

Politechnika Poznańska
Wydział Informatyki



inż. Paweł Szafer

Analiza technologii UPnP A/V i DLNA w kontekście strumieniowania multimedialów

Praca magisterska

Promotor: prof. dr hab inż. Jan Brzeziński
Poznań, 2012

Spis treści

Wstęp	3
1 Standardy UPnP, UPnP A/V i DLNA	6
1.1 Opis standardu UPnP	6
1.2 Stos protokołów UPnP	7
1.2.1 Adresowanie	9
1.2.2 Wykrywanie	9
1.2.2.1 Wykrywanie: Ogłoszanie	10
1.2.3 Opis urządzeń i usług	13
1.2.4 Kontrola	13
1.2.5 Zdarzenia	14
1.2.6 Prezentacja	15
1.3 Klasy urządzeń multimedialnych UPnP A/V	16
1.3.1 Serwer multimedialny	17
1.3.2 Odtwarzacz multimediiów oraz odtwarzacz renderujący	18
1.3.3 Punkt kontrolny oraz kontroler multimedialny	20
1.3.4 Klasy mobilne	21
2 Multimedia w UPnP A/V i DLNA	22
2.1 Odtwarzanie multimediiów	23
2.2 Klasy multimediiów UPnP A/V	24
2.2.1 Klasa <i>object</i>	25
2.2.2 Klasa <i>item</i>	26
2.2.3 Klasa kontener	26
2.2.4 Klasa obraz	26
2.2.5 Klasa audio	28
2.2.6 Klasa wideo	29
2.3 Rodzaje multimediiów	30
2.3.1 Muzyka	31
2.3.2 Obrazy	31
2.3.3 Filmy	32
2.3.3.1 Kodowanie i kompresja filmów	34
3 Oprogramowanie serwera UPnP A/V	35
3.1 Wymagania wstępne	35
3.2 Wykorzystane narzędzia	37
3.2.1 Ramy projektowe UPnP	37

3.3	Opis programu	38
3.4	Funkcje programu	38
3.4.1	Biblioteka multimediiów	39
3.4.2	Miniatury multimediiów	40
3.4.3	Zarządzanie aplikacją	41
3.5	Budowa wewnętrzna modułu serwera UPnP A/V	44
3.5.1	Klasa demona	46
3.5.2	Klasa główna serwera UPnP A/V	46
3.5.2.1	Obiekt MediaStore	47
3.5.2.2	Obiekt MediaItem	49
3.5.3	Modyfikacja ramy projektowej UPnP Coherence	50
3.5.3.1	Język DIDL-Lite	51
3.5.4	Klasa serwera RPC	52
3.6	Budowa wewnętrzna modułu zarządzającego	53
3.6.1	Model	53
3.6.2	Widok	54
3.6.3	Kontroler	54
4	Testy	55
4.1	Sposób testowania aplikacji	55
4.1.1	Test wyszukiwania urządzenia	57
4.1.2	Test przeglądania zawartości	57
4.1.3	Test odtwarzania materiałów	57
4.1.4	Polecenia UPnP A/V i DLNA	58
4.2	Napotkane problemy	59
4.3	Wyniki testów	60
4.3.1	Test wyszukiwania urządzenia	60
4.3.2	Test przeglądania zawartości	61
4.3.3	Test odtwarzania materiałów	61
5	Przegląd oprogramowania UPnP A/V i DLNA	63
5.1	Przegląd oprogramowania serwerów UPnP A/V i DLNA	63
5.1.1	Oprogramowanie Samsung AllShare	63
5.1.2	Nero MediaHome 4	64
5.1.3	MiniDLNA	65
5.1.4	Wild Media Server	65
5.1.5	PS3 Media Server	66
5.1.6	Coherence	66
5.2	Przegląd oprogramowania odtwarzaczy DLNA i UPnP A/V	66
5.2.1	Oprogramowanie dla komputerów klasy PC	67
5.2.2	Oprogramowanie w sprzęcie audio-wideo	67
5.2.3	Obsługa standardu DLNA	69
Podsumowanie		71
Bibliografia		73

Wstęp

Technologie udostępniania multimediów w sieciach, zarówno lokalnych, jak i sieci Internetowej stają się coraz bardziej powszechnne. Dostęp do multimediów znajdujących się w Internecie przy pomocy komputera jest bardzo prosty, natomiast problem pojawia się w przypadku chęci odtworzenia na ekranie telewizora filmu bez podłączania dysku poprzez złącze kablowe np. USB.

Standardową procedurą jest nagranie materiału filmowego na dysk DVD, bądź w nowszym sprzęcie elektronicznym podłączenie pamięci przenośnej USB. Sieci komputerowe LAN ułatwiają komunikację między stacjami roboczymi. Powszechnie stosowane jest udostępnianie plików, pomiędzy komputerami podłączonymi do jednej sieci lokalnej. Podobny zabieg może być z powodzeniem stosowany w pozostałym sprzęcie elektronicznym znajdującym się w gospodarstwach domowych np. telewizorach, odtwarzaczach muzycznych, jednakże wykorzystywane protokoły udostępniania (np. protokoły SMB/CIFS - z ang. *Server Message Block / Common Internet File System*, NFS - z ang. *Network File System*) plików nie zostały zaprojektowane w celu odtwarzania multimediów. Udostępniają one całe katalogi, nie kategoryzując plików na różne rodzaje. Dla odtwarzacza multimedialnego jest to cecha niezbędna. Urządzenie multimedialne nie jest przeznaczone do otwierania dokumentów, arkuszy kalkulacyjnych i innych plików, które nie są treścią multimedialną.

W celu odtwarzania materiałów multimedialnych powstała dokumentacja UPnP A/V (ang. *Universal Plug and Play Audio / Video*). Jest ona rozszerzeniem specyfikacji UPnP (ang. *Universal Plug and Play*), która określa sposób zarządzania urządzeniami w sieci. Jej rozszerzenie, określa dokładnie sposób zarządzania materiałami audio-wizualnymi. Z kilkunastu powodów specyfikacja ta nie została powszechnie wprowadzona w urządzeniach RTV. Małe rozpowszechnienie UPnP A/V jest spowodowane nieokreślonymi formatami plików koniecznymi do obsługi. Brak zdefiniowanych formatów sprawia, że specyfikacja jest liberalna i może być bardzo długo aktualna, jednakże dla użytkowników oznacza to problemy ze wzajemną współpracą urządzeń i brak gwarancji, że urządzenia obsługujące UPnP A/V będą potrafiły odtworzyć udostępniany im materiał. Udało się to natomiast specyfikacji DLNA (ang. *Digital Living Network Alliance*), która się bezpośrednio z niej wywodzi. Liczba urządzeń elektronicznych w gospodarstwach domowych nieustannie się powiększa. Wiele użytkowników posiada urządzenia mobilne, tzw. smartfony, których funkcje są ograniczone jedynie możliwościami sprzętowymi oraz wydajnością baterii. Coraz więcej osób posiada telewizory, konsole do gier, które pełnią rolę domowych centrów rozrywki. Zadaniem telewizora nie jest jedynie odbieranie sygnału telewizyjnego i wyświetlanie nieskazitelnego obrazu. Współczesny telewizor umożliwia odtwarzanie teledysków z serwisów Internetowych, przeszukiwanie sieci internetowej oraz wyświetlanie filmów z pamięci USB. W dobie, gdy większość tych urządzeń można połączyć w jednej sieci, a prędkość transmisji pozwala na przesyłanie materiałów w jakości HD (ang. *High Definition*), niewygodnym byłoby ciągle przenoszenie danych. Lepszym (wygodniejszym) rozwiązaniem jest centralna pamięć masowa z udostępnianiem materiałów w sieci lokalnej. Zadanie to ma spełniać technologia DLNA. Autor w

niniejszej pracy postara się przybliżyć, że to zadanie jest możliwe do wykonania.

Jednym z celów pracy jest przedstawienie standardów udostępniania multimediów oraz wykazanie ich mankamentów. Po standaryzowanych specyfikacjach oczekuje się jednakowego działania na każdym urządzeniu. W ramach pracy magisterskiej została zaprojektowana aplikacja serwera multimedialnego UPnP A/V, zgodnego z odtwarzaczami multimedialnymi UPnP A/V oraz DLNA. Autor zdecydował się napisać niniejszą aplikację, gdyż jego zdaniem, możliwości programów umożliwiających udostępnianie multimediów w sieci, jest zdecydowanie zbyt mały. W większości przypadków możliwe jest wykrycie cech, które nie działają. Problemy pojawiają się, gdy użytkownik chce przewinąć utwór muzyczny, zmienić ścieżkę dźwiękową w filmie, czy wczytać napisy do filmu. Głównym założeniem postawionym przez autora przy pisaniu serwera multimedialnego było zlikwidowanie niedogodności odtwarzania.

Wykorzystując stworzony serwer multimedialny UPnP A/V, użytkownik musi jedynie raz sprawdzić jego ustawienia, wybrać katalogi z materiałami multimedialnymi i zapomnieć o jego istnieniu, skupiając się na obsłudze odtwarzacza multimedialnego. Serwer uwzględnia najpopularniejsze formaty plików muzycznych, graficznych oraz wideo. Przeszukuje przy tym zawartość, pod kątem obecności napisów. Wszystko to udostępnia w taki sposób, aby każde urządzenie niezależnie od marki oraz sposobu wyświetlania zawartości udostępnianej przez serwer, mogło z powodzeniem zaprezentować materiał użytkownikowi.

W pracy magisterskiej zostały omówione zagadnienia dotyczące technologii UPnP A/V oraz pośrednio DLNA (jako technologii wywodzącej się z UPnP A/V). Przedstawiona została specyfikacja napisanej aplikacji, jej testy oraz porównanie do innych serwerów multimedialnych. Porównane zostały również odtwarzacze multimedialne. Autor starał się pokazać, ciągle obecne niedoskonałości obu specyfikacji i trudności przez które musi przejść niejeden użytkownik, aby udostępniać treść dla urządzeń elektronicznych, poprzez przedstawiane protokoły.

Pierwsza część niniejszej pracy składa się z dwóch rozdziałów, które definiują wykorzystywaną technologię.

Pierwszy rozdział niniejszej pracy opisuje standardy UPnP, UPnP A/V oraz DLNA. Opisuje genezę powstania każdej z nich oraz omawia szczegóły technologii. Są to definicje stosu protokołów UPnP, które przybliżają poszczególne fazy komunikacji UPnP oraz jakie wymagania musi spełnić sieć, aby urządzenia mogły się ze sobą komunikować. W dalszej części tego rozdziału autor opisuje klasy urządzeń, które wyróżniamy we wszystkich trzech technologiach. W przypadku UPnP A/V oraz DLNA urządzenia mają bardzo podobne funkcje, lecz fundacja DLNA zmieniła ich nazwy. Każde z urządzeń zdefiniowanych w specyfikacjach ma inne zastosowanie, ale wymagają wzajemnej współpracy do działania (serwery oraz odtwarzacze multimedialne).

W rozdziale drugim opisany zostaje sposób współpracy urządzeń oraz rodzaje multimediów, które mogą być udostępniane przez serwer multimedialny. Technologia UPnP A/V definiuje multimedia w postaci klas, wśród których wyróżniamy klasę główną obiektu oraz jej podklasy - typ oraz kontener. Pierwsza z nich ma te najbardziej interesujące użytkownika podtypy, czyli obrazy, wideo oraz muzyka. Druga z podklas, kontener, jest odwzorowaniem katalogu w systemie plików. Na końcu rozdziału wymieniono pliki, które mogą być udostępniane oraz przedstawiono definicje bardzo ważnych pojęć w kontekście multimediów, takie jak kontener multimedialny oraz sposoby kodowania materiałów.

Druga część pracy, „Implementacja serwera UPnP A/V”, rozpoczyna się w trzecim rozdziale, w której opisano zaprogramowane oprogramowanie serwera multimedialnego UPnP A/V. Niniejszy rozdział jest w rzeczywistości specyfikacją stworzonej aplikacji, opisującą jej wymagania, działanie oraz budowę.

Kolejny rozdział zawiera opisy przeprowadzonych testów aplikacji, które naprowadziły autora na poprawne udostępnianie wielu zaimplementowanych funkcji, które zostały zdefiniowane jako kluczowe do zrealizowania. Ponadto wyniki testów pozwoliły sprawdzić poprawność napisanej aplikacji.

Ostatni z rozdziałów, rozdział piąty, jest przeglądem rynku oprogramowania UPnP A/V oraz

DLNA. Zostały w nim przedstawione inne serwery UPnP A/V i DLNA, ich funkcje deklarowane przez autorów oraz rzeczywiste sprawdzenie działania na kilku urządzeniach przeznaczonych do testowania. Opisane zostały również odtwarzacze multimedialne, gdzie wyszczególniono różnice w implementacjach opisywanych technologii oraz pobicieżnie nakreślono możliwe problemy, na które może natrafić użytkownik, przesyłający materiał multimedialny w sieci lokalnej.

Niniejsza praca została oparta na ogólnodostępnych specyfikacjach UPnP oraz UPnP A/V, artykułach z internetowych magazynów technicznych. Opisywane technologie nie posiadają pomocnych materiałów w języku polskim, dlatego też większość źródeł jest anglojęzyczna. Pomocnym w opisie były również, udostępnione autorowi, specyfikacje DLNA.

Rozdział 1

Standardy UPnP, UPnP A/V i DLNA

Technologia UPnP, to skrót od pełnej nazwy Universal Plug and Play, która w dosłowny sposób oznacza podłącz i graj (lub odtwarzaj). Jest to zbiór protokołów sieciowych, których zadaniem jest umożliwienie wzajemnego wykrywania się przez urządzenia sieciowe takich jak komputery PC, drukarki, punkty dostępu sieci bezprzewodowej WiFi, routery czy urządzenia mobilne.

UPnP umożliwia użytkownikowi wykrywać urządzenia sieciowe oraz wykorzystywać możliwości, które udostępniają. Jest ona dedykowana dla małych sieci domowych w celach takich jak udostępnianie danych, komunikacja, drukowanie czy szeroko pojęta rozrywka. Niniejsza praca skupia się głównie na ostatnim zagadnieniu (rozrywka). Posiada ono rozszerzenie, w oddzielnej specyfikacji, nazowanej UPnP A/V (ang. *UPnP Audio / Video*), która jest rozwinięciem podstawowego standardu UPnP.

UPNP A/V została stworzona do odtwarzania plików multimedialnych. Definiuje pojęcia takie jak serwery multimedialne (ang. *Media Servers*) oraz odtwarzacze multimedialne (ang. *Media Players*). Zostały w niej określone bardzo elastyczne metody przesyłania multimediiów, co sprawiło, że UPnP A/V nie rozpowszechniło się na szeroką skalę wśród producentów sprzętu elektronicznego oraz użytkowników domowych. Urządzenia, pomimo obsługi standardu UPnP A/V, mogły nie współpracować poprawnie ze sobą.

DLNA (ang. *Digital Living Network Alliance*) jest międzynarodową organizacją, powstałą w 2003 roku z inicjatywy firmy Sony. Stworzyła ona standard o tej samej nazwie (DLNA), który korzysta z protokołu UPNP A/V jako wzorca, przy czym jest bardziej restrykcyjna (np. posiada konkretne formaty multimediiów odtwarzane przez zgodne urządzenia). DLNA jest specyfikacją zamkniętą, dostępną jedynie dla członków organizacji. W ten sposób zamieniono uniwersalność na łatwość współpracy urządzeń, oraz uproszczono jego implementację w większości typów urządzeń. Ponadto organizacja wprowadziła kilka innowacyjnych cech, takich jak ochrona DRM (ochrona przed kopiowaniem - ang. *Digital Rights Management*).

1.1 Opis standardu UPnP

Fundacja UPnP została założona w 1999 roku, w głównej mierze dzięki dotacjom firmy Microsoft. Powołano ją w celu stworzenia standardu, który umożliwi integrację urządzeń oraz usług w obrębie sieci lokalnej. Urządzenia, w założeniu, miały rozsyłać informacje o oferowanych usługach, co miało umożliwić proste określanie ich możliwości (np. drukowanie) i ich wykorzystanie.

UPnP jest oparty o architekturę klient - serwer, gdzie urządzenia - serwery, oferują swoje usługi dla klientów - punktów kontrolnych (z ang. *UPnP Control Points*). W UPnP główny nacisk położono na brak konfiguracji urządzeń przez użytkownika, zgodnie z częścią nazwy zarówno fundacji, jak i standardu - plug and play (podłącz i działaj). Opisywana fundacja ustandaryzowała sposób komunikacji szeregu urządzeń, począwszy od włączników światła, drukarkach, kończąc na odtwarzaczach audio-wideo.

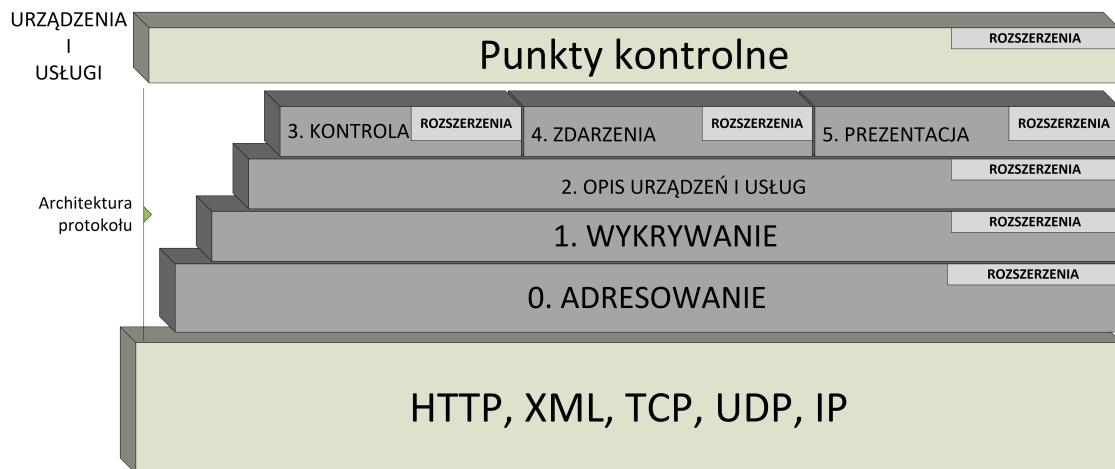
Architektura UPnP A/V została stworzona do przesyłania materiałów multimedialnych. UPnP A/V określa sposób komunikacji między serwerami, a odtwarzaczami multimedialnymi. Zbiór protokołów UPnP A/V został zaprojektowany tak, aby być niezależnym od rodzaju urządzenia, odtwarzanej treści i sposobu przesyłania danych.

