche Dienste es unterstützt und kann damit von Clients, die diese Dienste erkennen, verwendet werden. Dazu wird das Simple Service Discovery Protocol (SSDP) verwendet. Eine HTTP-Nachricht mit der Methode NOTIFY, die über die Multicast-Adresse 239.255.255.250:1900 verteilt wird, informiert über das neu verbundene Gerät. Ein SSDP-Server muss ständig auf solche Nachrichten "lauschen" und gegebenenfalls darauf antworten.

Beispiel einer SSDP-Nachricht:

```
NOTIFY * HTTP/1.1
```

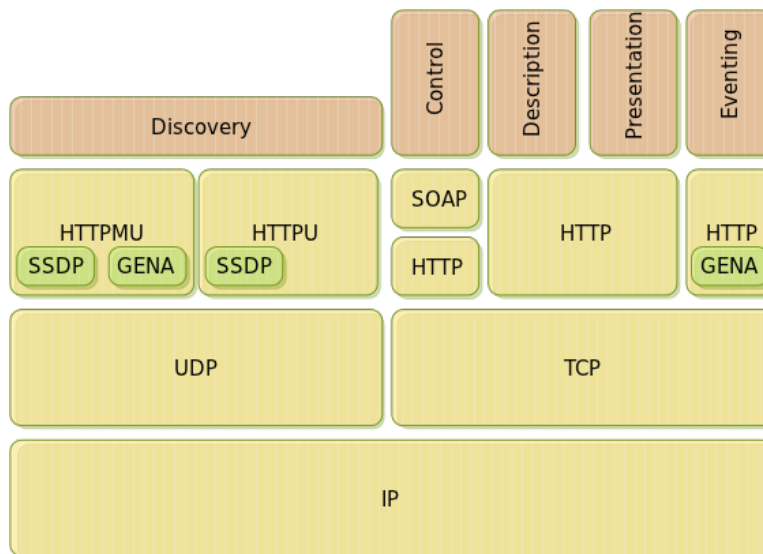


Abbildung 3: Verwendete Protokolle & Dienste

```

SERVER: Linux/2.6.15.2 UPnP/1.0 Mediaserver/1.0
CACHE-CONTROL: max-age=1800
LOCATION: http://192.168.0.10:8080/description.xml
NTS: ssdp:alive
NT: urn:schemas-upnp-org:service:ConnectionManager:1
USN: uuid:550e8400-e29b-11d4-a716-446655440000::urn [...]
HOST: 239.255.255.250:1900

```

LOCATION enthält die URL zur Beschreibung des Gerätes. NTS (Notification Sub Type) hat bei einer Geräteanmeldung den Wert `ssdp:alive`, bei der Abmeldung `ssdp:byebye`. (siehe: [Wiki02] und [ietf01])

Die UPnP Geräte-Architektur definiert Standards, um Geräte mittels Simple Object Access Protocol (SOAP) zu steuern. Weiterhin wird ein Mechanismus definiert, um Statusänderungen eines Gerätes asynchron an Steuergeräte mitzuteilen. Dazu wird die General Event Notification Architecture (GENA) verwendet, die das Abonnieren von Statusvariablen ermöglicht und den Abonnenten bei Änderungen dieser Variablen

HTTP-Mitteilungen zustellt. Die Geräte-Architektur unterstützt eine konfigurationsfreie Vernetzung. Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) und DNS-Server sind optional und können verwendet werden, sofern sie im Netzwerk verfügbar sind.

3.2 Die Digital Living Network Alliance

Die **Digital Living Network Alliance**, kurz "DLNA"

ist eine Vereinigung von verschiedenen Herstellern der Unterhaltungselektronik, Computern oder Mobiltelefonen, die versucht die Kommunikation, Nutzung oder Bedienung ihrer Geräte mit den Produkten anderer



Abbildung 4: Logo der DLNA

Hersteller sicherzustellen und zu gewährleisten. Die DLNA ist im Juni 2003 als Digital Home Working Group von Sony und Intel ins Leben gerufen worden, die Umbenennung in die Digital Living Network Alliance erfolgte im Juni 2004. Die DLNA schreibt unter [DLNA01] über sich selbst, dass mittlerweile mehr als 250 Mitglieder u.a. Firmen wie Cisco, Microsoft, Nokia, Panasonic, Philips und Samsung, also viele namhafte Hersteller der Elektronikbranche, zur DLNA zählen.

Um sich einen kleinen Eindruck von der DLNA verschaffen zu können, erscheint uns an dieser Stelle ein kleines Beispiel für sinnvoll bevor wir mit den technischen Aspekten fortfahren wollen. Zu finden ist dieses Beispiel und die Grafik ebenfalls unter [DLNA01]. Abbildung 5 soll das Beispiel vereinfacht darstellen.

Ein kleiner Auszug aus der offiziellen Website der DLNA:



Abbildung 5: Darstellung für beispielhaften DLNA Ablauf

“You recently downloaded your daughter’s birthday party video from your digital camcorder to your PC, and stored it on your DLNA Certified network attached storage (NAS) drive. Now you want to share it with your parents who are visiting. Step one: Use the TV’s remote to call up the video on your DLNA Certified TV. That’s it. No step two.”

Before DLNA:

You probably had to burn a DVD of that video, taking hours, or you had to hook up the camcorder to the TV to watch it, fiddling with messy cables that are never where you thought you put them.“

3.2.1 Die Zertifizierung

Das DLNA-Zertifikat hat sich mittlerweile sehr weit verbreitet und ist bei den Herstellern heiß begehrt. Laut einem Bericht der “ABI Research“ wurden im Jahre 2009 etwa 250 Millionen Geräte zertifiziert, im Jahre 2012 werden 1 Milliarde und im Jahre 2014 noch einmal zusätzliche 2 Milliarden Zertifikate erwartet ([UPnP01] Seite 3). Bevor jedoch ein Gerät durch die DLNA zertifiziert wird müssen diese einige harte Richtlinien und Kriterien erfüllen. Damit die Hersteller einen Überblick haben, hat die DLNA die “Home Networked Device Interoperability Guidelines“ verfasst. Darin können alle Richtlinien und Vorschriften für eine Zertifizierung nachgeschlagen werden. Dieses Nachschlagewerk muss von der DLNA für eine Gebühr von 500 US-Dollar erstanden werden, wofür man ein gedrucktes Exemplar der ”Home Networked Device Inter-

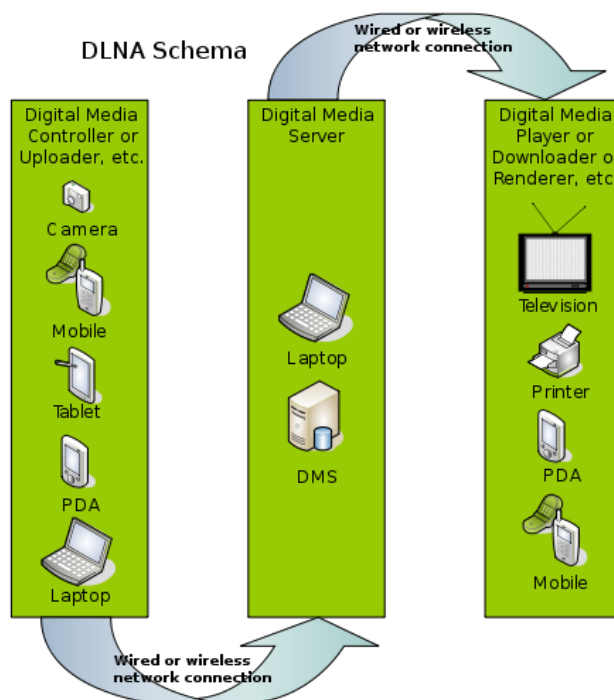


Abbildung 6: DLNA Schema der Geräteklassen

operability Guidelines“ erhält (nachzulesen unter: [DLNA02]). Dieses darf nicht vielfältigt werden, sondern muss erneut bezahlt werden, wenn ein weiteres oder neues benötigt wird. Leider hatten wir keinen Zugriff auf ein solches Dokument, weshalb wir nur recht wenige Zertifizierungsvoraussetzungen offenlegen können. Die Grundlagen von DLNA basieren auf UPnP, was natürlich logischerweise ein UPnP-Zertifikat voraussetzt. Da auch UPnP stetig weiterentwickelt wird, darf dieses Zertifikat allerdings nicht älter als 6 Monate sein, um eine reibungslose Zusammenarbeit mit anderen aktuellen DLNA-fähigen Geräten zu gewährleisten. Da DLNA auch mobile Endgeräte, wie Handys und PDAs, zertifiziert wird außerdem ein Wi-Fi-Zertifikat benötigt, damit auch Geräte, die nicht LAN-fähig sind von dem Prinzip der DLNA profitieren können.

Die DLNA unterscheidet zu zertifizierende Geräte in insgesamt drei Geräteklassen, welche auch verschiedene Voraussetzungen erfüllen müssen. Die Geräte, die unterschieden werden sind Heimnetzwerkgeräte, tragbare Geräte und Infrastrukturgeräte, welche

| Medienart | Medienformate | Optionale Medienformate |
|-----------|---------------|----------------------------------|
| Bilder | JPEG | GIF, TIFF, PNG |
| Audio | LPCM | MP3, WMA9, AC-3, AAC, ATRAC3plus |
| Video | MPEG2 | MPEG1, MPEG4, WMV9 |

Tabelle 1: DLNA Formate für Heimgeräte

jeweils noch einmal in Unterklassen unterteilt werden. Die Abbildung 6 soll das Zusammenspiel der verschiedenen Geräteklassen illustrieren.