1.2 Stos protokołów UPnP

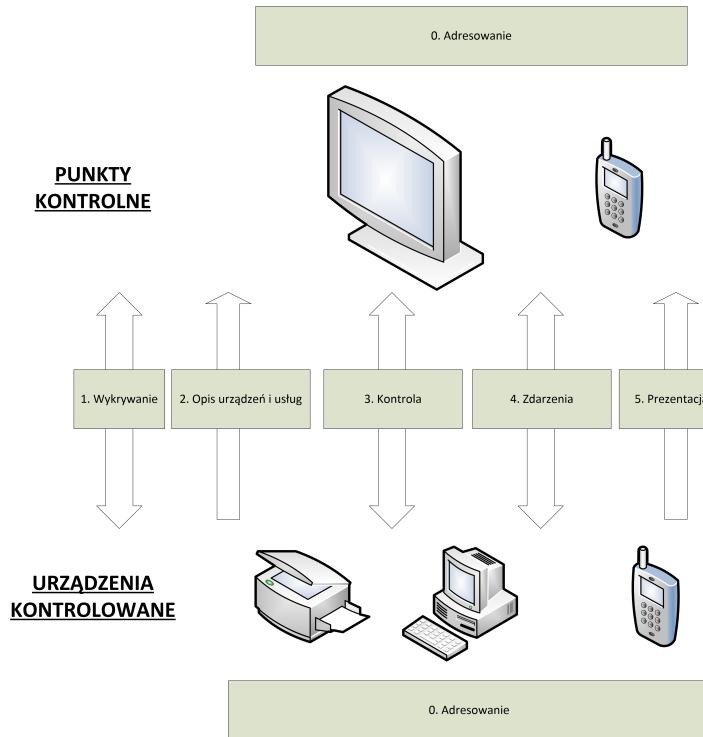
W pierwszej kolejności w specyfikacji UPnP zapisano wymaganie, aby urządzenie działało w obrębie sieci IP, niezależnie od sposobu komunikacji. Połączenie może zostać zrealizowane poprzez sieć Ethernet, połączenia bezprzewodowe takie jak WiFi 802.11abgn, Bluetooth (pomijany jest tu fakt braku możliwości technicznych niektórych protokołów do szybkiego przesyłania danych, co w przypadku niektórych typów multimedialnych, takich jak materiały wideo czy muzyka, może być niezbędne lub znacznie wydłużyć czas buforowania treści).

Raport techniczny UPnP (w wersjach 1.0 - [1] oraz 1.1 - [2]) definiuje jedynie sposoby działania w obrębie sieci obsługiwanej przez protokół IPv4. Aneks do głównego raportu określa różnice występujące, gdy urządzenie działa w obrębie sieci IPv6 [3]. Jeżeli nie napisano inaczej, w niniejszej pracy autor jako pierwszą pozycję określa przypadek sieci IPv4, natomiast drugi przypadek to sieć zgodna z protokołem IPv6.

Rys. 1.1: Stos protokołów specyfikacji UPnP (źródło[4])



Rys. 1.2: Komunikacja (źródło[4])



W protokole UPnP definiujemy następujące czynności wykonywane przez urządzenia (rysunek 1.1):

- adresowanie IP (ang. *IP addressing*),
- wykrywanie (ang. *discovery*),
- opis usługi (ang. *description*),
- kontrola (ang. *control*),
- powiadomienia o zdarzeniach (ang. *eventing* lub *event notification*),
- prezentacja (ang. *presentation*).

Urządzenia UPnP są klasyfikowane w dwóch głównych kategoriach: punktów kontrolnych (ang. *Control Points*) oraz urządzeń kontrolowanych (ang. *Controlled Devices*).

Polecenia protokołu oraz przykłady urządzeń są widoczne na rysunku 1.2, natomiast stos protokołów UPnP przedstawiony został w tabeli 1.1.

Tabela 1.1: Stos protokołu UPnP (źródło [1])

UPNP Vendor			
UPNP Forum			
UPNP Device			
SSDP	GENA	GENA	SOAP
HTTPMU / HTTP U	HTTP	HTTP	HTTP
IP			

Pierwsza, najwyższa warstwa, *UPnP Vendor*, składa się z wiadomości zawierających specyficzne informacje dostarczane przez producenta urządzenia dotyczące jego funkcjonalności

oraz możliwości. Kolejnym załączanym elementem są informacje zdefiniowane przez organizację UPnP Forum. Wszystkie informacje w UPnP są przekazywane poprzez następujące protokoły:

- SSDP (ang. *Simple Service Discovery Protocol*) ([39], [2]),
- GENA (ang. *General Event Notification Architecture*) ([40]),
- SOAP (ang. *Simple Object Access Protocol*) ([41]).

Do wzajemnego wykrywania się urządzeń, UPnP wykorzystuje protokół SSDP. Urządzenia kontrolowane, które można nazwać serwerami usług wysyłają pakiety SSDP, co oznacza rozgłaszczenie dołączenia do sieci. W przypadku punktów kontrolnych, SSDP jest wykorzystywany do wykrywania urządzeń lub usług, którymi mogą zarządzać.

W protokole SSDP wykorzystuje się rozgłaszczenie HTTP ([36]) typu unicast (*HTTPU*) lub multicast (*HTTPMU*), z wykorzystaniem UDP (ang. *User Datagram Protocol*) jako protokołu transportu. Standardowo adresem multicast jest adres 239.255.255.255 oraz port numer 1900. Tryb *unicast* jest wykorzystywany tylko w przypadku odpowiedzi na komunikaty wyszukiwania.[1]

Drugi protokół transmisji, którym jest GENA (ang. *General Event Notification Architecture*), wykorzystywany jest do przekazywania powiadomień o zdarzeniach. Jako zdarzenia można rozumieć zmianę wartości zmiennych lub informacje o dostępności urządzenia lub usługi. W tym przypadku typowo wykorzystywany jest protokół HTTP w sposób “tradycyjny” (z wykorzystaniem protokołu TCP), ewentualnie transmisja UDP typu multicast.

Punkty kontrolne UPnP do wywoływania pożąданej usługi i kontrolowania urządzeń wykorzystują protokół SOAP.

1.2.1 Adresowanie

Zarówno serwer, jak i klient UPnP musi komunikować się z wykorzystaniem protokołu IP. Organizacja UPnP Forum zdefiniowała, że każde urządzenie, które spełnia wymagania specyfikacji musi posiadać oprogramowanie serwera lub klienta protokołu DHCP (ang. *Dynamic Host Configuration Protocol*). Podczas podłączania się do sieci, urządzenie podejmuje próbę uzyskania adresu IP od serwera DHCP (jeżeli urządzenie nie jest serwerem DHCP). Jeżeli urządzenie nie otrzyma adresu IP powinno wykorzystać tzw. auto-adresowanie IP (urządzenie wybiera adres z określonej puli np. 169.254/16 lub w przypadku IPv6 FE80::/64). Raport techniczny stworzony przez organizację UPnP Forum określa dokładnie, że urządzenie powinno, poprzez wykorzystanie protokołu ARP, sprawdzić, czy wybrany adres nie jest już zajęty oraz okresowo sprawdzać dostępność serwera DHCP w sieci.

Zarówno w praktyce w większości urządzeń, jak i w aplikacjach, która opisuje niniejsza praca problem adresowania nie jest najważniejszy, gdyż jest rozwiązywany przez oprogramowanie dołączone do sprzętu, bądź systemu operacyjnego.

1.2.2 Wykrywanie

Proces wykrywania polega na rozgłaszaniu przez nowo podłączone urządzenia informacji o swoim istnieniu. Wykorzystywany jest do tego protokół SSDP oraz adres 239.255.255.250 oraz port 1900 (dla IPv6 - FF02::C):1900).

Na potrzeby protokołu UPnP wyróżniane są następujące komunikaty SSDP (rysunek nr 1.3):

- ogłoszanie (ang. *advertise*),
- szukanie (ang. *search*),
- odpowiedzi (ang. *responses*).

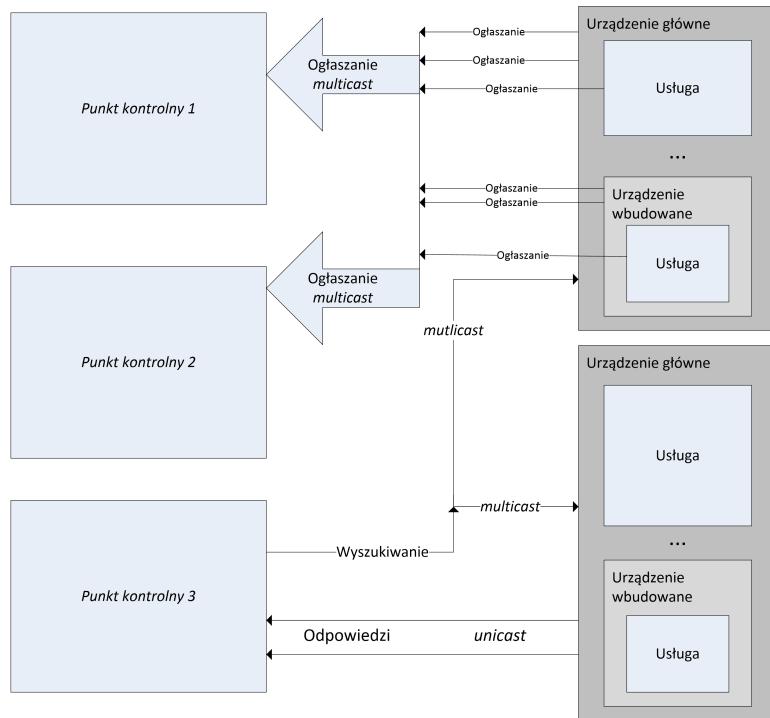
Punkty kontrolne nasłuchują urządzeń na porcie 1900 lub rozgłasząją pakiet z danymi o typie, identyfikatorze pożdanego urządzenia lub usługi. Urządzenia oferujące swoje usługi wysyłają na wcześniej wspomniany adres (239.255.255.250:1900) pakiety SSDP, z komunikatami rozgłaszającymi (ang. *advertise*) przy pomocy rozgłaszania typu *multicast*.

Odpowiedzi są wysyłane przy pomocy rozgłaszania typu *unicast*.

Urządzenie nowo dołączone do sieci wysyła rozgłoszenie o swoim istnieniu oraz dodatkowe rozgłoszenie informujące o urządzeniach wbudowanych i zarządzanych usługach. Urządzenia lub usługi wbudowane mogą wysyłać ogłoszenie o istnieniu samodzielnie. Kontrolowane odłączenie od sieci wiąże się z obowiązkiem ogłoszenia zdarzenia przez urządzenie. Przyjęta jest w tym przypadku zasada, że powinno ono wysłać tyle komunikatów odłączenia, ile wysłało komunikatów ogłaszających swoje działanie.

Rozgłośanie wiąże się, niestety, z często niepotrzebnym obciążaniem sieci. Jednym ze sposobów zapobiegawczych, które wybrali autorzy specyfikacji, jest określony zalecany czas życia pakietu (*TTL* - ang. *time-to-live*), który dla każdej wiadomości wynosi 4 (powinna istnieć możliwość modyfikacji tej wartości).

Rys. 1.3: Sposoby wykrywania urządzeń (źródło [1])



1.2.2.1 Wykrywanie: Ogłoszanie

Głównym zadaniem tego podrozdziału jest opisanie sposobu ogłaszanego się urządzeń w sieci. Ogłoszanie jest bardzo newralgiczną cechą tego protokołu, gdyż bez możliwości wzajemnego wykrywania nie ma możliwości, aby urządzenia się ze sobą skomunikowały. Każde urządzenie/usługa wysyła pakiety ogłaszające (*advertise*) swoje działanie na adres 239.255.255.250:1900. Punkty kontrolne nasłuchują na porcie 1900, oczekując na komunikaty wysyłane przez urządzenia. Opisywane komunikaty muszą być wysyłane często, co określony interwał czasowy, gdyż zarówno urządzenie, jak i punkt kontrolny mogą zostać dołączone do sieci w różnym czasie.

Każda wiadomość “ogłaszająca” zawiera informacje o możliwościach urządzenia (np. odtwarzanie muzyki). Ilość wiadomości jest zależna od ilości wbudowanych urządzeń/usług w główne urządzenie. Urządzenia wbudowane w komunikatach dołączają informacje o urządzeniu

nadrzędnym (np. informacja o systemie operacyjnym, który dla programu jest urządzeniem nadrzędnym). Oprócz wcześniej przedstawionych cech, komunikaty powinny zawierać czas do wygaśnięcia ogłoszenia (jeżeli po czasie wygaśnięcia urządzenie nadal chce oferować swoje usługi, powinno wysłać nowy komunikat z nowym czasem wygaśnięcia). Dzięki takiemu podejściu, pomimo, że urządzenia powinny ogłaszać swoje odłączenie od sieci, to nawet, gdy komunikat wyłączenia nie może zostać wysłany, wiadomość rozgłasząca wygaśnie i nie zostanie przedłużona. Ogranicza to możliwość istnienia w sieci usług już nie działających.

Możliwe jest wysyłanie i odbieranie ogłoszenia przez sprzęt zgodny ze specyfikacją UPnP, jedynie w przypadku, gdy komunikat jest stworzony według schematu z tabeli 1.2

Tabela 1.2: Stos protokołu UPnP w przypadku rozgłaszania (źródło [1])

producent oprogramowania UPnP
organizacja UPnP
architektura urządzenia UPnP
komunikat SSDP
HTTPMU (<i>multicast</i>)
UDP
IP

Pierwsza warstwa opisywanego stosu zawiera informacje specyficzne dla dostawcy urządzenia. Najczęściej producenci dołączają w tym miejscu adres URL, przekierowujący zainteresowanych do opisu urządzenia, bądź też identyfikator urządzenia (UUID - ang. *Universally Unique Identifier*). Kolejną warstwą tego stosu są informacje dostarczane przez organizację UPnP Forum, np. typ urządzenia. Kolejne dwie warstwy zostaną dokładnie opisane w niniejszym dokumencie, a ich pełen opis znajduje się w specyfikacji protokołu UPnP.

Tabela 1.3: Przykładowy komunikat informujący o przyłączeniu do sieci

NOTIFY * HTTP/1.1
HOST: 239.255.255.250:1900
CACHE-CONTROL: max-age = seconds until advertisement expires
LOCATION: URL for IPP Printer with 'ipp' scheme
NT: search target
NTS: ssdp:alive
SERVER: OS / version, IPP / 1.1, product / version
USN: advertisement UUID

Trzy pozostałe warstwy nie są tematem niniejszej pracy. Warto jedynie zwrócić uwagę na fakt, iż komunikaty HTTP nie są przesyłane typowo przez protokół TCP, a przez protokół UDP. Jak zostało wspomniane wcześniej urządzenie dołączone do sieci rozgłasza swoje istnienie. Komunikat rozgłaszący wykorzystuje metodę NOTIFY protokołu HTTP. W każdym komunikacie dołączane są informacje w następujących nagłówkach:

- NT - *Notification Type* - typ ogłoszenia,
- NTS - *Notification Subtype* - podtyp ogłoszenia,
- USN - *Unique Service Name* - Unikalna nazwa usługi / UUID
- LOCATION - URL z rozszerzonymi informacjami o urządzeniu,
- CACHE-CONTROL - czas do wygaśnięcia ogłoszenia

Opisywana metoda protokołu HTTP (NOTIFY) wykorzystywana jest przy ogłaszanu podłączenia, bądź też odłączenia od sieci. W komunikacie podłączenia pole *NTS* może mieć wartość *ssdp:alive*, natomiast rozłączenie cechuje wartość *ssdp:byebye*.

Organizacja stanowiąca zasady protokołu UPnP w przypadku wykrywania urządzeń, poza wzajemnym informowaniem się o obecności (bądź też nieobecności), zagwarantowała również wyszukiwanie się wzajemne urządzeń UPnP. Do wyszukiwania służy metoda M-SEARCH, której ogólny format przedstawia rysunek nr 1.4. Pola *HOST* i *MAN* nie mogą zostać zmienione i zawsze muszą mieć taką wartość jak podana w tabeli. Pole *MX* określa maksymalny czas oczekiwania w sekundach. Jego wartość powinna mieścić się w przedziale 1, a 120. Ostatnie pole, *ST* (*Search Target*) określa rodzaj wyszukiwanego urządzenia. Dostępne rodzaje to:

- *ssdp:all* - wyszukiwanie wszystkich urządzeń i usług,
- *upnp:rootdevice* - wyszukiwanie jedynie urządzeń głównych,
- *uuid:device-UUID* - wyszukiwanie konkretnego urządzenia według jego identyfikatora UUID,
- *urn:schemas-upnp-org:device:deviceType:v* - wyszukiwanie urządzenia według typu,
- *urn:schemas-upnp-org:device:serviceType:v* - wyszukiwanie urządzenia według typu usługi, którą świadczy.
- *urn:domain-name:device:deviceType:v* - takie jak przeszukiwanie urządzenia według typu, z tym, że nazwę domeny typ urządzenia i jego wersję definiuje producent urządzenia UPnP,
- *urn:domain-name:device:serviceType:v* - takie jak przeszukiwanie urządzenia według typu usługi, z tym, że nazwę domeny, typ urządzenia i jego wersję definiuje producent urządzenia UPnP.

Bezpośrednio powiązana z komunikatem M-SEARCH jest odpowiedź na nią, którą urządzenie odpowiadające wysyła na adres źródłowy wcześniejszego pakietu. Odpowiedź jest zgodna z protokołem HTTP. Jej schemat znajduje się na rysunku nr 1.5. Odpowiedź nie zawiera treści, lecz musi posiadać jedną pustą linię poniżej nagłówka (*HTTP BODY*). Zarówno dla metody *M-SEARCH*, jak i odpowiedzi na nią nie ma potrzeby określania czasu życia pakietu *TTL*.

Rys. 1.4: Metoda M-Search

```
M-SEARCH * HTTP/1.1
HOST: 239.255.255.250:1900
MAN: „ssdp:discover”
MX: seconds to delay response
ST: search target
```

Rys. 1.5: Odpowiedź na metodę M-SEARCH

```
HTTP/1.1 200 OK
CACHE-CONTROL: max-age = seconds until advertisement expires
DATE: when response was generated
EXT:
LOCATION: URL for UPnP description for root device
SERVER: OS/version UPnP/1.0 product/version
ST: search target
USN: advertisement UUID
```

1.2.3 Opis urządzeń i usług

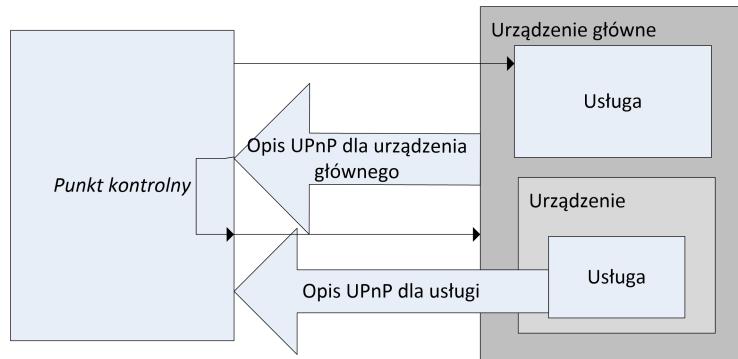
Po udanym wyszukaniu urządzenia, punkt kontrolny posiada jedynie podstawowe informacje o urządzeniu, które zostały zawarte we wcześniej odebranych komunikatach. Do interakcji z urządzeniem, punkt kontrolny potrzebuje więcej danych, niż już posiadane. W tym celu może pobrać dokładne informacje z adresu URL przesyłanego wraz z komunikatem o przyłączeniu do sieci (ang. *advertising*). Pobierane informacje nazywane są opisem urządzenia (ang. *device description*). W opisie urządzeń powinno znajdować się odniesienie do opisu oferowanych usług (ang. *service description*).

Uproszczony schemat pobierania informacji o urządzeniu znajduje się na rysunku 1.6. Pojedynczy schemat pobierania opisu można podzielić na dwie operacje, uzyskania informacji o urządzeniach oraz o usługach, które one oferują. W najprostszym schemacie cały proces wykonywany jest w kilku krokach:

1. Pobranie informacji o głównym urządzeniu (ang. *root device*),
2. Pobranie informacji o usługach udostępnianych przez urządzenie (ang. *services*).

Opis urządzenia zawiera informacje o fizycznych i logicznych kontenerach. Kontenerem nazywamy obiekt przechowujący inne urządzenia, usługi lub inne kontenery. Natomiast opis usług określa w sposób bardzo dokładny oferowane przez urządzenie funkcje. Pojedyncze urządzenie fizyczne może zawierać wiele urządzeń logicznych, każde z nich może być skonfigurowane jako główne (ang. *root device*). Ponadto każde urządzenie logiczne może oferować jedną lub więcej usług.

Rys. 1.6: Schemat pobierania opisu usługi (źródło [1])



Opis urządzenia/usługi jest napisany przez dostawcę oprogramowania. Jest napisany w języku XML i powinien być zgodny z wytycznymi przedstawionymi w szablonie opisu urządzenia.[1] Najważniejszym elementem, z punktu widzenia autora, jest sposób opisu usługi. Powinien być stworzony tak, aby punkty kontrolne jak największej liczby producentów (stan idealny - wszystkich producentów) sprzętu i oprogramowania potrafiły uzyskać przydatne dla nich informacje.

W celu otrzymania opisu urządzenia (bądź usługi) wykorzystywana jest metoda GET protokołu HTTP. Adres URL znajduje się w wiadomościach z ogłoszeniem o przyłączeniu do sieci.

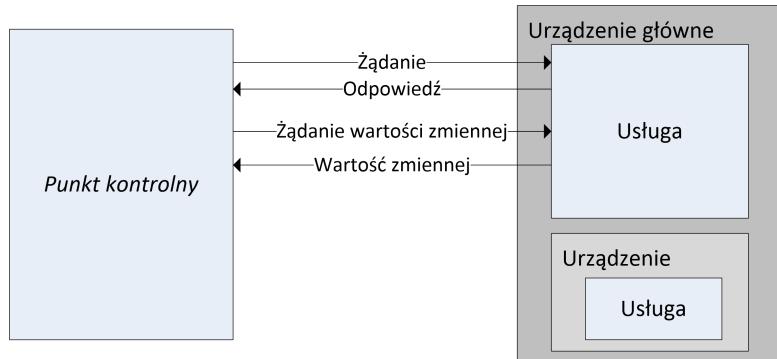
1.2.4 Kontrola

Po uzyskaniu opisu urządzenia oraz usługi, punkt kontrolny może wywołać akcje, które mogą wykonywać dostawcy usług. Wywoływanie usługi, przez punkt kontrolny, można porównać do zdalnych wywołań RPC (ang. *Remote Procedure Call*). Każde polecenie, niezależnie czy jest wywoływanie przez punkt kontrolny czy jest odpowiedzią zwrotną, od usługi, jest enkapsulowane w komunikatach SOAP (ang. *Simple Object Access Protocol*). Wywołania są zgodne z komunikatami protokołu HTTP. Wywoływanie procedur przez punkt kontrolny może

(lecz nie musi) być przedstawione poprzez modyfikację zmiennych określających stan usługi. O każdym takim zdarzeniu powinny zostać poinformowane wszystkie zainteresowane punkty kontrolne.[17] Punkt kontrolny może wykorzystywać wywołania zdalne, tak długo, aż wcześniej wysłane ogłoszenie nie wygaśnie lub nie zostanie odwołane (przesłanie nowego ogłoszenia, wydłuża możliwość wykonywania wywołań kontrolnych).

Przykładowe wywołanie akcji do usługi znajdującej się w urządzeniu UPnP zostało umieszczone na rysunku 1.7

Rys. 1.7: Wywołanie akcji przez punkt kontrolny (źródło [1])



1.2.5 Zdarzenia

W opisie urządzenia UPnP przesyłana jest lista akcji możliwych do wykonania przez usługę oraz lista zmiennych modelujących aktualny stan usługi (w trakcie jej działania). Jako zdarzenie (ang. *event*) została zdefiniowana zmiana wartości wcześniej wspomnianych zmiennych. Każdy punkt kontrolny może subskrybować (z ang. *subscribe*) otrzymywanie informacji o takich zmianach. Punkt kontrolny, który zamówił subskrypcję zdarzeń nazywany subskrybentem (ang. *subscriber*), natomiast usługę, która takową subskrypcję realizuje (wysyła informację o zmianie stanu zmiennych) określamy jako wydawcę (ang. *publisher*). Wiadomości przesyłane są poprzez protokół GENA (ang. *General Event Notification Architecture*), który jest rozszerzeniem protokołu HTTP zaprojektowanym na potrzeby organizacji UPnP Forum.

Punkt kontrolny w celu otrzymywania subskrypcji wysyła zgłoszenie subskrypcji (ang. *subscription message*). Jeżeli zgłoszenie jest zaakceptowane wydawca zwraca potwierdzenie w postaci czasu ważności subskrypcji. Subskrypcja musi być odnawiana przez subskrybenta poprzez wysłanie kolejnych zgłoszeń. Punkt kontrolny, który otrzymuje informacje o zmianie stanu zmiennych może w każdej chwili zrezygnować z ich prenumeraty poprzez wysłanie wiadomości unieważniającej (ang. *cancellation message*) do wydawcy.[17]

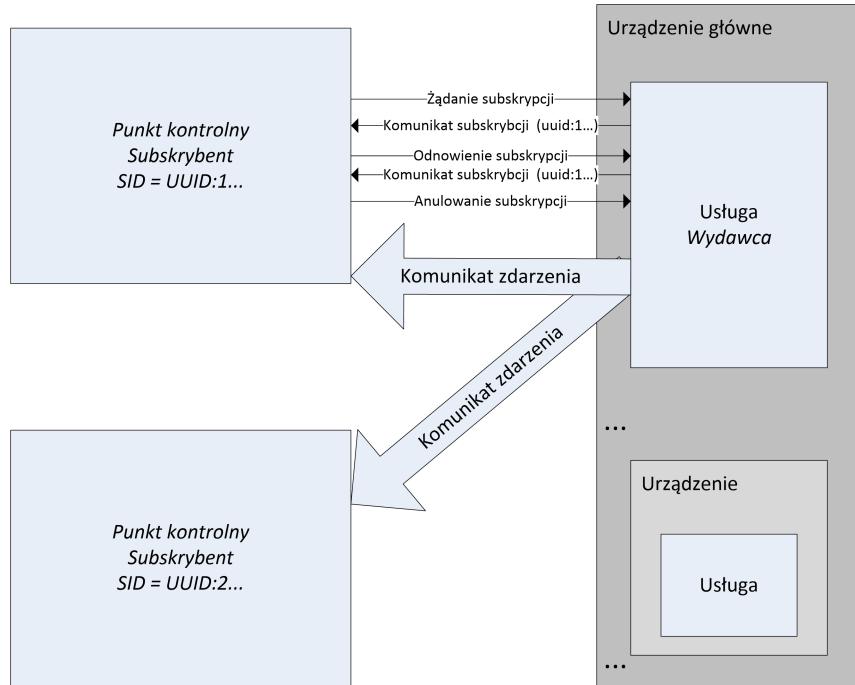
Do wydawcy należy zadanie wysyłania informacji o zdarzeniach. Komunikat zdarzenia (ang. *event message*) zawiera jeden lub więcej zmiennych, wraz z ich aktualnymi wartościami i jest zapisany w notacji języka XML (ang. *Extensible Markup Language*). Pierwsza wiadomość wysłana do subskrybenta jest nazywana wiadomością inicjującą (ang. *initial event message*) i zawiera wszystkie zmienne (wraz z ich wartościami). Wydawca rozsyła zawsze wszystkie zmienione wartości zmiennych do każdego punktu kontrolnego, który zgłosił chęć otrzymywania powiadomień (nie ma możliwości przesyłania jedynie niektórych zmiennych). [17]

Zmienne, których wartości są zbyt duże lub których wartości ulegają bardzo często zmianie, przez co ich wysłanie w komunikacie zdarzenia jest bezcelowe lub niemożliwe, wydawca może oznaczyć tagiem *non-evented*, czyli jako niezgłasiane w rozsyłanych pakietach.[1] Możliwy typ oraz rozmiar (wielkość) zmiennych jest zgodna ze schematem dokumentu XML. [42]

Przykładem zdarzeń może być zmiana poziomu głośności urządzenia UPnP. Informacja o zdarzeniu jest wysyłana do zainteresowanych punktów kontrolnych. Innym przykładem,

dotyczącym multimedialów, jest dodanie pliku, bądź plików multimedialnych i wysłanie powiadomienia o tym fakcie do subskrybentów. Dzięki temu punkty kontrolne mogą wykonać natychmiastową aktualizację listy plików w tle, w sposób nie wymagający interwencji użytkownika.

Rys. 1.8: Komunikacja pomiędzy punktem kontrolnym, a usługą w przypadku zapisywania do subskrypcji (źródło [1])



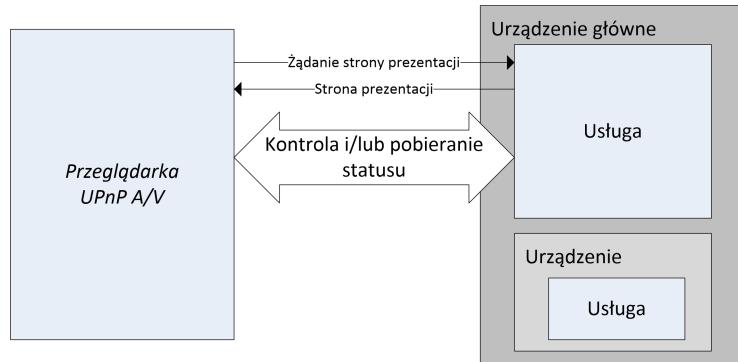
1.2.6 Prezentacja

Warstwa prezentacji jest ostatnią w stosie protokołu UPnP. Wyświetla ona interfejs użytkownika w postaci strony HTML, który umożliwia kontrolę i sprawdzanie statusu urządzenia oraz usług wbudowanych w to urządzenie. Dostęp do interfejsu użytkownika urządzenia umożliwia adres URL, dostarczany wraz z opisem urządzenia. Dostarczanie prezentacji nie jest obowiązkowe i wiele urządzeń takiego interfejsu nie zapewnia. Uzyskanie opisywanej strony HTML urządzenia odbywa się zgodnie ze standardem HTTP (wykorzystując metodę HTTP GET).[1]

Wygląd prezentacji nie jest narzucony w żaden sposób przez zrzeszenie UPnP Forum i jest zależny w pełni od preferencji producenta urządzenia. Wymagane jest jednakże, aby strona była zgodna ze standardem HTML w wersji 3.0 lub nowszej.[1]

Często do kontroli urządzenia poprzez warstwę prezentacji wykorzystywane są pozostałe warstwy stosu UPnP. Nie każdy interfejs UPnP umożliwia modyfikację wszystkich danych, co zmusza programistów do tworzenia alternatywnych sposobów kontroli usług UPnP.[1]

Rys. 1.9: Żądanie strony prezentacji od urządzenia UPnP przez punkt kontrolny (źródło [1])



1.3 Klasa urządzeń multimedialnych UPnP A/V

Specyfikacja UPnP definiuje kilka rodzajów urządzeń, które dotyczą protokołu UPnP w sieci IP. W niniejszym rozdziale zostaną opisane rodzaje spotykanych urządzeń UPnP ze szczególnym ukierunkowaniem na rodzaje przeznaczone do współpracy z materiałami multimedialnymi. Urządzenia te są zgodne z jedną z kategorii opisywanego protokołu nazywanego UPnP A/V (od ang. *Audio / Video*).

Organizacja DLNA (ang. *Digital Living Network Alliance*) zaczerpnęła multimedialne rodzaje urządzeń ze specyfikacji UPnP A/V oraz dodała elementy, które wyróżniają DLNA (np. drukarkę multimedialów). W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione zarówno nazwy urządzeń DLNA, jak i multimedialnych urządzeń UPnP A/V.

Jak zostało opisane w poprzednim rozdziale wyróżniamy trzy główne rodzaje urządzeń:

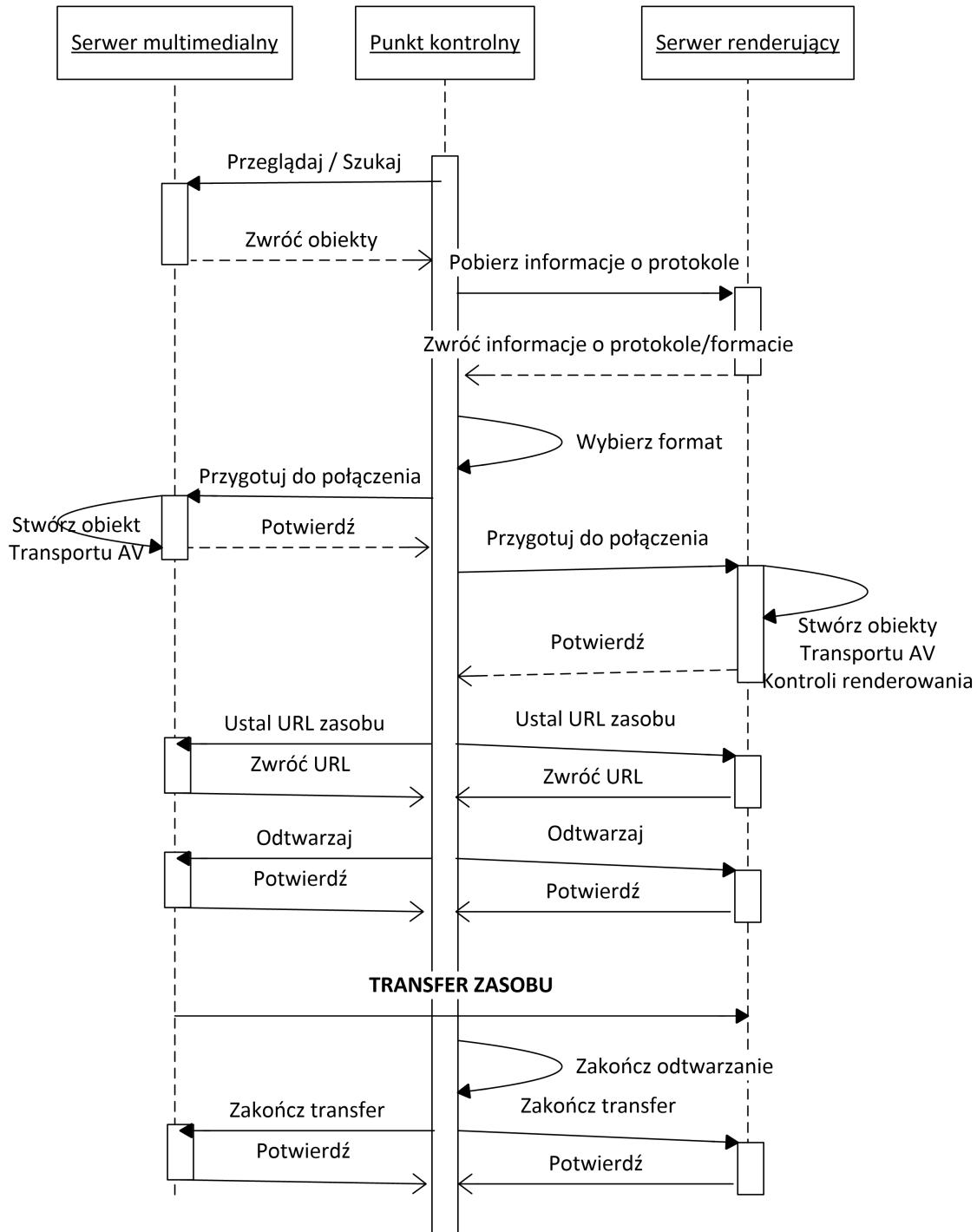
- punkty kontrolne,
- usługi,
- urządzenia.

Urządzenia multimedialne podzielone zostały na kilka kategorii. W poniższej liście pierwsza nazwa jest nazwą nadaną przez organizację UPnP, druga przez organizację DLNA. W przypadku, gdy odpowiednik, w którymś z protokołów nie występuje, na miejscu nazwy usługi lub urządzenia znajduje się znak myślnika.

Podział urządzeń według kategorii jest następujący:

- serwer multimedialny (ang. *Media Server*) / cyfrowy serwer multimedialny DMS (ang. *Digital Media Server*),
- - / cyfrowy odtwarzacz multimedialny DMP (ang. *Digital Media Player*),
- serwer renderujący (ang. *Media Renderer*) / cyfrowy serwer renderujący DMR (ang. *Digital Media Renderer*),
- punkt kontrolny / cyfrowy kontroler multimedialny DMC (ang. *Digital Media Controller*),
- - / drukarka multimedialna DMPr (ang. *Digital Media Printer*).