Die Heimnetzwerkgeräten werden in die sogenannten “Digital Media Server“ (DMS), “Digital Media Player“ (DMP), “Digital Media Renderer“ (DMR), “Digital Media Controller“ (DMC) und “Digital Media Printer“ (DMPr) unterschieden. Der Digital Media Server dient dazu den anderen Geräten im Netzwerk Medieninhalte, wie Filme, Bilder und Musik bereitzustellen. Er fungiert also als eine Art Netzlaufwerk, auf das innerhalb des jeweiligen Netzwerkes zugegriffen werden kann. Je nachdem wie weit das Netzwerk verfügbar ist, entsteht dadurch eine sehr große Mobilität, um Medieninhalte beispielsweise überall in einem Haus über Wi-Fi abzurufen. Um diese bereitgestellten Medien abspielen zu können, wird nun ein Digital Media Player benötigt. Dieser Player muss sich im selben Netzwerk wie der Server befinden und kann dann sämtliche bereitgestellte Medieninhalte, die von dem benutzten Player ebenfalls unterstützt werden, wiedergeben. Ein Digital Media Player könnte beispielsweise ein DLNA-fähiger Fernseher oder MP3-Player sein. Viele Fernseher sind heute bereits DLNA-fähig, selbst wenn sie standardmäßig nicht Wi-Fi-fähig sind. Voraussetzung ist dann jedoch, dass beispielsweise ein Wi-Fi-Dongle nachgerüstet werden kann. Dem Digital Media Player recht ähnlich sind die Digital Media Renderer. Anders als ein Digital Media Player empfängt der Digital Media Renderer jedoch nicht selbst die Medieninhalte, sondern überlässt dies einem Digital Media Controller. Dieser gibt empfangene Medieninhalte dann auf einem Digital Media Renderer, wie zum Beispiel wiederum einem Fernseher, wieder. Die letzte Untergruppe der Heimnetzwerkgeräte

ist noch der Digital Media Printer, welcher vom Namen her bereits selbsterklärend sein dürfte. Es handelt sich dabei um einen DLNA-fähigen Drucker, über den Bilder direkt, beispielsweise von einem Handy, ausgedruckt werden können.

Die nächste, durch die DLNA zertifizierte Geräteklassen, sind die tragbaren Geräte. Diese unterscheiden sich im Großen und Ganzen nicht allzu sehr von den Heimnetzwerkgeräten. Es gibt hier ebenfalls eine Unterteilung in Server, Player, und Controller. Sie heißen jedoch Mobile Digital Media Server, Mobile Digital Media Player und Mobile Digital Media Controller. Außerdem kommen zu den tragbaren Geräten noch zwei neue Unterkategorien hinzu. Dies sind die "Mobile Digital Media Uploader" und der "Mobile Digital Media Downloader". Diese werden dazu benutzt, Medieninhalte auf einen Digital Media Server hoch- oder von ihm herunterzuladen.

Die dritte und letzte Geräteklasse beinhaltet die Infrastrukturgeräte. Diese wiederum beinhaltet die Unterklasse der "Mobile Network Connectivity Function" (M-NCF) und die "Media Interoperability Unit" (MIU). Die Mobile Network Connectivity Function sorgt dafür, dass eine Verbindung zwischen mobilen Geräten und Heimnetzwerkgeräten aufgebaut werden kann. Die Media Interoperability Unit wiederum transformiert gegebenenfalls Medieninhalte von Heimnetzwerkgeräten für mobile Geräte oder umgekehrt. (Nachzulesen unter [DLNA02])

Mittlerweile setzt sich jedoch der Trend durch, dass ein Gerät nicht nur zu einer, sondern zu mehreren Geräteklassen gehört. Besonders Smartphones der neueren Generation können sehr viele Rollen der genannten Unterklassen, der tragbaren Geräte, darstellen. Selbst ältere Geräte können über Softwareupdates oder Applikationen neue Funktionen erlangen und erweitert werden.

Wie an Tabelle 1 und Tabelle 2 abzulesen ist, können DLNA-zertifizierte Geräte sehr viele Formate unterstützen. Dabei unterscheiden sich die von Heimnetzwerkgeräten und tragbaren Geräten unterstützten Formate leicht, was sich besonders bei der Wiedergabe von Videos und Musik bemerkbar macht. Viele der möglichen Formate sind

| Medienart | Medienformate | Optionale Medienformate |
|-----------|----------------------|-----------------------------------|
| Bilder | JPEG | GIF, TIFF, PNG |
| Audio | MP3 und MPEG4 AAC LC | MPEG4, AMR, ATRAC3plus, WMA, LPCM |
| Video | MPEG4 AVC | VC1, MPEG4 part2, MPEG2 |

Tabelle 2: DLNA Formate für Mobile Geräte

für eine Zertifizierung jedoch nicht notwendig, sondern können von dem Hersteller optional eingebunden werden. Dies ist auch einer der größten Kritikpunkte der DLNA, denn es gibt keine Garantie, dass alle durch die DLNA unterstützten Formate auch von einem DLNA-zertifizierten Gerät unterstützt werden.