Rys. 1.10: Schemat odtwarzania w UPnP A/V (źródło [6])



1.3.1 Serwer multimedialny

Serwer multimedialny w protokołach UPNP A/V oraz DLNA jest niezbędnym elementem sieci. Serwer udostępnia stworzone, pobrane lub nagrane pliki multimedialne. Jest to jego główne zadanie. W protokole DLNA jego dodatkową rolą jest również zapewnienie ochrony treści DRM (praw autorskich). Serwer multimedialny UPnP A/V nie zapewnia ochrony treści. Serwer multimedialny jest to zazwyczaj oprogramowanie zainstalowane na urządzeniach podłączonych do sieci IP (poprzez połączenie Ethernet), takich jak:

- komputer typu PC,
- nagrywarka cyfrowa,
- smartfon,
- kamera cyfrowa,
- odtwarzacz Blu-Ray / DVD.

Na urządzenie lub oprogramowanie serwera UPnP A/V składają się następujące usługi:

- usługa zarządzania treścią (ang. *Content Directory Service*),
- usługa menedżera połączeń (ang. *ConnectionManager Service*),
- opcjonalna: usługa transportu AV (ang. *AVTransport Service*).

Pierwsza z usług, dotycząca zarządzania treścią umożliwia punktom kontrolnym przeglądanie zasobów udostępnianych przez serwer. Jedną z metod jest przeglądanie - *ContentDirectory::Browse()*, która pozwala uzyskać informacje o pliku wraz z jego metadanymi, takimi jak nazwa, artysta, rok wydania itd. W metadanych mogą również być zawarte informacje o kodowaniu, sposobie transportu, dzięki którym punkt kontrolny potrafi określić czy dany odtwarzacz ma możliwość odtworzenia pożąданej zawartości. Druga z usług, usługa *ConnectionManager* wykorzystywana jest do zarządzania ustanowionych już połączeń. Ostatnia z wymienionych usług, służy do zarządzania odtwarzanym materiałem. Umożliwia wydawanie poleceń takich jak: odtwarzaj, pauza, stop, przewiń w przód, przewiń w tył itd.

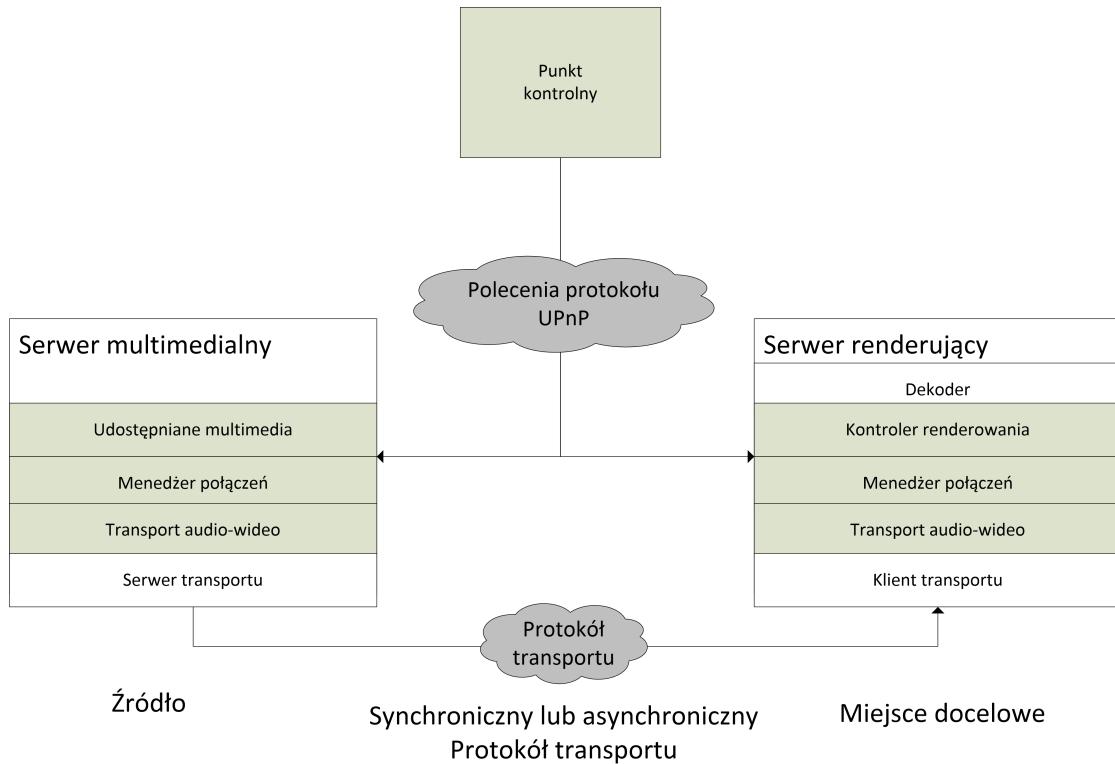
Wszystkie powyżej opisane usługi „wewnętrzne” są również integralną częścią specyfikacji DLNA (ich nazwy w większości publikacji pozostały takie same). [6]

1.3.2 Odtwarzacz multimediiów oraz odtwarzacz renderujący

W przypadku odtwarzaczy multimediiów oraz renderujących, różnica, między standardami UPnP A/V, a DLNA jest największa. Zróżnicowanie to polega głównie na rozdzieleniu ogólnie pojętego zadania odtwarzania materiałów multimedialnych na mniejsze, pośrednie zadania.

W przypadku UPnP A/V, w odtwarzaniu treści multimedialnych uczestniczy punkt kontrolny, który wyszukuje materiały udostępniane przez serwer multimediiów oraz zleca ich odtworzenie. Polecenie odtworzenia może zostać wykonane w dwóch postaciach: przy pomocy metody *push*, w której serwer multimediiów wysyła treść do wybranego przez punkt kontrolny odtwarzacza renderującego, bądź też metodą *pull*, w której odtwarzacz renderujący (ang. *MediaRenderer*) pobiera dane z serwera multimediiów, renderuje je i/lub odtwarza (może je renderować i wysyłać do odtwarzania do innego odtwarzacza). Uproszczony schemat opisanej powyżej procedury znajduje się na rysunku 1.11.

Rys. 1.11: Architektura odtwarzania UPnP A/V (źródło [6])



W przypadku architektury DLNA wyróżniamy dwie usługi potrafiące odtwarzać materiały:

- odtwarzacz multimedialny (ang. *Digital Media Player*),
- odtwarzacz renderujący (ang. *Digital Media Renderer*).

Pierwszy z nich służy do wyszukiwania i renderowania treści multimedialnych. Natomiast zadaniem drugiego jest renderowanie oraz odtwarzanie zadań zleconych przez kontroler multimedialny. Różnica między pierwszym, a drugim jest taka, że odtwarzaczowi renderującemu trzeba zlecić zadanie odtwarzanie, natomiast odtwarzacz multimedialny może podjąć taką decyzję „samodzielnie”.

Urządzeniami tego typu może być:

- telewizor,
- odtwarzacz DVD / Blu-Ray,
- amplityper,
- smartfon,
- komputer PC.

Podobnie, jak w przypadku serwera UPnP A/V, odtwarzacz posiada integralne usługi, które musi, bądź powinien mieć zaimplementowane:

- usługa kontroli renderowania (ang. *Rendering Control Service*),
- usługa menedżera połączeń (ang. *ConnectionManager Service*),
- opcjonalna: usługa transportu A/V (ang. *AVTransport Service*).

Dwie ostatnie usługi komunikują się ze swoimi odpowiednikami w implementacji serwera multimedialnego (ich funkcje się uzupełniają). Usługa kontroli renderowania pozwala punktowi

kontrolnemu sterować sposobem przetwarzania treści przez odtwarzacz renderujący. Oznacza to możliwość zmiany takich funkcji jak: jasność, kontrast, głośność, wyciszenie itd. Usługa kontroli renderowania może obsługiwać wiele odtwarzaczy, co umożliwia jednoczesną zmianę ustawień w wielu urządzeniach UPnP A/V.[6]

1.3.3 Punkt kontrolny oraz kontroler multimedialny

W przypadku UPnP A/V nie wyspecyfikowano oddzielnej usługi / urządzenia do kontroli odtwarzacza. Taką rolę spełnia punkt kontrolny w obrębie całej specyfikacji UPnP A/V. Punkt kontrolny w UPnP A/V koordynuje działania serwera multimediiów i odtwarzacza. Zazwyczaj wysyłanie poleceń jest efektem interakcji z użytkownikiem poprzez interfejs użytkownika. Punktu kontrolnego, w opisywanej roli, specyfikacja UPnP A/V nie określa jako pełnoprawnego urządzenia UPnP (nie dostarcza żadnych usług UPnP oraz nie jest widoczny jako urządzenie UPnP w sieci), lecz jest niezbędnym pośrednikiem, między użytkownikiem, a urządzeniami UPnP. Punktem kontrolnym można w uproszczeniu nazwać odtwarzacze multimedialne.

Specyfikacja DLNA wyróżnia punkt kontrolny do zarządzania odtwarzaczem multimedialnym, bądź renderującym. Kontroler multimedialny (ang. *Digital Media Controller*) odtwarza zawartość, znalezioną w udostępnianych zasobach serwera multimedialnego lub zarządza odtwarzaną zawartość odtwarzacza renderującego. Kontrolerami multimedialnymi zazwyczaj są:

- smartfony,
- tablety itd.

Uproszczony sposób działania algorytmu punktu kontrolnego, współpracującego z pojedynczym serwerem multimedialnym oraz serwerem renderującym wygląda następująco:

1. Wykrywanie urządzeń Audio / Video (przy pomocy mechanizmów UPnP),
2. Zlokalizowanie pożądanej treści, przy pomocy metod serwera UPnP, takich jak *ContentDirectory::Browse()* oraz *ContentDirectory::Search()*, które umożliwiają odnalezienie zasobu,
3. Pobieranie wspieranych formatów danych i protokołów przez odtwarzacz renderujący (poprzez metodę *ConnectionManager::GetProtocolInfo()*),
4. Sprawdzenie możliwości odtworzenia materiału przez pożądany odtwarzacz,
5. Wyznaczenie najlepszego sposobu transmisji oraz formatu danych,
6. Konfigurowanie serwera oraz odtwarzacza renderującego; wykorzystywane są takie polecenia jak:
 - (a) *ConnectionManager::PrepareForConnection()* - przygotowanie do połączenia,
 - (b) *AVTransport::Play()* - odtwarzaj,
 - (c) *AVTransport::Stop()* - zakończ,
 - (d) *AVTransport::Pause()* - zatrzymaj,
 - (e) *AVTransport::Seek()* - przewiń, *itd.*
7. Wyznaczenie zawartości do przesłania,
8. Rozpoczęcie przesyłania wybranej treści,
9. Możliwe wywoływanie działań na odtwarzaczu (np. pauza),
10. Wybieranie opcji: powtórz odtworzenie lub kolejny materiał,
11. Zakończenie działania i zamknięcie połączenia z serwerem multimediiów.

1.3.4 Klasy mobilne

Specyfikacja DLNA dla większości typów urządzeń (wyjątkiem jest drukarka *DMPr*) przewiduje możliwość istnienia ich odmiany mobilnej. Spełniają one, w większości przypadków, te same funkcje co typy główne. Rozróżnienie dużej ilości typów zostało wprowadzone dla ułatwionej orientacji konsumentów, pośród różnych rodzajów produktów.[23]

Poza powtarzającymi się typami wyróżniamy dwa, które istnieją jedynie w wersji mobilnej:

- menedżer wysyłania multimediiów (ang. *Mobile Digital Media Uploader M-DMU*),
- menedżer pobierania multimediiów (ang. *Mobile Digital Media Downloader M-DMD*).[23]

Pierwszy typ służy do wysłania (całości) materiału do serwera multimediiów (mobilnej wersji bądź standardowej) poprzez sieć bezprzewodową.

Przykładem takich urządzeń mogą być:

- cyfrowy aparat fotograficzny,
- kamera wideo,
- smartfon.

Menedżer pobierania multimediiów, również jest urządzeniem działającym w obrębie sieci bezprzewodowej, które pobiera materiały udostępniane przez serwer DLNA (niezależnie od wersji mobilnej, bądź standardowej). Menedżerem pobierania może być smartfon lub przenośny odtwarzacz muzyki.[23]

Odmiany mobilne urządzeń i usług nie są wyróżnione w dokumentacji UPnP A/V.

Rozdział 2

Multimedia w UPnP A/V i DLNA

Specyfikacja UPnP A/V została stworzona do umożliwienia oraz standaryzowania sposobu komunikacji między urządzeniami multimedialnymi w obrębie sieci lokalnej. Ponadto miała zapewnić współpracę między produktami różnych dostawców. Cel ten w specyfikacji UPnP A/V został osiągnięty w niepełnym wymiarze. Specyfikacja UPnP A/V pozostawia swobodę w możliwościach obsługiwanych formatów danych. Oznacza to, że pomimo komunikowania się ze sobą urządzeń różnego typu, cel dla użytkownika końcowego, czyli odtworzenie treści, nie zawsze może być spełniony (strona odtwarzająca może nie odtworzyć materiału). Liberalność w kwestii wspieranych formatów zadziałała, w tym przypadku, na niekorzyść specyfikacji UPnP A/V.

Z powyżej opisanego powodu producenci sprzętu elektronicznego powołali konsorcjum DLNA. W specyfikacji DLNA autorzy uwzględnili również formaty odtwarzanych plików. Natomiast ze specyfikacji UPnP zapożyczyli między innymi działającą w prawidłowy sposób komunikację między urządzeniami. Jako format definiuje się możliwy sposób zakodowania pliku.

Certyfikacja DLNA jest stosowana przez większość producentów urządzeń multimedialnych, w tym m.in. przez większość producentów nowoczesnych telewizorów, które wyposażane są w oprogramowanie odtwarzacza DLNA. W chwili obecnej najgorzej obsługiwanym przeznaczeniem DLNA jest odtwarzanie filmów.

Zgodnie ze standardem UPnP A/V oraz DLNA plik multimedialny można zaklasyfikować do jednego z następujących formatów:

- audio (ang. *audio*),
- obraz (ang. *image*),
- audio-video (ang. *AV / audio-video*).

W niniejszym rozdziale zostaną opisane obsługiwane typy multimedialne, ich klasyfikacje w opisywanych specyfikacjach, formaty kodowania plików, technika przechowywania oraz sposób ich obsługi.

Typy plików (lub ich kodowania) konieczne do obsługi oraz opcjonalne, zdefiniowane przez DLNA, znajdują się w tabelach nr 2.1, 2.2. Objasnienia tabel znajdują się w rozdziałach poświęconym poszczególnym klasom multimedialnym.

Tabela 2.1: Typy obsługiwanych plików w DLNA - standardowe urządzenia ([13])

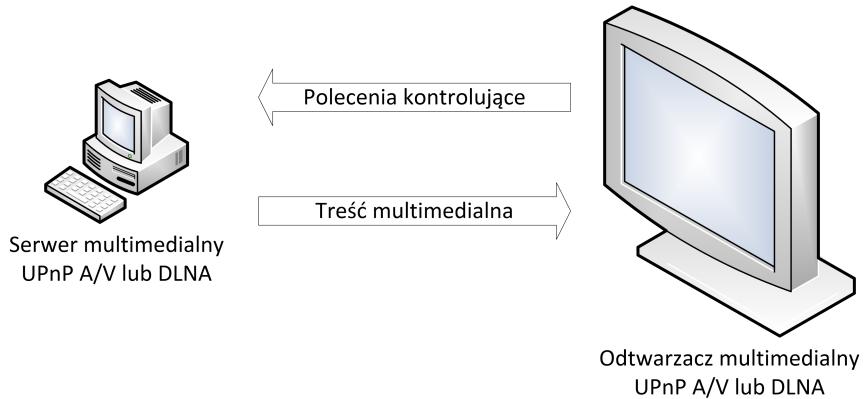
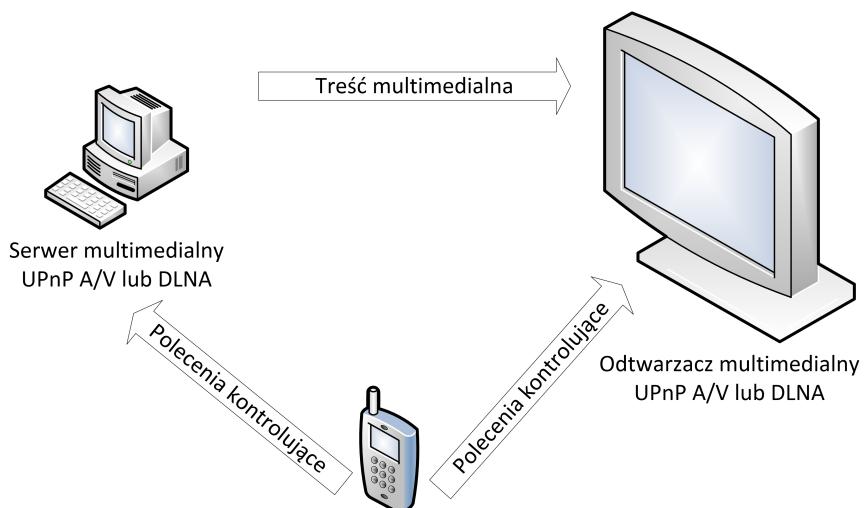
Klasa multimedialna	Wymagane typy plików	Opcjonalne typy plików
Obraz (ang. <i>Image</i>)	JPEG	PNG, GIF, TIFF
Audio (ang. <i>Audio</i>)	LPCM	AC3, AAC, MP3, WMA9, ATRAC3plus
Wideo (ang. <i>Video</i>)	MPEG2	MPEG1, MPEG4, WMV9

Tabela 2.2: Typy obsługiwanych plików w DLNA - urządzenia mobilne ([13])

Klasa multimedialów	Wymagane typy plików	Opcjonalne typy plików
Obraz (ang. <i>Image</i>)	JPEG	PNG, GIF, TIFF
Audio (ang. <i>Audio</i>)	MP3, MPEG4 AAC LC	MPEG4 (HE AAC, AAC LTP, BSAC), AMR, ATRAC3plus, G.726, WMA, LPCM
Wideo (ang. <i>Video</i>)	MPEG4 AVC (AAC LC)	VC1, H.263, MPEG4, MPEG2, MPEG4 AVC (np. BSAC)

2.1 Odtwarzanie multimedialów

W odtwarzaniu multimedialów w DLNA (analogicznie w UPnP A/V) muszą brać udział minimum dwa urządzenia, serwer multimedialny udostępniający materiał oraz odtwarzacz multimedialny (rysunek 2.1). Istnieje również możliwość udziału większej liczby urządzeń, gdzie trzecim kolejnym urządzeniem jest kontroler multimedialny pełniący rolę „pilota” zarządzającego, który zarządza odtwarzaniem (rysunek 2.2).

Rys. 2.1: Uproszczony schemat komunikacji 2 urządzeń ([19])**Rys. 2.2:** Uproszczony schemat komunikacji 3 urządzeń ([19])

Pierwszą czynnością jest podłączenie urządzenia do sieci, które wykonywane jest w następujących krokach:

1. Urządzenie łączy się z siecią lokalną (pobiera adres z serwera DHCP lub autorytatywnie przydziela sobie adres IP - metoda Auto-IP),
2. Urządzenie wysyła informacje o sobie z wykorzystaniem protokołu SSDP na adres 239.255.255.255:1900.

W dalszej kolejności następuje prawidłowa procedura odtwarzania:

1. Punkt kontrolny (w notacji DLNA - odtwarzacz multimedialny lub kontroler multimedialny) wysyła żądanie opisu urządzenia i usługi (usług) do serwera multimedialnego.
2. Serwer multimedialny odsyła opis urządzenia i usługi (usług) w postaci pliku XML.
3. Punkt kontrolny za pomocą komunikatów SOAP wysyła do serwera akcje, którą chce wykonać. W przypadku odtwarzania mogą być to komunikaty przeglądania multimediarów (ang. *browse*) lub ich wyszukiwania (ang. *search*). Ilość wymienionych komunikatów jest zależna od drzewa wyszukiwania pożądanego pliku przez użytkownika.
4. Wyszukiwanie kończy się wraz z wyborem pliku z wykorzystaniem metod protokołu HTTP np. HTTP GET.

Odtwarzacz multimedialny ma możliwość, działania w typowy sposób dla tradycyjnego odtwarzacza muzyki lub wideo/DVD. Posiada opcje przewijania materiału w przód, w tył. Przewijanie jest wykonywane przez podawanie pożądanych bajtów pliku (np. bajt 50 000 - 150 000) przez odtwarzacz multimedialny. Wykonywanie przewijania i skoków w filmie jest możliwe tylko wtedy gdy serwer multimedialny udostępnia rozmiar pliku lub długość nagrania (niektóre odtwarzacze wymagają jednostek w minutach dla długości muzyki czy filmu, pomimo, że prawidłowo wykorzystują pobieranie tzn. pobierają określona ilość bajtów).

Odtwarzacz multimedialny zgodnie z przytaczanymi specyfikacjami ma możliwość układania list odtwarzania (ang. *playlist*). Jednakże autor nie odnalazł odtwarzacza, który umożliwiałby utworzenie takiej listy.

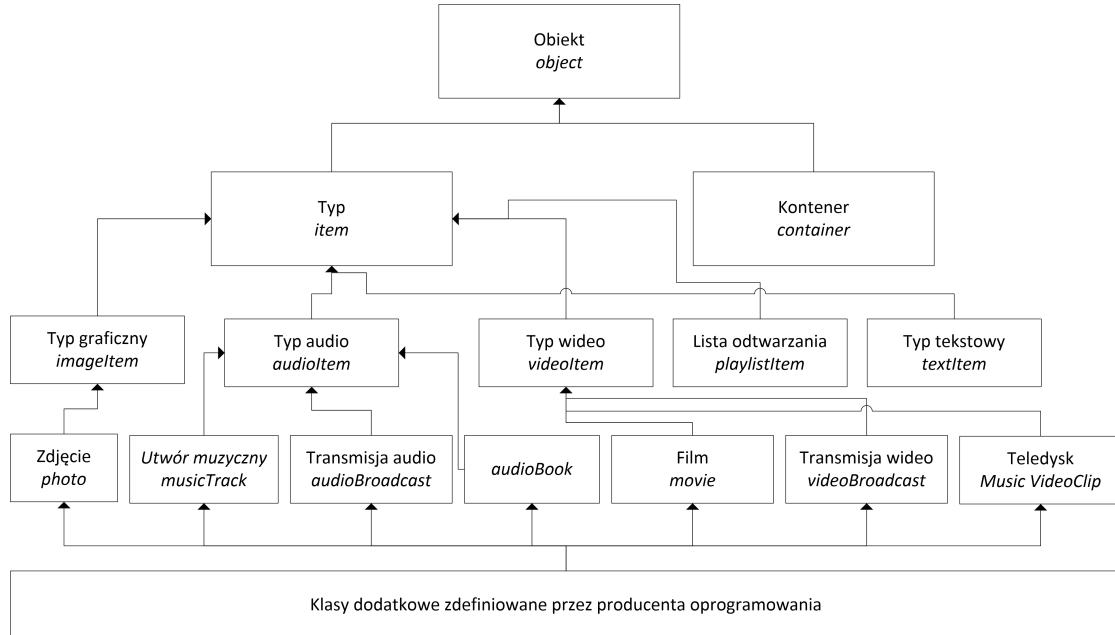
2.2 Klasy multimediarów UPnP A/V

Klasą główną urządzeń UPnP A/V jest *item*. Zawarte są w niej następujące podtypy:

- rysunek (*imageItem*),
 - obraz (*photo*),
- audio (*audioItem*)
 - utwór muzyczny (*musicTrack*),
 - nadawanie materiału audio (*audioBroadcast*),
 - audiobook (*audiobook*),
- wideo (*videoItem*),
 - film (*movie*),
 - nadawanie materiału wideo (*videoBroadcast*),
 - teledysk (*musicVideoClip*),
- lista odtwarzania (*playlistItem*),
- tekst (*textItem*).[8]

Każdy z powyższych typów, może posiadać podtypy zdefiniowane przez producenta oprogramowania. Schemat typów został przedstawiony na rysunku nr 2.3.

Rys. 2.3: Schemat typu *item* wraz ze standardowymi podtypami ([8])



Poza obiektami typu *item* wyróżniamy również tak zwane kontenery (ang. *containers*). Reprezentują one kolekcje obiektów, fizyczną, bądź logiczną np. posortowaną według typów filmów.

W przypadku DLNA zrezygnowano w specyfikacji z przyrostka *item* i w nazwach typów, powstały nazwy takie jak: *audio*, *AV*, *image*. Jednakże w części DLNA dotyczącej implementacji (w postaci XML) pozostawiono wcześniej znane nazwy, takie jak w UPnP A/V. Z tego powodu posłużyono się nazwami pochodzących ze standardu UPnP A/V. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy nazwa została zdefiniowana jedynie w specyfikacji DLNA, a w specyfikacji autorstwa UPnP Forum jej odpowiednik nie występuje.

Typ pliku jest określany w opisie zasobu, który znajduje się w znaczniku *res* (ang. *resource*) pliku XML.

2.2.1 Klasa *object*

Wyróżniamy dwie klasy główne: *object* oraz *item*. Pierwsza z nich to klasa główna, w której znajduje się cała udostępniana odtwarzaczowi UPnP A/V lub DLNA treść multimedialna (ang. *ContentDirectory*). Klasa *object* określa właściwości, które są wspólne dla każdego z udostępnianych plików, jak i dla strukturyzowanej logicznej kolekcji materiałów. Poniższa lista przedstawia wymagane właściwości dostarczane wraz z obiektem:

- *@id* - unikalny identyfikator klasy głównej,
- *@parentID* - identyfikator klasy nadzędnej,
- *@restricted* - określa czy właściwości obiektu mogą zostać zmienione,
- *dc:title* - nazwa obiektu,
- *upnp:class* - klasa zawartości zgodna z UPnP.[8]

Dodatkowymi właściwościami opisywanej klasy są:

- *dc:creator* - twórca obiektu,

- *res* - zasób / zasoby,
- *upnp:writeStatus* - określa czy dany obiekt może być modyfikowany.[8]

2.2.2 Klasa *item*

Klasa *item* jest typem określającym każdy indywidualny materiał multimedialny np. zdjęcie w albumie. Obiekt ten nie może zawierać w sobie innych obiektów (nie może być „katalogiem”). Klasa dziedziczy wszystkie opcje po klasie głównej *object* oraz wprowadza następujące właściwości (wszystkie są opcjonalne):

- *@refID* - odniesienie do pliku głównego (w przypadku gdy plik znajduje się w logicznym kontenerze). Jeżeli udostępniany zasób jest odniesieniem, wówczas opisywane pole jest obowiązkowe,
- *upnp:bookmarkID* - identyfikator obiektu, do którego została stworzona zakładka.[8]

2.2.3 Klasa kontener

Klasa kontener (ang. *container*) dziedziczy po typie głównym *object* i reprezentuje kolekcję innych obiektów (innych kontenerów lub innych podtypów dziedziczącej po klasie *object*). Jest odpowiednikiem katalogu w systemie plików. Nie określa ona żadnych obowiązkowych właściwości, które trzeba dostarczyć drugiej stronie komunikacji. Opcjami dodatkowymi są natomiast pola:

- *@childCount* - liczba obiektów, które znajdują się w kontenerze,
- *upnp:CreateClass* - zawiera klasy (typy obiektów), które mogą zostać stworzone wewnątrz kontenera,
- *upnp:SearchClass* - zawiera listę klas (typów obiektów), które można wyszukać w danym kontenerze,
- *@searchable* - określa, czy na kontenerze może być wykonywane wyszukiwanie (wartość 0 lub 1),
- *@neverPlayable* - określa, czy kontener kiedykolwiek będzie posiadał zawartość możliwą do odtwarzania (wartość 0 lub 1, domyślna wartość 0).[8]

2.2.4 Klasa obraz

Typ obraz (ang. *imageItem*) wywodzi się z klasy głównej *item* i dziedziczy od niej wymagane opcje. Ponadto typ obraz powinien zawierać następujące opcje dodatkowe (minimum jedno wystąpienie):

- *res* - ścieżka do obrazu
 - *res@resolution* - rozdzielcość obrazu,
- *upnp:longDescription* - długie opis obrazu,
- *upnp:storageMedium* - rodzaj pamięci,
- *upnp:rating* - ocena,
- *dc:description* - opis obrazu,
- *dc:publisher* - wydawca,
- *dc:date* - data powstania obrazu,
- *dc:rights* - określa prawa własności.[8]

Gdy przedstawianym obrazem jest zdjęcie może ono być podtypu zdjęcie *photo:imageItem*, które dziedziczy wszystkie właściwości typu obraz oraz umożliwia układanie zdjęć w albumy, dzięki opcjonalnej właściwości:

- *upnp:album* - nazwa albumu.[8]

Obraz lub zdjęcie może być udostępnione w kilku rozmiarach oraz według kilku typów. Zdjęcie może być udostępnione w następujących rozmiarach:

- SM (ang. *small*) - małe,
- MED (ang. *medium*) - średnie,
- LRG (ang. *large*) - wielkie,
- TN (ang. *thumbnail*) - miniatura.[11]

Obsługiwany obowiązkowo typ grafik to JPEG_SM. Opcjonalnymi typami, które może obsługiwać odtwarzacz są JPEG_MED, JPEG_LRG, JPEG_TN, PNG_TN. Poza miniaturami obrazów, urządzenie może udostępniać ikony (np. ikona z logiem producenta oprogramowania). Ikony mogą być formatowane zgodnie z następującymi rozmiarami:

- profil PNG_SM_ICO,
 - mała ikona formatu PNG,
 - maksymalna rozdzielcość 48 x 48 pikseli,
- profil PNG_LRG_ICO,
 - duża ikona formatu PNG,
 - maksymalna rozdzielcość 120 x 120 pikseli,
- profil JPEG_SM_ICO,
 - mała ikona formatu JPEG,
 - maksymalna rozdzielcość 48 x 48 pikseli,
- profil JPEG_LRG_ICO,
 - duża ikona formatu JPEG,
 - maksymalna rozdzielcość 120 x 120 pikseli.[11]

W przypadku ikon, jeżeli urządzenie wspiera ich udostępnianie, wówczas musi udostępniać ich wszystkie rozmiary.

Na podstawie dokumentacji DLNA powstała tabela 2.3 zestawiającą formaty plików oraz ich właściwości. Tabela zawiera standardowe formaty danych i nie uwzględnia formatów opcjonalnych (takich jak PNG czy BMP), które mogą być obsługiwane przez urządzenie. Jednakże bez względu na typ pliku, właściwości dotyczące rozmiaru (na podstawie którego klasyfikowana jest nazwa skrócona obrazu np. MED) muszą być uwzględnione, a obraz powinien być udostępniony z odpowiednią nazwą profilu (np. PNG_MED).

Obrazy udostępniane są również w postaci miniatur. Miniatury mogą odnosić się nie tylko do obrazów i zdjęć, lecz do pozostałe udostępnianej zawartości, czyli muzyki i filmów. Każdy album muzyczny może mieć miniaturę z okładką albumu, natomiast film miniaturę z plakatem, wybraną sceną lub inny dowolny obraz.

Tabela 2.3: Tabela porównawcza standardowych formatów obrazów w technologii DLNA

Typ MIME	Profil*	Właściwości
image/jpeg	JPEG_SM	maksymalny rozmiar**: 640 x 480 paleta kolorów: niekalibrowane lub sRGB
	JPEG_MED	maksymalny rozmiar: 1024 x 768
	JPEG_LRG	maksymalny rozmiar: 4096 x 4096
	JPEG_TN	maksymalny rozmiar: 160 x 160
	JPEG_SM_ICO	maksymalny rozmiar: 48 x 48
	JPEG_LRG_ICO	maksymalny rozmiar: 120 x 120
image/png	PNG_TN	maksymalny rozmiar: 160 x 160
	PNG_SM_ICO	maksymalny rozmiar: 48 x 48 paleta kolorów: odcienie szarości, 24 bitowa paleta kolorów
	PNG_LRG_ICO	maksymalny rozmiar: 120 x 120

*na profil składa się typ pliku (np. JPEG) oraz rozmiar: SM - mały, MED - średni, LRG - wielki, TN - miniatura, SM_ICO - mała ikona, LRG_ICO - duża ikona

** rozmiar podawany w pikselach

2.2.5 Klasa audio

Typ audio służy do udostępniania plików audio, które są przeznaczone jedynie do słuchania. Oznacza to, że klasa ta nie dotyczy ścieżki dźwiękowej w materiałach wideo, takich jak filmy czy transmisja telewizyjna. Klasą nadrzędną dla audio, jest klasa *item*, od której dziedziczone są wszystkie jej właściwości. Podobnie jak w klasie opisującej obraz, powinna ona zawierać opcję *res* wraz z danymi dotyczącymi zasobu. Ponadto opcjonalnymi właściwościami możliwymi do załączenia są:

- *upnp:genre* - gatunek pliku audio,
- *dc:description* - opis pliku,
- *upnp:longDescription* - rozszerzony opis pliku,
- *dc:publisher* - wydawca,
- *dc:language* - język,
- *dc:relation* - dowiązania (powiązania) do innych utworów,
- *dc:rights* - informacje o prawach własności (m.in. intelektualnej).[8]

Klasa audio posiada następujące podtypy, określające rodzaj dostępnego materiału dźwiękowego:

- muzyka (ang. *musicTrack*),
- transmisja audio (ang. *audioBroadcast*),
- książka audio (ang. *audioBook*).[8]

Pierwszy z podtypów jest jednocześnie najbardziej popularnym do udostępniania w klasie audio. Muzykę można sklasyfikować w albumy, listy odtwarzania oraz można udostępniać informacje o artyście. Wszystkie te atrybuty są opcjonalne, a ich pełna lista wygląda następująco:

- *upnp:artist* - wykonawca,
- *upnp:album* - album muzyczny,
- *upnp:originalTrackNumber* - oryginalny numer utworu,
- *upnp:playlist* - lista odtwarzania,

- *upnp:storageMedium* - rodzaj pamięci (np. płyta CD),
- *dc:contributor* - podmiot odpowiedzialny za zasób,
- *dc:date* - data związana z zasobem,[8]

Transmisja audio daje bardzo dużo możliwości rozszerzenia funkcji odtwarzaczy o wzbogacenie ich o takie opcje jak radio internetowe, dzięki przekazywaniu transmisji na żywo przez serwer. Opisywany podtyp można przesyłać wraz z opcją *res* zawierającą dane o zasobie oraz opcjonalnymi atrybutami, takimi jak:

- *upnp:region* - region związany z zasobem (np. Europa, Ameryka),
- *upnp:radioCallSign* - nazwa radio,
- *upnp:radioStationID* - identyfikator stacji (np. częstotliwość nadawania),
- *upnp:radioBand* - pasmo nadawania (np. AM, FM),
- *upnp:channelNr* - powiązania kanału z numerem stacji w odbiorniku,
- *upnp:signalStrength* - siła sygnału ,
- *upnp:signalLocked* - informacja czy częstotliwość odbioru została zablokowana (możliwość odbioru jednego kanału),
- *upnp:tuned* - informacja czy źródło jest odpowiednio ustawione,
- *upnp:recordable* - informacja czy materiał może być nagrywany.[8]

Ostatni z typów dziedziczący po klasie audio, czyli audiobook, służy do określania charakterystyki tego typu książek. Pole z zasobem (*res*) powinno być zawarte w przesłanych danych co najmniej raz. Poza nim mogą zostać dołączone następujące atrybuty:

- *upnp:storageMedium* - rodzaj pamięci (np. płyta CD),
- *upnp:producer* - wydawca,
- *dc:contributor* - podmiot odpowiedzialny za zasób,
- *dc:date* - data związana z zasobem.[8]

2.2.6 Klasa wideo

Klasa wideo opisuje materiały audiowizualne udostępniane w sieci. Są to materiały, których udostępnianie jest najtrudniejsze, zarówno z perspektywy programisty, jak i użytkownika. Jest to spowodowane bardzo dużą rozległością w sposobach kodowania materiałów oraz wciąż niepełną kompatybilnością wielu urządzeń z wieloma formatami plików. W plikach wideo warto zwrócić uwagę na dwa podstawowe pojęcia: kontener multimedialny oraz format pliku wideo. Pojęcie te występuje również w plikach graficznych i audio, jednakże stopień komplikacji dla sprzętu komputerowego występuje dopiero w plikach zawartych w opisywanej klasie.