3.2.2 Sicherheit

Natürlich spielt auch für DLNA die Sicherheit eine wichtige Rolle. Die sicherste Methode, ein DLNA-fähiges Netzwerk aufzubauen, ist selbstverständlich alle Geräte über einen Router und Ethernet-Kabel zu verbinden. Da dies aber die Mobilität stark einschränkt und kleinere Geräte ohne Ethernetanschluss sogar komplett ausschließt, werden insbesondere Heimnetzwerke hauptsächlich über WLAN realisiert. WLAN Netzwerke bergen jedoch immer das Risiko, dass Unbefugte Daten abhören oder sogar abfangen können. Niemand möchte, dass die eigenen privaten Bilder beim Streamen von Fremden betrachtet werden können. Noch fataler wäre es jedoch, wenn firmeninterne Daten ausspioniert werden. (Vergleiche in: [DLNA02]) Aus diesem Grund stehen Geräteentwicklern und Inhaltanbietern einige sogenannte "Digital Rights Management Technologien" (im Folgenden kurz DRM bezeichnet) zur Verfügung, um ihre eigenen Inhalte vor dem Kopieren zu schützen. Ein großes Problem ist jedoch, dass Geräte mit unterschiedlichen DRMs nicht in der Lage sind, Mediendaten auszutauschen. Aus diesem Grund musste ein Weg gefunden werden, einen durch das Quell-DRM geschützten Inhalt in einen Ziel-DRM geschützten Inhalt zu konvertieren. Deshalb wurde in der DLNA ein Unterkommission gegründet, die sich mit Link Protection beschäftigt. Im

März 2006 vervollständigte die Kommission ihre "Link Protection Guidelines", welche im Oktober 2006 in einer neuen Fassung den "Networked Device Interoperability Guidelines Expanded" publiziert wurden. Seitdem sind sie damit beschäftigt "DLNA DRM Interoperability Guidelines" zu entwickeln.

Die "DLNA Interoperability Guidelines Expanded" setzt für eine Linked Protection Unterstützung voraus, dass das Gerät DTCP-IP unterstützen muss und WMDRM-ND unterstützen sollte. Linked Protection entschlüsselt nun zuerst den DRM-geschützten Medieninhalt, verschlüsselt ihn erneut mit einer Linked Protection Technologie und sendet ihn erst dann an das Zielgerät. Dort wird er dann wieder entschlüsselt und wiedergegeben.

3.2.3 Vor- und Nachteile

Der wohl größte Vorteil dürfte wohl sein, dass man komplett Herstellerunabhängig ist, da es sich bei der DLNA nicht um eine Vereinigung eines, sondern vieler Hersteller handelt und diese selbst für eine Kompatibilität ihrer Geräte sorgen wollen. Außerdem ist die Konfiguration eines DLNA-Netzwerkes sehr komfortabel und schnell bewerkstelligt. Sowohl Server, als auch Player oder Controller sind innerhalb weniger Minuten betriebsbereit und können zum streamen von Medieninhalten genutzt werden. Wenn man zum Beispiel ein WLAN-Netzwerk über ein komplettes Haus aufgebaut hat kann man mit mobilen Endgeräten auf seine kompletten Medien zugreifen. Insgesamt sind DLNA-zertifizierte Geräte also sehr benutzerfreundlich und bietet nahezu nur Vorteile, abgesehen von den teilweise nur optional unterstützten Medienformaten. Baut man sich ein DLNA-fähiges WLAN Netzwerk auf erspart man sich damit außerdem lästiges Kabelverlegen und ermöglicht auch auf und mit tragbaren Geräten Medieninhalte zu streamen.

4 Praktische Durchführung

Mit unseren praktischen Teil der Seminararbeit wollen wir dem Leser die praktische und komfortable Seite des Media Streamings mit DLNA und UPnP näher bringen. Als Server haben wir unter Anderem den OpenSource UPnP-Server „MediaTomb“, sowie auch den DLNA-Server “miniDLNA” verwendet. Die Server haben wir unter „Ubuntu 11.04“, „KUbuntu 11.04“, sowie auf einer “Ubuntu Netbook Edition 10.04“, also diversen Linux Derivaten auf verschiedenen Rechnern wie Desktop Pc’s, Laptops und als kleine Besonderheit auf einem Asus EeePc, installiert, konfiguriert und ausgeführt.

Als Client haben wir die “PlayStation 3“ von Sony verwendet. Im Folgenden gehen wir näher auf die Vorbereitungen von Client und Server, die Konfiguration beider und deren Inbetriebnahme ein.

4.1 Beispiele für Geräte: Server und Clients

Im Folgenden wollen wir auf die von uns eingesetzte Software bzw. die eingesetzten Server, sowie Clients eingehen. Wie schon in Abschnitt 1.2 erwähnt haben wir versucht alles so einfach wie möglich zu halten. Grundkenntnisse im Umgang mit einem linuxbasiertem Betriebssystem sind an dieser Stelle sinnvoll und von Vorteil, aber nicht zwingend notwendig.

Die detailreiche Abgrenzung und Untersuchung der einzelnen, von uns benutzten Gerätedienste außerdem dazu, Vor- und Nachteile herauszufinden.