W ogólnie rozumianym kontenerze multimedialnym może być przechowywanych wiele strumieni obrazów, audio, wideo, napisów, informacji o strumieniach i innych metadanych. Pozwala on na przechowywanie wszystkich tych danych w jednym pliku.[46] Natomiast jako format wideo definiowany jest sposób kodowania strumienia wideo. Analogiczne definicje dotyczą formatów audio oraz obrazów.

Podstawowy typ wideo (ang. *videoItem*) dziedziczy po klasie głównej *item*. Zawiera minimum jedną informację o zasobie *res*. Ponadto z materiałem mogą być przekazane następujące atrybuty:

- *upnp:genre* - gatunek pliku wideo,
- *upnp:genre@id* - identyfikator gatunku, zgodny ze schematem definiującym możliwe gatunki wykorzystywane w *upnp:genre*,

- *upnp:genre@extended* - dodatkowe informacje o gatunku wideo,
- *upnp:longDescription* - dlugi opis,
- *upnp:producer* - producent
- *upnp:rating* - ocena,
- *upnp:actor* - obsada aktorów,
- *upnp:director* - reżyser,
- *dc:description* - opis,
- *dc:publisher* - wydawca,
- *dc:language* - język wideo,
- *dc:relation* - adres URL z powiązanymi materiałami,
- *upnp:playbackCount* - ilość odtworzeń materiału,
- *upnp:lastPlaybackTime* - data ostatniego odtwarzania,
- *upnp:lastPlaybackPosition* - ostatnia pozycja odtwarzania,
- *upnp:recordedDayOfWeek* - dzień tygodnia, w którym nagranie zostało wykonane,
- *upnp:srsRecordScheduleID* - identyfikator nagrania w harmonogramie nagrań.[8]

Jak jest widoczne na powyższej liście ilość atrybutów możliwych do przesłania jest bardzo duża. Jest to bazowa klasa dla pozostałych typów wideo, którymi są:

- film (*movie:videoItem*),
- transmisja wideo (*videoBroadcast:videoItem*),
- teledysk / klip muzyczny (*musicVideoClip:videoItem*).[8]

Klasa film reprezentuje materiały filmowe i umożliwia załączenie dodatkowych danych odnośnie filmu w specyfikowanych, przez autorów dokumentacji UPnP A/V, atrybutach. Na atrybuty składają się:

- *upnp:storageMedium* - nośnik pamięci,
- *upnp:DVDRegionCode* - kod regionalny materiału DVD,
- *upnp:channelName* - nazwa kanału,
- *upnp:scheduleStartTime* - planowany start transmisji,
- *upnp:scheduleEndTime* - planowany koniec transmisji,
- *upnp:programTitle* - tytuł programu (odcinka),
- *upnp:seriesTitle* - tytuł serii,
- *upnp:episodeCount* - liczba odcinków,
- *upnp:episodeNr* - numer odcinka.[8]

Wszystkie z powyższych opcji są możliwe do udostępnienia w postaci atrybutów XML, lecz nie są obowiązkowe.

2.3 Rodzaje multimedior

Ilość formatów danych multimedialnych jest bardzo duża. Najbardziej pożądanymi formatami są formaty kompresujące dane. Formaty plików zapewniające tzw. kompresję bezstratną (formaty RAW - surowe) pozwalając zachować najwyższą jakość obrazu lub dźwięku. Przykładami takich formatów są - RAW dla plików graficznych, oraz format FLAC (ang. *Free Lossless Codec*)

dla plików audio. Innym popularnym formatem dźwięku jest WAV. W tym formacie często wykorzystywane jest kodowanie PCM, które jest uważane za bardzo bliskie oryginałowi, dzięki pokrywaniu całego zakresu pasma częstotliwości słyszalnych. Spośród plików wideo można wyróżnić formaty danych o niskiej kompresji stratnej. Przykładem takich plików są formaty MPEG-2 oraz MPEG-4. Drugi z nich, w wersji AVC (ang. *Advanced Video Coding*) pozwala na przesyłanie materiału HD. MPEG-4 AVC jest identycznym standardem ze standardem H.264. Opisywany kodek wykorzystywany jest współcześnie w przesyłaniu cyfrowej telewizji naziemnej oraz częściowo satelitarnej.

W przypadku zdjęć prym wiedzie format JPEG, który jest standaryzowany przez organizację ISO/IEC ([45]), jest formatem kompresji stratnej. Jednakże kompromis między kompresją, a jakością obrazu (kompresja 10:1) jest na tyle zadowalający, że stał się najpopularniejszym formatem danych graficznych (z pominięciem zastosowań profesjonalnych, gdzie często wykorzystywane są formaty bezstratne, bądź inne specjalistyczne, specyficzne dla oprogramowania obróbki grafiki).

Najpopularniejszym formatem audio dla przechowywania muzyki wśród końcowych użytkowników jest format MP3 (ang. *MPEG-1/MPEG-2 Audio Layer 3*). Jest standardem zdefiniowanym przez organizację IETF (ang. *Internet Engineering Task Force*) w dokumencie RFC 5219 ([37]). W swojej pierwotnej, a zarazem najpopularniejszej wersji pozwala na zapis muzyki w postaci dźwięku jednokanałowego (mono) lub dwukanałowego (stereo) i oferuje najwyższy stopień kompresji, przy zachowaniu dobrej jakości dźwięku. W przypadku ścieżek dźwiękowych do filmów częstsze zastosowanie ma standard AC3 lub DTS (standard DLNA zapewnia wsparcie jedynie dla dźwięku AC3). Górują one nad MP3 możliwością przechowywania dźwięku przestrzennego.

Filmy, a dokładniej ich pełne wsparcie i obsługa, były najciekawszym i zarazem najtrudniejszym tematem do realizacji przez autora. W przypadku materiałów filmowych trudno jednoznacznie zdefiniować najpopularniejszy format tego typu danych. W podrozdziale 2.3.3 został dokładnie opisany ten rodzaj multimedior.

2.3.1 Muzyka

Muzyka w kontekście udostępniania UPnP A/V oraz DLNA można rozumieć jako pliki audio zawierające utwory muzyczne lub ścieżki dźwiękowe. Ilość formatów kompresji danych audio jest bardzo wiele. Niektóre służą do przesyłania głosu (np. format GSM), jednak te dla udostępniania treści nie są istotne. Najpopularniejszymi formatami audio, bez względu czy jest to utwór muzyczny czy ścieżka dźwiękowa, są:

- AAC (ang. *Advanced Audio Coding*) oraz AAC+,
- AC3 (pełna nazwa - *Dolby Digital Audio Compression-3*),
- FLAC (ang. *Free Lossless Audio Codec*),
- MP2 (ang. *MPEG-1 Audio Layer-2*),
- MP3 (ang. *MPEG Audio Layer-3*),
- RealAudio,
- WAV (ang. *Waveform Audio File Format*),
- WMA (ang. *Windows Media Audio*).

2.3.2 Obrazy

Pośród plików graficznych istnieje podział na pliki grafiki rastrowej oraz pliki grafiki wektorowej. Na potrzeby tworzenia zdjęć wykorzystywany jest pierwszy z wymienionych typów. Typy te posiadają, kolejny podział. Pełne zobrazowanie ów podziału jest widoczne w tabeli 2.4. Jak już zostało wcześniej wspomniane ilość wymaganych formatów do obsługi w specyfikacji DLNA

jest mały (w porównaniu z ilością przykładowych formatów plików graficznych wymienionych w tabeli).

Tabela 2.4: Podział formatów plików graficznych (źródło [47])

Format	Podział	Przykłady plików graficznych
Grafika rastrowa	używające kompresji stratnej	DjVu, JBIG, JBIG2, JNG, JPEG, JPEG LS, JPEG 2000, JPEG XR, TIFF, WebP, WMF
	używające kompresji bezstratnej	APNG, BMP, GIF, LWF, MNG, PCX, PNG, TGA, TIFF, WMF
	bez kompresji	BMP, DNG, PNM, PSD, RAW, TGA, TIFF, WBMP, WMF, XCF, XPM
Grafika wektorowa	nie dotyczy	AI, CDR, EPS, DXF, DWF, DWG, SVG, SWF, WMF

Pliki graficzne zawierające zdjęcia, najczęściej przechowywane są w formacie JPEG, ewentualnie PNG. Pierwszy z nich przeznaczony jest do zapisów obrazów naturalnych, w którym nie ma konieczności dokładnego odwzorowania ostrych krawędzi oraz uwydatniania szczegółów. JPEG jest standardem organizacji ISO o nazwie ISO/IEC IS 10918-1 oraz ITU-T Recommendation T.81 (standard dwuczęściowy). [45] Drugi z nich, format PNG (ang. *Portable Network Graphics*), został stworzony do wykorzystywania w sieci Internet, jako pliki graficzne stron www. Znalazł jednakże zastosowanie w fotografii, dzięki możliwości zapisu w formacie kompresji bezstratnej. [44]

2.3.3 Filmy

Film można podzielić zgodnie z następującym schematem:

- Kontener filmowy(np. AVI, MKV)
 - Format wideo (np. MPEG-2),
 - Format audio (np. AC3),
 - Napisy,
 - Rozdziały,
 - Metadane opisujące powyższe dane.

Istnieje wiele rodzajów kontenerów. Część z nich ma przeznaczenie do udostępniania multimedialnych w sieci internetowej (Flash), inne są dedykowane dla urządzeń mobilnych (MP4). Najpopularniejszymi kontenerami multimedialnymi są:

- AVI (rozszerzenie AVI),
- Matroska (rozszerzenie MKV),
- Flash (rozszerzenie FLV lub F4V).
- MP4,
- DivX.

Kontenery różnią się metadanymi opisującymi pliki oraz możliwościami we wspieraniu przechowywanych formatów danych. Tabela porównawcza formatów AVI i MKV pokazuje podstawowe różnice między tymi formatami (tabela 2.5).

Materiał wideo w filmach może być kodowany w formatach, takich jak:

- MPEG-1,

- MPEG-2
- MPEG-4 AVC / H.264,
- WMV (ang. *Windows Media Video*),
- RealVideo.

Kontenery filmowe pozwalają przechowywać różne formaty: wideo (część z nich widoczna jest powyżej), audio (jeden plik może zawierać kilka ścieżek audio w różnych formatach np. MP3 lub AC3). Niektóre umożliwiają przechowywanie w kontenerze plików z napisami (we wspieranych formatach), posiadają możliwości podziału materiału na sekcję lub przechowywania materiału trójwymiarowego 3D. Informacje o zawartości kontenera multimedialnego znajdują się w metadanych pliku. Każdy rodzaj kontenera posiada (niestety) zróżnicowany sposób tworzenia metadanych. Utrudnia to w znaczący sposób łatwe wsparcie ich jak największej ilości.

Oddzielnym tematem są formaty płyt Blu-Ray, bądź DVD. Formaty te posiadają specjalną strukturę plików oraz schemat katalogów, według których umieszczone są odpowiednie dane. W uproszczeniu można powiedzieć, że nośnik Blu-Ray jest kontenerem multimedialnym, takim jak AVI czy MKV. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku płyt DVD.

Płyta Blu-Ray, zgodna ze standardem posiada drzewo, składające się z dwóch plików „index.bdmv” (zawierający informacje o zawartości katalogów płyty BD), MovieObject.bdmv (zawierający informacje o obiektach filmowych) oraz katalogów: PLAYLIST (lista odtwarzania filmu / rozdziały), CLIPINF (informacje o klipach wideo), STREAM (strumień audio wideo w kontenerze m2ts - ang. *MPEG-2 Transport Stream*), AUXDATA (pliki dźwiękowe oraz czcionki dla plików z napisami), BACKUP (katalogów zawierający kopie zapasowe plików index.bdmv oraz MovieObject.bdmv).

Tabela 2.5: Porównanie kontenerów AVI i MKV

Format	Rozdziały	Napisy	Formaty wideo	Formaty audio
AVI	TAK	NIE	MPEG-1, MPEG-2, WMV, RealVideo	MP3, WMA, AAC, AC-3, DTS, PCM
MKV*	TAK	TAK	MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 AVC, WMV, RealVideo	MP3, WMA, AAC, AC-3, DTS, PCM, RealAudio, Vorbis, APE, Flac, DTS-HD

* - kontener MKV wirtualnie może zawierać dowolną zawartość wideo oraz audio

Film może posiadać wiele ścieżek dźwiękowych np. różne wersje językowe lub lektora. Płyty DVD oraz Blu-Ray, zgodnie z standardem mają możliwość zamieszczania wielu ścieżek dźwiękowych. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku kontenerów danych takich jak AVI oraz Matroska. Oprogramowanie udostępniające materiały multimedialne powinno zapewniać możliwość wyboru ścieżki dźwiękowej. W tym celu konieczne jest poprawne odczytywanie metadanych dostarczanych wraz z kontenerem multimedialnym. Filmy DVD oraz Blu-Ray ponadto, że umożliwiają zmianę ścieżki dźwiękowej, wprowadziły do zestawów kina domowego możliwość wyświetlania napisów w filmach (przedtem napisy były cechą wyróżniającą kina). W przypadku płyt DVD napisy są przechowywane w formacie bitmapowym, co wykracza poza standardy UPnP A/V oraz DLNA (dla napisów), dlatego też nie są one obsługiwane do udostępniania. Płyty Blu-ray posiadają standard zbliżony do płyt DVD (napisy PGS - ang. *Presentation Graphic Stream*). Możliwymi do przekazywania są napisy w postaci plików tekstowych. Plik z napisami może być wbudowany w kontener lub może być udostępniany jako oddzielny plik (zazwyczaj w tym samym folderze i tej samej nazwie co film).

Istnieje wiele standardów napisów do filmów, które mogą być w prosty sposób przechowywany na dysku twardym komputera stacjonarnego. Głównymi standardami spotykanymi powszechnie w Internecie są MicroDVD oraz SubRip. Istnieje wiele formatów, jednakże standard DLNA pomija te cechy filmów i nie specyfikuje jakie rodzaje napisów powinny być obsługiwane oraz w jaki sposób. Informacje o sposobie udostępniania napisów zostały określone jedynie w specyfikacji UPnP A/V dla urządzeń renderujących.[9]

Brak jednoznacznych rozwiązań w kwestii napisów do filmów, sprawił, że producenci w wielu przypadkach zapewniają ich wsparcie we własnym zakresie. Stacjonarne odtwarzacze multimedialnych (które odtwarzają materiały podłączone przez złącze USB) w telewizorach mają zazwyczaj możliwość odtwarzania napisów w wersji tekstowej, w formatach MicroDVD lub SubRIP. Takie samo podejście zostało zastosowane w odtwarzaczach DLNA. Obsługują one jeden z dwóch rodzajów napisów, a w gestii serwera leży, aby udostępniać takie napisy w odpowiednim formacie lub samodzielnie przekonwertować do obsługiwanej formatu.

2.3.3.1 Kodowanie i kompresja filmów

Podrozdział jest poświęcony tematyce kodowania filmów, z pominięciem roli kontenerów multimedialnych. Kodowanie służy do przedstawienia materiału wideo w reprezentacji kodu binarnego, natomiast kompresja to kodowanie, które zmniejsza wielkość strumienia wideo, przy spadku jakości. Obecnie najpopularniejszymi koderem jest kodek MPEG-4 AVC (ang. *Advanced Video Coding*). Opisywany kodek jest zamiennie nazywany MPEG-4 AVC lub H.264. W fazie początkowej były to dwa różne standardy, jednakże w kolejnych etapach projekty zostały połączone. Standard jest opisany w dokumencie *MPEG-4 Part 10, Advanced Video Coding* ([43]). Uznawany obecnie za najbardziej wydajny standard kodowania, pozwalający uzyskać bardzo dobrą jakość obrazu, o rozdzielcości do Full HD (1920 x 1080i). Powszechnie wykorzystuje się go w transmisjach telewizyjnych, w kompresji filmów Blu-ray.

Urządzenia DLNA (i nie tylko) posiadają wbudowane dekodery formatów wideo, z których najpopularniejszym wykorzystywanym dekoderem jest dekoder MPEG-4 AVC/H.264. Znajduje się on w kartach graficznych, telewizorach i innych urządzeniach odtwarzających. Są to najnowocześniejsze dekodery umożliwiające odtworzenie prawie każdego dostępnego współcześnie materiału wideo.

Rozdział 3

Oprogramowanie serwera UPnP A/V

Większość współczesnych odtwarzaczy Blu-ray, telewizorów, dekoderów i podobnych urządzeń RTV posiada złącze Ethernet (lub moduł *WiFi*). Umożliwia ono podłączenie urządzenia do sieci lokalnej i Internetu. Takie urządzenia posiadają oprogramowanie umożliwiające wyszukiwać oraz odtwarzać materiały udostępniane przez serwery UPnP A/V oraz DLNA. Autor na potrzeby niniejszej pracy stworzył w pełni funkcjonalny serwer UPnP A/V współpracujący z urządzeniami UPnP A/V i DLNA. Głównym celem aplikacji jest umożliwienie kooperacji dwóch urządzeń ze sobą, w taki sposób, aby odtwarzacz potrafił wykorzystać jak największą możliwą ilość funkcji określoną w specyfikacjach UPnP A/V oraz DLNA.

3.1 Wymagania wstępne

Zdefiniowanie środowiska do implementacji oprogramowania było bardzo ważnym wyborem. Autor do codziennej pracy używa systemu operacyjnego z rodziny Linux, jednakże większość użytkowników komputerów typu PC używa systemu operacyjnego Microsoft Windows. Są to istotne argumenty by środowisko implementacji zapewniało kompatybilność z oboma systemami operacyjnymi. Pierwszym wyborem, ze względu na biegłą znajomość języka programistycznego przez autora, było środowisko języka Java.

W dzisiejszych czasach coraz więcej urządzeń sieci lokalnej nie opiera się na architekturze PC (architekturę x86 lub amd64). Przykładami takich urządzeń mogą być routery lub smartfony (np. architektura ARM). Pierwsze z nich, coraz częściej są wyposażone w złącza USB oraz posiadają załączone oprogramowanie do udostępniania multimediów. Z doświadczeń autora, wynika jednak, że zakres możliwości oraz wydajność takiego oprogramowania pozostawia wiele do życzenia. Skutecznie udostępniane są jedynie zdjęcia, natomiast użytkownicy natrafiają na problemy w kwestii odtwarzania filmów oraz muzyki (trend coraz wyraźniej odwraca się w przypadku smartfonów).

W tabeli 3.1 zostały zdefiniowane platformy konieczne do obsługiwanego przez serwer UPnP A/V.