4.1.1 Grundvoraussetzungen

Grundvoraussetzung für alle unserer Versuche waren ein netzwerkfähiger Rechner sowie eine PlayStation 3, welche sich beide im selben Netzwerk befinden müssen. Da

beide über LAN oder über Wireless LAN betrieben werden können kann man sich für eine beliebige Variante entscheiden.

4.1.2 MiniDLNA

Der **miniDLNA** ist ein sehr leichtgewichtiger Medienserver. Die ursprüngliche Software stammt von der Firma Netgear und wurde für die readyNAS Produktlinie entwickelt. Der Server trug damals den Namen: “readyDLNA”. Der **miniDLNA** selbst ist quelloffen und in C geschrieben und dabei sehr schlicht gehalten. Durch seine Größe, gerademal 1,2 MB, lässt er sich vor allem auf Systemen mit wenig zur Verfügung stehendem Speicher sehr gut nutzen. Auf der offiziellen Projektseite (zu finden unter: [MD01]) kann entweder das vorkompilierte Programm oder ein Archiv mit Quelldateien heruntergeladen werden. Auf der oben erwähnten Projektseite lassen sich außerdem noch technische Aspekte des **miniDLNA** genauer nachlesen.

Da es sich um einen DLNA Server handelt, sollte man sich im Voraus um die unterstützten Formate informieren. Im Grunde gilt, dass alle durch die DLNA spezifizierten Formate unterstützt werden.

4.1.3 MediaTomb

Der Medienserver **MediaTomb** ist ein quelloffener und leistungsfähiger Medienserver. Der Server ist in C++ geschrieben und ist dadurch auch nahezu beliebig erweiterbar. Weitere Projekte und Problemlösungen sind im MediaTomb Sourceforge-Forum [MT03] zu finden. Da es sich hierbei um ein offenes Forum handelt, sollte man es jedoch mit Vorsicht genießen. Die gesamte Konfiguration des Servers nimmt der Benutzer über eine XML-Datei⁵ vor. Desweiteren besitzt der **MediaTomb** eine mit Hilfe von JavaScript umgesetzte Weboberfläche, für die Konfiguration der Streaming

⁵Extensible Markup Language

Inhalte, die sehr einfach für unerfahrene Benutzer zu bedienen ist. Alternativ kann selbstverständlich, vorallem unter Linux, mit der Konsole gearbeitet werden. Eine positive Leistung des **MediaTombs** ist außerdem seine Fülle an Formaten, die er unterstützt und somit ohne Hilfsmittel im Vergleich zum miniDLNA auskommt. Eine kleine Auswahl der wichtigsten:

1. Video Streaming:

- verschiedene MPEG-2, MPEG-4 Videoformate auch mit DivX-Codec⁶ aber auch Container wie *.mkv⁷ oder *.avi)
- Windows Videoformate wie *.wmv, *.wmx,...
- Flash-Videos (*.flv)

2. Audio Streaming:

- Windows Formate: *.wma, *.wax
- Playlists wie: *.m3u, *.pls
- *.mp3, *.ogg, *.flac, *.mka, etc...

3. unterstützte Bildformate:

- *.jpg beziehungsweise *.jpeg Kompressionen

4.1.4 PlayStation 3

Die **PlayStation 3**, kurz "PS 3", von Sony wurde von uns als Client bei unseren Streamingversuchen benutzt. Diese zeichnet sich vorallem durch ihre einfache Bedienung

⁶beliebter MPEG-4-kompatibler Video-Codec

⁷HD-Formate wie Blu-Ray mit 1080p

und Konfiguration aus. Die **PS 3** unterstützt LAN- sowie WLAN-Verbindungen. DLNA und UPnP werden von der **PS 3** “von Haus aus“ unterstützt. Eventuelle Medienserver im Netzwerk findet die **PS 3** ohne Probleme. Auf die eigentliche Konfiguration wird im folgendem Abschnitt (4.1.5) noch genauer eingegangen.

4.1.5 Konfiguration der PlayStation 3

Anhand der PlayStation 3 sollen nun die vorher in Abschnitt 3.2.1 erwähnten Vorteile zum Teil demonstriert werden. Zur Konfiguration der PlayStation 3 sind lediglich drei einfache Schritte notwendig, um Medien von einem bereits konfigurierten Server wiedergeben zu können.



Abbildung 7: XMB PS 3

Der Vorgang der Konfiguration der PlayStation 3 gestaltet sich für jeden Versuch mit den verschiedenen Medienserver analog. Deshalb hielten wir es für günstig, dem Leser gleich zu Beginn des praktischen Teils die Konfiguration zu schildern.