Tabela 3.1: Platformy obsługiwane przez serwer UPnP A/V

Klasa urządzenia	System operacyjny
Router	DD-WRT
	Tomato
PC	Windows
	Linux

W przypadku środowiska Java wymienione we wcześniejszych akapitach wymagania mogą być z łatwością realizowane. Jednakże obciążenie procesora (system operacyjny Ubuntu 11.10) dla prostej aplikacji UPnP A/V wynosiło około 5%. Analiza materiałów udostępnianych w Internecie oraz doświadczenie z użytkowania aplikacji Java, podawała w wątpliwość wydajną pracę serwera zaprojektowanego w tym języku na mało wydajnych urządzeniach (np. routery). Po kilku próbach uruchomienia serwera Tomcat na routerze firmy Linksys E3000, autor podjął decyzję o zaprzestaniu dalszych prób i poszukiwaniu odpowiedniego środowiska do stworzenia aplikacji. Wybór padł na język Python do realizacji oprogramowania.

Pozostałe wymagania zostały narzucone przez standardy UPnP A/V i DLNA, co prosto można określić jako wymaganie pełnej współpracy z certyfikowanymi urządzeniami DLNA lub UPnP. Głównymi wymaganiami są:

- współpraca z podstawowymi urządzeniami DLNA - telewizorami, odtwarzaczami Blu-ray, odtwarzaczami DVD itd.,
- odtwarzanie (o ile podstawowy odtwarzacz urządzenia ma taką możliwość) kontenerów muzycznych i filmowych np. kontener Matroska - pliki MKV,
- odtwarzanie napisów w filmach i muzyce (np. do karaoke, specjalny tryb serwera), zarówno z plików tekstowych, jak i z kontenerów (w tym przypadku tylko pliki Matroska, MKV),
- przewijanie materiałów,
- udostępnianie materiałów w najlepszej jakości,
- dodawanie / usuwanie udostępnianej zawartości bez konieczności ponownego uruchamiania oprogramowania,
- tworzenie albumów, klasyfikacji treści w logicznych katalogach,
- opcjonalne - transkodowanie.

W oprogramowaniu autor jako opcjonalne wymaganie zdefiniował renderowanie filmów do gorszej jakości w locie. W chwili obecnej większość nowoczesnego sprzętu na rynku obsługuje dużą ilość formatów i mimo możliwości sprzętowych, to oprogramowanie odtwarzacza DLNA nie potrafi prawidłowo wynegocjować jakości transmisji. Bardzo często odtwarzacze są stworzone z minimalnymi wymaganiami certyfikacji, co powoduje komunikat o niekompatybilności materiału, pomimo, że w rzeczywistości taka sytuacja nie ma miejsca. Z tego powodu autor skupił się podczas tworzenia oprogramowania serwera na ominięciu „przeszkód” postawionych przez większość producentów i wymuszenie odtwarzania materiałów na każdym urządzeniu.

Nie wszystkie urządzenia, na których ma być uruchomiony serwer multimedialny, muszą posiadać interfejs graficzny użytkownika. Serwer UPnP A/V jest dostarczany wraz z oprogramowaniem serwera www i interfejsem strony internetowej jako interfejsem użytkownika, wykorzystywanym do zarządzania serwerem oraz uruchamiania go.

Serwer nie obsługuje mechanizmów ochrony treści DRM (ang. *Digital Rights Management*). System ten nie wspiera systemu operacyjnego z rodziny Linux, dlatego też autor nie wdrożył jego obsługi.

3.2 Wykorzystane narzędzia

Aplikacja serwera UPnP A/V została napisana w języku Python (wersja 2.7). Jej szkielet został oparty o zmodyfikowaną wersję ramy projektowej (tzw. framework'a) *Coherence*, opisanego w rozdziale 3.2.1. Druga aplikacja, zapewniająca zarządzanie serwerem została napisana w języku Python, HTML oraz Javascript z wykorzystaniem popularnej ramy projektowej Django.

Aplikacja jest zarządzana przez narzędzie kontroli wersję Git na darmowym serwerze Github.com

Wykorzystane narzędzia na potrzeby opisywanego zestawu aplikacji to:

- platforma Eclipse 3.6,
 - języki programowania:
 - * Python 2.7,
 - * HTML 4,
 - * Javascript,
 - * Django 1.3.1,
 - * T-SQL,
 - ramy projektowe
 - * *Coherence DLNA*,
 - * *Django 1.3.1*,
 - * *JSONRPC*,
 - * *Storm*.
- GIMP 2.8 do tworzenia grafiki aplikacji
- odtwarzacze UPnP A/V / DLNA do testów
- GIT - do zarządzania wersjami oprogramowania.

3.2.1 Ramy projektowe UPnP

W internecie można odnaleźć bardzo dużo ram projektowych (tzw. framework'ów), które obsługują UPnP A/V oraz DLNA. Przed wyborem języka programowania autor skupił się na poszukiwaniu odpowiedniego środowiska (framework'a), który wspiera komunikację w sieci multimedialnej, posiada darmową, otwartą do modyfikacji licencję oraz nie obciąża w znaczący sposób systemu operacyjnego. Autor nie odnalazł ramy projektowej, który natywnie wspierałby specyfikację DLNA. Jest to spowodowane prawdopodobnie koniecznością ponoszenia kosztów licencji DLNA. Liczba środowisk projektowych, które wspierają protokół UPnP oraz UPnP A/V, pomimo że nie jest duża, to jest w zadowalający sposób zaimplementowana, dzięki czemu autor nie musiał zaprogramować niższych warstw opisywanego protokołu.

Pierwszym framework'iem, prawdopodobnie najnowszym i najczęściej aktualizowanym jest oprogramowanie *Cling* [24]. Jest to biblioteka, której zadaniem docelowym (jest wciąż w fazie rozwoju i wiele funkcji nie jest jeszcze zaimplementowanych) jest pełne wsparcie protokołu UPnP. Nie implementuje zmian wprowadzonych przez zrzeszenie DLNA. Jest napisana w języku Java, możliwe jest jej wykorzystanie zarówno w oprogramowaniu dla komputerów klasy PC, jak i oprogramowaniu Java dla smartfonów z systemem operacyjnym Android. Autor odrzucił jej wykorzystanie, gdyż w ówczesnym stadium rozwoju implementowała zbyt małą liczbę koniecznych do komunikacji funkcji oraz niemożliwe byłoby jej wykorzystanie na urządzeniach o bardzo małych możliwościach wydajnościowych (np. routery).

Drugim branym pod uwagę jako podstawę do aplikacji serwera UPnP A/V ramą projektową było oprogramowanie *CyberLink for Java* [25]. Jest to pakiet oprogramowania umożliwiający

twórcom aplikacji komunikację w sieci UPnP. Posiada wiele popularnych dla oprogramowania UPnP przykładów, np. włączanie i wyłączanie żarówki. Niestety w chwili porównywania możliwości framework'ów opisywany projekt nie był rozwijany i jego ostatnia aktualizacja datowana była na 2003 rok. Natomiast w trakcie pisania niniejszej pracy (już po stworzeniu oprogramowania) projektu został wznowiony poprzez dodanie wsparcia dla pisania aplikacji UPnP do obsługi urządzeń mobilnych z systemem operacyjnym Android. *CyberLink for Java* jest rozwijany na licencji nie zezwalającej na modyfikacje kodu źródłowego.

Autor rozwijał również wykorzystanie bibliotek popularnego w środowisku *Linux* programu MiniUPnP [27] lub MiniDLNA [28]. Niestety oba umożliwiają wykorzystanie we własnym oprogramowaniu udostępnionych bibliotek klienckich, a celem projektu było stworzenie serwera UPnP A/V.

Ostatnim opisany w niniejszym podrozdziale będzie *Coherence DLNA/UPNP Framework for Digital Living* [26], który spełnił najwięcej stawianych wymagań i dlatego też został wybrany jako szkielet napisanej aplikacji. *Coherence* jest zarówno programem udostępniającym prosty serwer multimedialny, jak i serwer renderujący. Posiada wiele wtyczek do popularnych programów (np. Rhythmbox, Totem, Picasa). Jest na bieżąco rozwijany, zaś jego licencja - MIT [27], zezwala na swobodną modyfikację. Jest napisany w języku Python. Dla deweloperów najważniejsze jest, że oprogramowanie zapewnia komunikację (wykrywanie, ogłoszanie urządzeń) oraz posiada „szablony”, czyli przykładowe aplikacje z funkcjonalnością udostępniania albumów, filmów itd. Niestety testy oprogramowania wykazały, że sposób implementacji protokołu nie zapewnia komunikacji z wieloma urządzeniami (w tym mobilnymi). Autor zdecydował się wykorzystać w swoim oprogramowaniu opisywaną ramę projektową oraz wprowadzić w niej niezbędne modyfikacje, co dzięki liberalnej licencji MIT było możliwe.

3.3 Opis programu

Zaprojektowana aplikacja do udostępniania materiałów multimedialnych, jest w rzeczywistości zestawem dwóch niezależnych od siebie programów. Pierwsza aplikacja jest serwerem UPnP A/V który komunikuje się bezpośrednio z odtwarzaczami DLNA oraz UPnP A/V. Natomiast druga aplikacja służy do zarządzania współdzielonymi zasobami oraz ustawieniami „technicznymi” serwera.

Aplikacja posiada wbudowane wyszukiwanie multimedialów różnych rodzajów w lokalizacjach, które użytkownik wcześniej zdefiniował. W przypadku podkatalogów stosowane jest przeszukiwanie rekursywne. Serwer UPnP A/V interpretuje zawartość katalogów i określa pliki, takie jak filmy, pliki tekstowe (napisy do filmów), muzyczne oraz zdjęcia. Pliki w odtwarzaczu mogą być przeglądane w katalogach oddająccych strukturę w systemie plików serwera oraz w kategoriach (wirtualnych katalogach) predefiniowanych oraz zdefiniowanych przez użytkownika.

3.4 Funkcje programu

Aplikacja składa się z dwóch modułów:

- serwer UPnP A/V,
- aplikacji zarządzającej.

Funkcje pierwszego z modułów to:

- ogłoszanie aktywności dla innych urządzeń UPnP,
- wysyłanie, odpowiadanie na aktywność UPnP,
- wyszukiwanie multimedialów: filmów, plików z napisami, muzyki, obrazów,

- tworzenie biblioteki multimedialów:
 - zgodnie ze strukturą katalogów,
 - według typów plików (sortowanie według typów multimedialnych MIME [32]),
 - według typów zawartości:
 - * Muzyka,
 - * Wideo,
 - * Zdjęcia.
- udostępnianie w językach (wyboru należy dokonać w ustawieniach lub jest zgodny z językiem deklarowanym przez odtwarzacz multimedialny):
 - angielskim,
 - polskim,
- udostępnianie informacji o plikach
 - rozdzielcość,
 - rodzaj,
 - rozszerzenie,
 - czas trwania,
 - jakość,
 - data dodania,
 - rozmiar pliku,
 - lokalizacja pliku.

3.4.1 Biblioteka multimedialów

Biblioteka multimedialów jest zbiorem plików udostępnianych przez serwer UPnP A/V. W opisywanej aplikacji biblioteka została podzielona na kilka głównych kategorii. Pierwszą z nich jest odwzorowanie zgodnie z położeniem w systemie plików (gdy to możliwe wyświetlna jest tylko nazwa katalogu nadziednego, w którym znajdują się pliki multimedialne). Oznacza to, że przy pomocy odtwarzacza UPnP A/V lub DLNA użytkownik może nawigować do przeglądania zawartości serwera i do sekcji „Katalogi” (ang. „Directories”). W dalszej kolejności wyświetlane są nazwy katalogów z plikami multimedialnymi.

Kolejnym krokiem nawigacji może być pozycja o tytule „Typy MIME” (ang. „Mimetypes”), w którym wyselekcjonowane materiały są dzielone według swoich typów MIME.

Dalszymi dostępnymi ścieżkami są następujące kategorie:

- Wideo (ang. *Video*),
- Muzyka (ang. *Music*),
- Zdjęcia (ang. *Images*),

Pliki są segregowane przez algorytm zgodnie ze swoją kategorią (zgodnie z typem MIME), a następnie umieszczane w odpowiadającej kategorii biblioteki. Typ MIME w swojej nazwie dla każdej z bibliotek w pliku posiada cechę wspólną. W niniejszym przypadku pliki graficzne posiadają w typie MIME słowo *image*, muzyka słowo *audio*, natomiast materiały wideo, słowo *video*. Umożliwia to kategoryzowanie plików. Przykładowy sposób selekcji plików, zgodnie z jego rozszerzeniem został przedstawiony w tabeli 3.2. Typ MIME jest rozpoznawany, dzięki rozszerzeniu pliku, dlatego wybór jakiego typu jest plik, należy do aplikacji. Oprogramowanie stworzone na potrzeby niniejszej pracy magisterskiej posiada wbudowany słownik, odwzorowujący rozszerzenie na typ MIME.

Tabela 3.2: Katalogowanie typów MIME - przykład

Typ MIME	Rozszerzenie pliku	Kategoria
audio/mpeg	mp3	Muzyka
audio/x-wav	wav	Muzyka
image/png	png	Zdjęcia
image/jpeg	jpeg, jpg	Zdjęcia
video/mpeg	mpeg mpg	Wideo
video/x-matroska	mkv	Wideo
video/x-msvideo	avi	Wideo

Dla każdego odnalezioneego katalogu oraz pliku multimedialnego tworzony jest obiekt *MediaItem*, który przechowuje niezbędne informacje o obiekcie dla serwera UPnP A/V. Dzięki odczytaniu informacji o obiekcie możliwe jest zwrócenie odtwarzaczom posiadanych informacji o pliku, katalogu lub katalogu wirtualnym.

Parametry możliwe do zwrócenia dla każdego z wcześniej wymienionych typów są umieszczone w tabeli 3.3.

Tabela 3.3: Parametry dla kategorii UPnP

Pobierany parametr Rodzaj	Katalog	Wideo	Audio	Zdjęcia
Ścieżka URL	x	x	x	x
Ilość podkatalogów	x			
Podkatalog	x			
Obiekt <i>MediaItem</i>	x			
Katalog nadrzędny	x	x	x	x
Inne katalogi nadrzędne	x	x	x	x
ID	x	x	x	x
Nazwa	x	x	x	x
Okładka (miniatura)		x	x	x
Typ MIME	x	x	x	x
Rozmiar		x	x	x
Czas trwania		x	x	
Bitrate		x	x	
Kanały audio		x		
Napisy		x		
Rozdzielcość		x		x

Biblioteka multimedii umożliwia dodawanie nowych kategorii w trakcie działania aplikacji bez konieczności przerywania jej działania. Odpowiada za to parametr zdefiniowany w specyfikacji UPnP - parametr aktualizacji (ang. *updateID*), który jest numerem sekwencyjnym określającym ilość zmian w danej bibliotece. Jeżeli odtwarzacz posiada dane o plikach z nieaktualnym parametrem aktualizacji, wówczas pobiera od nowa listę multimedii. Aplikacja w podobny sposób reaguje na dodanie i usunięcie pliku (plików) do istniejącego już, w ścieżce wyszukiwania, katalogu.

3.4.2 Miniatury multimedii

Miniatury multimedii nie są obowiązkową treścią, którą musi udostępniać serwer UPnP A/V oraz DLNA. Jednakże sposób udostępniania ich nie odbiega znacząco od sposobu udostępniania

innych materiałów, dlatego autor uznał, że warto tą funkcję również zaimplementować.

Większość współczesnych systemów operacyjnych tworzy miniatury filmów oraz obrazów na własne potrzeby oraz często pobiera okładki albumów muzycznych z Internetu. Autor zdecydował się w pierwszej kolejności korzystać z miniaturow stworzonych przez system operacyjny, zaś w dalszej kolejności na tworzenie miniaturow przez jedną z klas serwera multimedialnego (w przypadku gdy miniaturow systemu operacyjnego nie istnieje lub nie spełnia wymogów co do rozmiarów). Miniaturow tworzona przez aplikację ma rozmiar 120 x 120 pikseli i jest zapisana w standardzie JPEG z tą samą nazwą pliku jaką posiada główny plik multimedialny, z przedrostkiem TH (od ang. *Thumbnail* - miniaturow).

3.4.3 Zarządzanie aplikacją

Serwer zarządzający serwerem multimedialnym UPnP A/V jest to aplikacja internetowa przygotowana w oparciu o środowisko *Django*. Serwer WWW nasłuchuje domyślnie na porcie 8080 (zmiana portu jest możliwa poprzez modyfikację plików konfiguracyjnych *Django*). Autor zaleca wykorzystywać serwer dostarczany wraz z *Django*, lecz nie ma żadnych przeciwwskazań, aby wykorzystywać inne oprogramowanie serwerowe (np. serwer *Apache*). Aplikacja zarządzająca podobnie, jak serwer UPnP A/V, jest dostępna w dwóch wersjach językowych: polskiej i angielskiej.