Sobald die PlayStation 3 gestartet ist, muss man in dem XMB-Menü (XrossMediaBar) nach links zu den Einstellungen wechseln. Dort navigiert man bis ganz nach unten zu den Netzwerkeinstellungen. Hier stellt man zuerst eine Verbindung zu dem Netzwerk her, in dem auch der Server ist und testet diese Verbindung danach. Eine Internetverbindung ist in diesem Fall nicht notwendig. Man muss lediglich darauf achten, dass der PlayStation 3 auch wirklich eine IP-Adresse von dem Router zugewiesen wur-

de. Danach muss man in demselben Untermenü die Funktion “Medienserver“ noch aktivieren, damit innerhalb des Netzwerkes nach Medienservern gesucht wird. Nach diesen beiden Schritten findet die PlayStation 3 oftmals bereits automatisch vorhandene Medienserver. Sollte dies nicht der Fall sein muss man in dem XMB-Menü in die Bilder-, Video- oder Musikspalte wechseln und dort den Unterpunkt “Medienserver suchen“ auswählen. Spätestens jetzt sollte ein Medienserver gefunden werden. Falls nicht, wurde ein Fehler bei der Konfiguration des Medienservers oder der PlayStation 3 gemacht. Das PlayStation 3 Menü ist für Videos, Musik und Bilder in drei unterschiedliche Untermenüs unterteilt. Beim Abspielen einer Datei sollte man sich deshalb bereits vorher bewusst sein, ob es sich dabei um eine Film-, Musik- oder Bilddatei handelt. Denn auch auf dem Server befindliche Daten werden nur dann angezeigt, wenn man sich auf der PlayStation 3 im richtigen Untermenü befindet.

Abbildung 7 zeigt das Menü der PlayStation 3.

4.2 PC und PlayStation 3 via MediaTomb

4.2.1 Vorbereitungen

Erste Versuche wurden mit dem Medienserver “MediaTomb“ durchgeführt.

Die Pakete haben wir unter Linux per `apt-get` heruntergeladen und in-



Abbildung 8: MediaTomb Logo

stalliert. Die Besonderheit des MediaTombs ist, dass er außer dem Betrieb allein in der Konsole auch eine webbasierte GUI besitzt mit dem sich die Dateiverwaltung sehr einfach handhaben lässt. Die offizielle Homepage ist unter [MT02] zu finden, auf welcher des Weiteren die Dokumentation und das Benutzerhandbuch verlinkt sind. Man

kann nur empfehlen, sich letzteres genau durchzulesen, da hier außer der Konfiguration des Servers, auf die wir als nächstes eingehen werden, wichtige Hinweise zu dessen Sicherheit zu finden sind.

4.2.2 Konfiguration

Wie schon erwähnt, besitzt der MediaTomb ein benutzerfreundliches Web Interface. Jedoch ist gerade die schöne GUI des MediaTombs auch sein Manko. Der nachstehende Warnhinweis ist in der englischen Dokumentation unter [MT01] zu finden.

Auszug aus der englischen Dokumentation:

“The server has an integrated filesystem browser, that means that anyone who has access to the UI can browse your filesystem (with user permissions under which the server is running) and also download your data! If you want maximum security - disable the UI completely! Account authentication offers simple protection that might hold back your kids, but it is not secure enough for use in an untrusted environment!”

Folgen einer nicht ausreichenden Sicherung des Servers können dem Angreifer einen `root`-Zugriff ⁸ auf das gesamte Dateisystem ermöglichen. Durch bestimmte Netzwerkanalyseverfahren wie zum Beispiel dem “Portscanning“ ⁹, um nur ein Beispiel zu nennen, wäre es also möglich Sicherheitslücken auszunutzen, um dann ein fremdes System zu infizieren oder zu zerstören. Eine genauere Erklärung zu diesem Verfahren ist in [RRZN02] auf Seite 12 bis 14 nachzulesen. Das Ausmaß eines möglichen Angriffs sollte jedem klar sein.

Um also ein paar Sicherheitseinstellungen vorzunehmen, muss man die XML-Datei `config.xml`, welche sich im Verzeichnis `/home/user/.MediaTomb` befindet,

⁸Superuser-Zugriff auf gesamtes Dateisystem

⁹Portscanning, ist die Überprüfung an einem System um herauszufinden, welche Dienste bspw. per TCP oder UDP im Netz angeboten werden

nach seinen Bedürfnissen anpassen. Wir haben im Sinne unserer Seminararbeit als erstes lediglich ein paar kleine Einstellungen innerhalb des root-Elements `<server>` der `config.xml` vorgenommen:

1. den Benutzeraccount, welcher im XML-Tag `<account user="MediaTomb" password="MediaTomb"/>` zu finden ist, angepasst
2. eine feste IP-Adresse für ein privates Netz vergeben mit `<ip>192.168.178.44</ip>`, durch Hinzufügen des Tags `<ip>`
3. einen XML-Tag `<port>50666</port>` hinzugefügt, um den Server auf einem festem Port, hier der Port 50666, erreichen zu können
4. für den PS3 Support im XML-Tag `<protocolInfo extend="no"/><!-- For PS3 support change to "yes" -->`, wie im Kommentar angegeben, auf "yes" ändern
5. wer dem oben nahegelegten Warnhinweis nachkommen möchte, ändert im XML-Tag `<ui enabled="yes"/>` auf "no" (Hierfür wäre allerdings unser erster Schritt, nämlich Benutzername und Passwort festzulegen, zu vernachlässigen)

4.2.3 Inbetriebnahme

MediaTomb kann über ein Shell-Skript bei Neustart des Rechners automatisch gestartet werden. Zur manuellen Kontrolle hat man aber über die Konsole folgende Möglichkeiten:

1. Server starten:
 - `sudo /etc/init.d/MediaTomb start`
2. Server stoppen:

```
=====  
Copyright 2005-2010 Gena Batsyan, Sergey Bostandzhyan, Leonhard Wimmer.  
MediaTomb is free software, covered by the GNU General Public License version 2  
  
2011-06-29 23:11:42 INFO: Loading configuration from: /home/cy/.mediatomb/config.xml  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Checking configuration...  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Setting filesystem import charset to UTF-8  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Setting metadata import charset to UTF-8  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Setting playlist charset to UTF-8  
2011-06-29 23:11:43 WARNING: You enabled the YouTube feature, which allows you  
to watch YouTube videos on your UPnP device!  
Please check http://www.youtube.com/t/terms  
By using this feature you may be violating YouTube  
service terms and conditions!  
  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Configuration check succeeded.  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Initialized port: 50666  
2011-06-29 23:11:43 INFO: Server bound to: 192.168.0.102  
2011-06-29 23:11:44 INFO: MediaTomb Web UI can be reached by following this link:  
2011-06-29 23:11:44 INFO: http://192.168.0.102:50666/
```

Abbildung 9: Start des Medienservers

- `sudo /etc/init.d/MediaTomb stop`

3. Server neustarten:

- `sudo /etc/init.d/MediaTomb restart`

4. neues Laden der Inhalte erzwingen:

- `sudo /etc/init.d/MediaTomb force-reload`

Abbildung 9 zeigt eine mögliche Bildschirmausgabe beim manuellen Start des MediaTombs. Wie man sieht, benutzt der MediaTomb unsere vorhin im Abschnitt Konfiguration (4.2.2) festgelegte IP-Adresse `192.168.0.102` und den Port `50666`.

4.3 miniDLNA auf dem Asus EeePc

4.3.1 Vorbereitungen

Wie vorhin in Abschnitt 4.1.2 beschrieben kann das Downloadarchiv des miniDLNA auf [MD01] heruntergeladen werden. Wir haben uns dafür entschieden, die Quellda-

teilen selbst zu kompilieren. Alles, was benötigt wird, ist ein C-Compiler, wie er beispielsweise in der GNU Compiler Collection unter [gcc01] zu finden ist.

Bevor wir jedoch kompilieren können, müssen wir zuvor die folgenden Pakete installiert haben:

- libsqlite3-dev
- libjpeg62-dev
- libexif-dev
- libid3tag0-dev
- libogg-dev
- libvorbis-dev
- libflac-dev
- libavutil-dev
- libavformat-dev
- libavcodec-dev

Die kleine Besonderheit bei unserem Versuch mit dem miniDLNA war, dass wir den Server auf einem Asus EeePc 4G in Betrieb nehmen wollten. Da der EeePc nur über einen internen Speicher von 4 GB verfügt, erschien uns der miniDLNA am geeignets-
ten. Der Asus EeePc arbeitet in unserem Versuch mit einer “Ubuntu Netbook Edition 10.04“ (mehr unter: [Users01])

4.3.2 Konfiguration & Inbetriebnahme

Nachdem wir das Archiv, welches den Quellcode enthält, heruntergeladen haben, entpacken wir das Archiv mit: `tar -xzf [Dateiname]`. Da ein `makefile` vorhanden ist, können wir nun die Dateien per `make` kompilieren.

Als nächstes kopieren wir das Programm in unsere eigenes Verzeichnis mit:

```
sudo cp minidlna /usr/sbin
```

Die Server Konfigurationsdatei legen wir unter `/etc` ab:

```
sudo cp minidlna.conf /etc/
```

In der Konfigurationsdatei sollte man außerdem noch ein paar Dinge anpassen:

1. anstelle von `media_dir= /opt` müssen wir ein Verzeichnis angeben, von dem die Daten gestreamed werden sollen
2. außerdem können wir den Namen des Servers beliebig ändern, standardmäßig ist dieser auf `friendly_name=My DLNA Server` gesetzt.

Im Unterverzeichnis `/linux` unseres entpackten Ordners befindet sich außerdem noch das Startskript `minidlna.init.d.script`. Das Skript kopieren wir in unser Verzeichnis `/etc/init.d` und geben ihm den Namen "minidlna".

Durch unseren letzten Schritt können wir den miniDLNA von nun an per `/etc/init.d/minidlna start|stop|restart|reload|force-reload` jeweils manuell steuern, ähnlich wie beim MediaTomb. (Vgl. Abschnitt 4.2.3)

5 Evaluation

Durch unsere Seminararbeit haben wir die Möglichkeiten, die UPnP und DLNA bieten, kennengelernt. Wir haben erfahren, dass UPnP viel mehr bietet, als nur die Grundlage

für das Streaming von Bild und Ton und haben festgestellt, dass DLNA eine viel höhere Verbreitung genießt als gedacht. Es wurde uns klar, dass viele Geräte, die wir tagtäglich benutzen, auf diese Technologien setzen. Sie erleichtern den Alltag vieler Menschen, ohne dass diese sich darüber im Klaren sind. Ein Benutzer merkt normalerweise nicht welche Technologie sich hinter den bunten Oberflächen all der Hersteller verbirgt, er nimmt nämlich oft keinerlei Konfiguration vor. Man muss sich in der Regel nicht mit der Technologie auseinandersetzen, denn sie funktioniert einfach.

Literatur

- [DLNA01] Digital Living Network Alliance. DLNA About Us and Possibilities. http://www.dlna.org/retail/about_us/possibilities/, Stand: 12. April 2011.
- [DLNA02] Digital Living Network Alliance. DLNA - Key Components. http://www.dlna.org/industry/why_dlna/key_components/drm/, Stand: 20. Mai 2011.
- [KuRo01] James F. Kurose and Keith W. Ross. *Computer Networking - A Top Down Approach*. Pearson Education, Inc., Boston, USA, 2010.
- [MD01] minidlna.sourceforge Projekt. miniDLNA - Offizielle Projektseite. <http://minidlna.sourceforge.net/>, Stand: 28. Juni 2011.
- [MS01] Microsoft.com. Microsoft - Presse, Veröffentlichungen. <http://www.microsoft.com/Presspass/press/2000/sept00/availabilitypr.msp>, Stand: 16. Mai 2011.
- [MT01] mediatomb.cc. MediaTomb - Konfigurationsdokumentation. <http://mediatomb.cc/pages/documentation#id2856362>, Stand: 3. Mai 2011.
- [MT02] mediatomb.cc. MediaTomb - Offizielle Projekthomepage. <http://mediatomb.cc/>, Stand: 5. Juni 2011.
- [MT03] mediatomb.cc. MediaTomb - Sourceforge Forum. <http://sourceforge.net/projects/mediatomb/forums>, Stand: 27. Juni 2011.
- [RRZN01] Wilhelm Noack. *Netzwerke - Grundlagen*. RRZN, Leibniz Universität Hannover, 2005.
- [RRZN02] Wilhelm Noack. *Netzwerke - Sicherheit*. RRZN, Leibniz Universität Hannover, 2009. Vertiefung zur Vorlesung Rechnernetze, Sicherheit.

- [SE01] Erich Stein. *Taschenbuch Rechnernetze und Internet*. Carl Hanser Verlag, München, 2008.
- [SchMa01] Christian Schindelhauer and Peter Mahlmann. *Peer-to-Peer-Netzwerke Algorithmen und Methoden*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [UPnP01] UPnP.org. UPnP - UPnP Whitepaper UPnP Device Management. http://upnp.org/resources/whitepapers/UPnPWhitePaper_2010.pdf, Stand: 16. Mai 2011.
- [UPnP02] UPnP.org. UPnP - Mitglieder. <http://upnp.org/membership/list/>, Stand: 16. Mai 2011.
- [UPnP03] UPnP.org. UPnP - Zertifizierung. <http://upnp.org/sdcps-and-certification/certification/certified-product-registry/>, Stand: 16. Mai 2011.
- [Uusers01] Wiki Ubuntuusers. Ubuntuusers - Offizielles Wiki. http://wiki.ubuntuusers.de/ubuntu_netbook_edition, Stand: 27. Juni 2011.
- [Wiki02] Wikipedia.org. Wikipedia - Simple Service Discovery Protocol. http://de.wikipedia.org/wiki/Simple_Service_Discovery_Protocol, Stand: 16. Mai 2011.
- [gcc01] GNU Compiler Collection. GCC - Projektseite. <http://gcc.gnu.org/>, Stand: 27. Mai 2011.
- [ietf01] Internet Engineering Task Force. ietf - ssdp. <http://tools.ietf.org/html/draft-cai-ssdp-v1-03>, Stand: 16. Mai 2011.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Streaming Mindmap | 4 |
| 2 | UPnP Logo http://spawn57.files.wordpress.com/2010/04/upnp-logo.jpg | 6 |
| 3 | Verwendete Protokolle & Dienste http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/0/08/Upnp_architecture.svg | 8 |
| 4 | Logo der DLNA http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/e/eb/Digital_Living_Network_Alliance_logo.svg | 9 |
| 5 | Darstellung für beispielhaften DLNA Ablauf http://www.dlna.org/digital_living/possibilities/pc-nas-tv.gif | 10 |
| 6 | DLNA Schema der Geräteklassen http://upload.wikimedia.org/wikipedia/de/a/ae/DLNA_new.svg | 11 |
| 7 | XMB PS 3 | 19 |
| 8 | MediaTomb http://mediatomb.cc/images/mediatomb.png | 20 |
| 9 | Start des Medienservers | 23 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|---|--|----|
| 1 | DLNA Formate für Heimgeräte | 12 |
| 2 | DLNA Formate für Mobile Geräte | 14 |