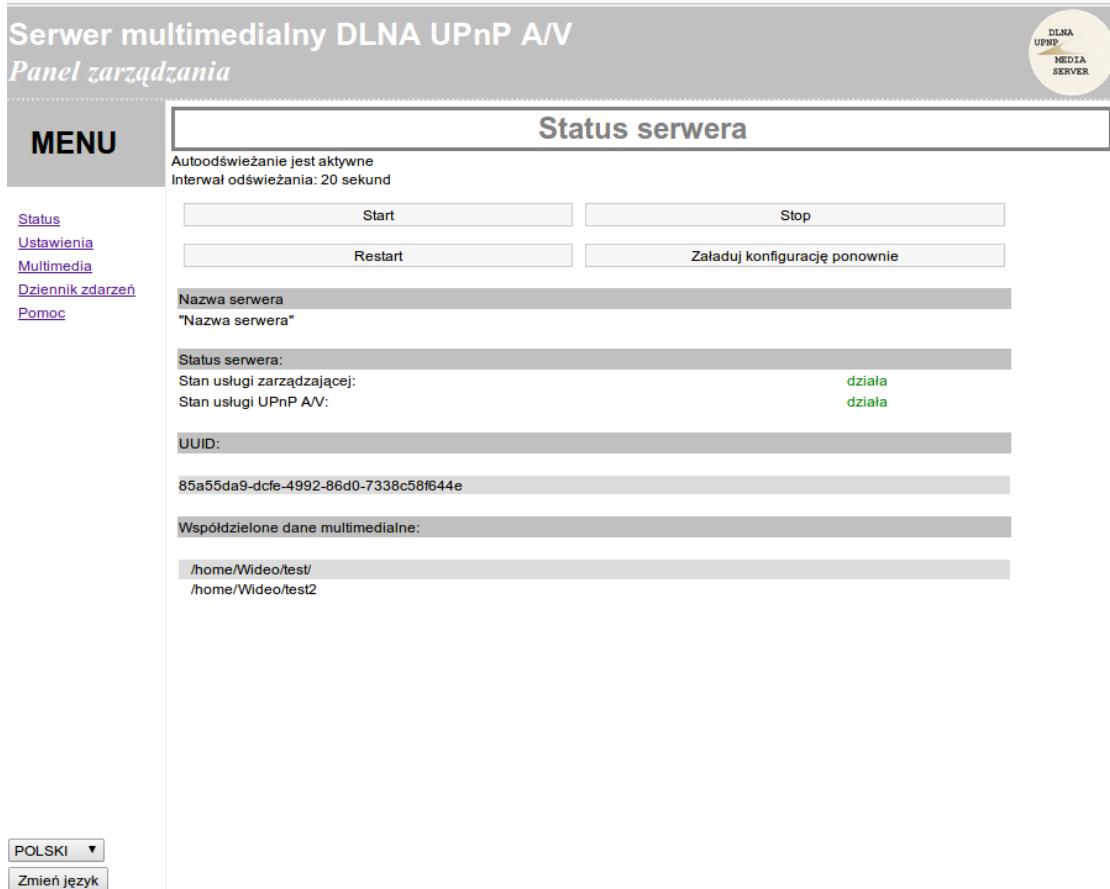
Do zarządzania opcjami aplikacji konieczne jest wykorzystanie przeglądarki WWW i nawigowanie do udostępnianej strony WWW np. <http://localhost:8080/>.

W głównym menu można wybrać następujące opcje (pierwsza nazwa w języku polskim, druga w języku angielskim):

- status - *status*,
- ustawienia - *settings*,
- multimedia - *media*,
- dziennik zdarzeń - *help*,
- pomoc - *help*.

Pierwszy ekran widoczny na rysunku 3.1 wyświetla status serwera UPnP A/V oraz serwera RPC. Serwer RPC jest niezbędny do zmiany jakichkolwiek opcji, natomiast serwer UPnP A/V jest niezbędny do udostępniania multimedialnych w sieciach UPnP A/V oraz DLNA. Obie usługi mogą działać niezależnie, jednakże autor dla uproszczenia sposobu używania aplikacji uniemożliwił selektywne uruchamianie usług.

Rys. 3.1: Status serwera UPnP A/V



Druga dostępna opcja, czyli „Ustawienia” (ang. *settings*) umożliwia modyfikację podstawowych funkcji serwera UPnP A/V. W niniejszej sekcji możliwa jest zmiana następujących opcji:

- nazwa serwera UPnP A/V,
- adres IP serwera UPnP A/V (domyślnie serwer działa na wszystkich ustanowionych adresach aktywnych kart sieciowych),
- port serwera UPnP A/V (domyślnie losowy),
- wzorzec ignorowania - np. ignorowanie plików o podanym rozszerzeniu - *.avi (domyślnie brak wzorca),
- stwórz oddzielnny kontener typów MIME (domyślnie włączona),
- transkodowanie (domyślnie wyłączone),
- własna ikona serwera,
- maksymalna ilość przeszukania rekursywnego (domyślnie nieograniczona) - ile folderów „w dół” rekursively ma przeszukiwać algorytm tworzenia biblioteki multimedialnych.

Opisywane opcje zostały przedstawione na rysunku 3.2. Na rysunku jest również widoczny komunikat o wyłączonym serwerze zarządzającym. Wówczas ustawienia są możliwe tylko do odczytu. Modyfikacja będzie możliwa po uruchomieniu serwera multimedialnego.

Rys. 3.2: Ustawienia serwera UPnP A/V

Serwer multimedialny DLNA UPnP A/V
Panel zarządzania

Ustawienia

Autoodświeżanie jest aktywne
Interwał odświeżania: 20 sekund

Nazwa	<input type="text" value="Nazwa serwera"/>
Adres IP	<input type="text" value="10.11.0.9"/>
Port	<input type="text" value="37245"/>
Wzór ignorowania	<input type="text"/>
Twórz kontenery multimedialne	<input checked="" type="checkbox"/>
Transkodowanie	<input checked="" type="checkbox"/>
Maksymalna ilość przeszukiwania ścieżek wgłąb	<input type="text" value="300"/>

Zapisz
Anuluj

Serwer nie został uruchomiony. Dokonywanie zmian jest zablokowane.

Kolejną opcją jest wybieranie katalogów do wyszukiwania multimedii. Została ona przez autora zatytułowana w wersji skróconej jako „Multimedia” (ang. *Media*). W niej możliwe jest dodawanie katalogów do przeszukiwania. Po dodaniu lub usunięciu wiersza ze ścieżką konieczne jest ręczne zapisanie zmiany poprzez wybranie przycisku „Zapisz” (ang. *Save*). Przycisk nie jest widoczny na rysunku 3.3, który przedstawia opisywaną w niniejszym akapicie część aplikacji.

Dodanie multimedii jest możliwe poprzez ręczne wpisanie absolutnej ścieżki do katalogu. Ścieżka relatywna może powodować niepoprawne wyszukiwanie materiałów np. ścieżka „~/Wideo” może być poprawnie przeszukana, gdy serwer jest uruchomiony przez tego samego użytkownika, co pożądanego katalog Wideo, lecz niepoprawnie, gdy uruchomił go inny użytkownik systemu. Drugim sposobem dodania katalogu jest wybór opcji „Przeglądaj” (ang. *Browse*) i wybranie folderu, który zostanie przeszukany. W drugim przypadku ścieżka do folderu zostanie dodana do linii absolutnej ścieżki do katalogu (jest to opcja wygodniejsza dla niektórych użytkowników).

W przypadku braku katalogu lub innych problemów, serwer WWW wykonuje sprawdzenie poprawności wpisanych danych. W przypadku braku katalogu (lub innego błędu wyszukania folderu) obok wiersza ze ścieżką pojawia się czerwony znak 'X'. Jednakże aplikacja zarządzająca zezwoli na dodanie ścieżki do bazy danych i wyszukanie jej przez serwer UPnP A/V i to do niego należy ewentualne zadanie ignorowania niepoprawnych ścieżek.

Rys. 3.3: Wybieranie multimedii dla serwera UPnP A/V

Serwer multimedialny DLNA UPnP A/V
Panel zarządzania

Multimedia

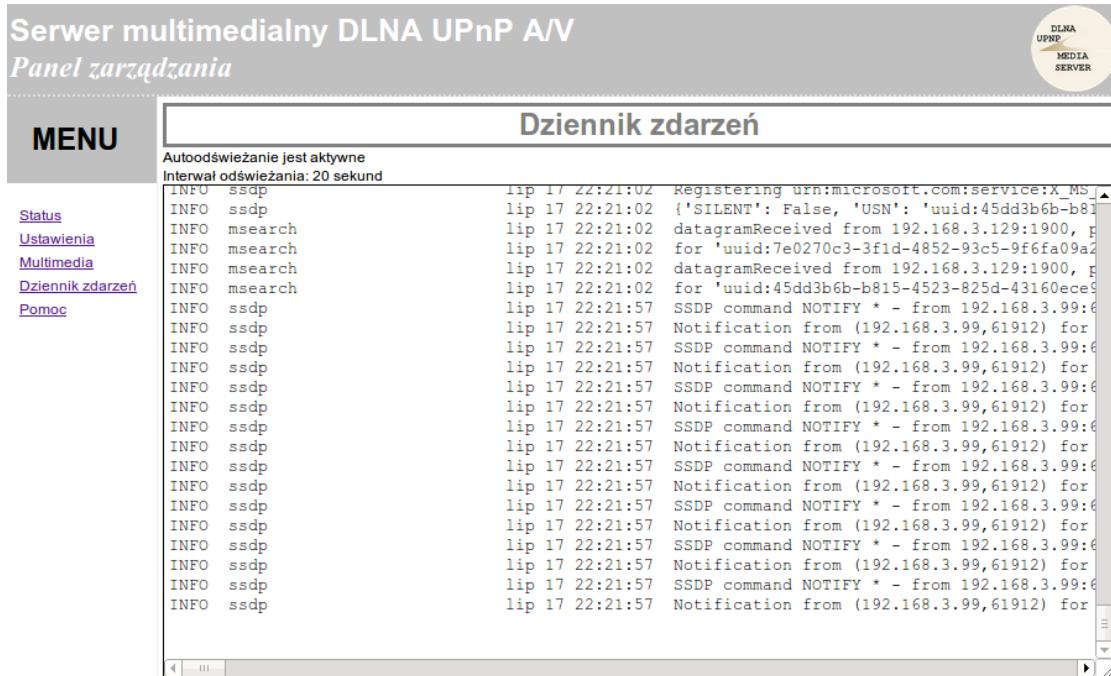
Autoodświeżanie jest aktywne
Interwał odświeżania: 20 sekund

Dodaj wiersz multimedialny	
/home/Wideo/test/	<input type="button" value="Usuń"/>
/home/Wideo/test2/	<input type="button" value="Usuń"/>

Trzecia opcja umożliwia użytkownikowi przeglądanie dziennika zdarzeń serwera multimedialnego UPnP A/V, który umożliwia sprawdzenie wszystkich akcji wykonanych przez serwer

multimedialny. Przykładowy widok dziennika zdarzeń widoczny jest na rysunku 3.4.

Rys. 3.4: Dziennik zdarzeń serwera UPnP A/V



Ostatni z dostępnych ekranów, „Pomoc” (ang. *Help*) zawiera opis wszystkich opcji dostępnych w serwerze WWW, przybliżony sposób wyszukiwania serwera w odtwarzaczu UPnP A/V lub DLNA oraz uproszczoną specyfikację serwera UPnP A/V. Istnieją w niej informacje o rozszerzeniach wyszukiwanych plików multimedialnych, sposobie dołączania załączników do plików (np. napisy), opis tworzenia miniaturow oraz wymagane oprogramowania do działania opisywanej aplikacji. Plik pomocy dostępny jest również w postaci pliku PDF. Odnośnik do niego znajduje się w głównej sekcji strony „Pomoc”.

3.5 Budowa wewnętrzna modułu serwera UPnP A/V

Serwer multimedialny UPnP A/V / DLNA został wykonany w języku Python. Do jego realizacji wykorzystany został framework *Coherence DLNA/UPNP Framework for Digital Living*, którego opis znajduje się w rozdziale 3.2.1. Zestaw oprogramowania został podzielony na dwie niezależne aplikacje, serwer multimedialny UPnP A/V oraz serwer zarządzający. Każdy z nich składa się z wielu podmodułów.

Serwer multimedialny UPnP A/V udostępnia swoje funkcje poprzez protokół UPnP w wersji tylko do odczytu, co oznacza to, że nie można modyfikować opcji serwera przy pomocy poleceń protokołu UPnP. Zarządzanie serwerem jest możliwe, poprzez wykorzystanie poleceń RPC wysyłanych do serwera RPC, będącego modelem wewnętrznym (podmodelem) serwera UPnP A/V. Polecenia do integralnego serwera RPC wysyłane są z drugiej aplikacji, serwera zarządzającego. Poprzez zarządzanie rozumiane są takie funkcje jak:

- uruchomienie / zatrzymanie serwera UPnP A/V,
 - uruchomienie / zatrzymanie / uruchomienie ponowne serwera RPC,
 - zatrzymanie / uruchomienie ponowne serwera zarządzającego,
 - zmiana interfejsu sieciowego serwera UPnP A/V, bądź RPC,

- zmiana portu zarządzającego serwerem RPC,
- dodawanie, modyfikacja, usuwanie ścieżek, z których są udostępniane multimedia,
- tworzenie, modyfikacja, usuwanie wirtualnych bibliotek UPnP A/V,
- wymuszanie ponownego przeskanowania folderów w celu znalezienia plików multimedialnych,
- zmiana loga serwera UPnP A/V, widocznego w odtwarzaczu UPnP A/V bądź DLNA.

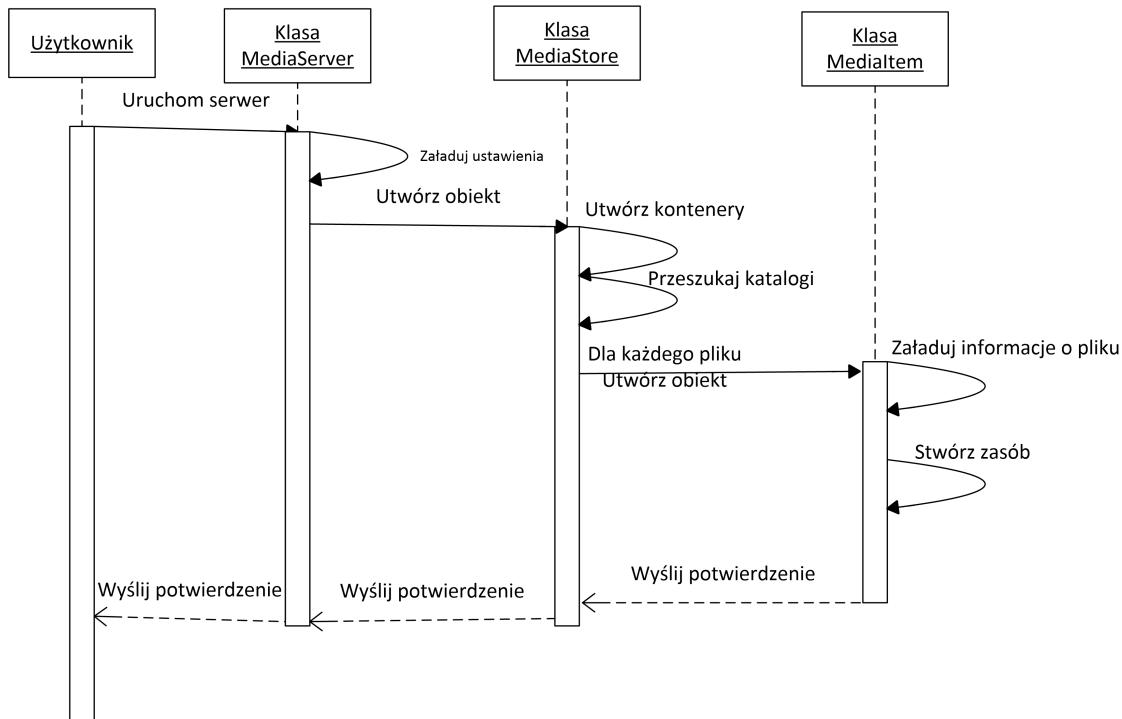
Dokładny opis funkcjonalny oraz opis interfejsu użytkownika, serwera zarządzającego zostały przedstawione w podrozdziale 3.4.3.

W całej aplikacji wykorzystywane są bazy danych *SQLite* w wersji 3 (zawierającymi np. ścieżki do przeszukiwania). Jest to wybór stosunkowo oczywisty w kontekście umożliwienia działania na urządzeniach o niskiej wydajności. Baza danych *SQLite* została stworzona z myślą o przechowywaniu małej ilości rekordów. Obsługuje się ją poprzez zewnętrzną bibliotekę. W wypadku opisywanej aplikacji wykorzystany został framework *SQLAlchemy* (wersja 0.6) [33], który dzięki swojej rozbudowanej dokumentacji, mógł zostać stosunkowo szybko i w łatwy sposób wdrożony przez autora. Przy dużej ilości danych powoduje to nadmierne obciążenie aplikacji. Jednakże w przypadku wielu małych aplikacji, jak i serwera UPnP A/V, rozwiązanie to eliminuje konieczność instalowania dodatkowego oprogramowania bazodanowego (np. *MySQL*) działającego zazwyczaj w trybie klient - serwer (wprowadza to dodatkowy narzut komunikacyjny). [31]

Główna aplikacja, która udostępnia multimedia w sieci UPnP A/V i DLNA ma możliwość uruchomienia w tle (ang. *background*) lub w trybie pierwszoplanowym (ang. *foreground*), w którym wszystkie komunikaty są wyświetlane w oknie wiersza poleceń. Uruchamianie programu w tle odbywa się w trybie demona zgodnie z nazewnictwem systemu Linux lub usługi, zgodnie z nazewnictwem systemu Windows. W pierwszej kolejności aplikacja otwiera pliki baz danych, z których wczytywane są ustawienia oraz ścieżki wyszukiwania plików multimedialnych. W przypadku poprawnego wczytania wszystkich danych aplikacja tworzy główny obiekt *MediaStore*, który jest klasą nadziedną dla wszystkich udostępnianych obiektów *MediaItem*, a ich opis oraz sposób działania został przedstawiony w podrozdziale 3.5.2.

Na rysunku 3.5 widoczny jest ogólny diagram sekwencji modułu serwera UPnP A/V.

Rys. 3.5: Diagram sekwencji modułu serwera UPnP A/V



3.5.1 Klasa demona

Zadaniem klasy demona, *MediaDaemon* jest uruchamianie aplikacji w tle. Nie została ona zaprojektowana jako niezbędna klasa na potrzeby działania aplikacji, aby relatywnie proste było uruchomienie programu, zarówno w tle, jak i w trybie pierwszoplanowym.

Klasa demona przyjmuje następujące parametry linii komend (pierwszy parametr, jest parametrem domyślnym):

- *start*,
- *stop*,
- *restart*.

Opisywany obiekt jest zabezpieczony przed wielokrotnym uruchomieniem (co mogłoby oznaczać modyfikację tych samych danych i ich uszkodzenie), poprzez tworzenie pliku o nazwie *daemon.pid*, który przechowuje numer identyfikacyjny uruchomionego procesu demona. Wykorzystywany jest on również do ponownego uruchamiania oraz zatrzymywania aplikacji serwera UPnP A/V.

3.5.2 Klasa główna serwera UPnP A/V

Klasa główna, którą jest serwer multimedialny, *MediaServer*, jest klasą inicjalizującą działanie serwera multimedialnego w sieci UPnP.

W pierwszej kolejności wczytywana jest baza danych multimedialnych, następnie zaś tworzony jest obiekt *MediaStore*, który w swoim algorytmie działania ma zaprojektowane przeszukiwanie ścieżek katalogów, wczytywanie ustawień dostarczonych przez opisywaną w niniejszym rozdziale klasę oraz tworzenie obiektów *MediaItem*, które dla użytkownika są kontenerami multimedialnymi, bądź docelowymi plikami multimedialnymi.

3.5.2.1 Obiekt MediaStore

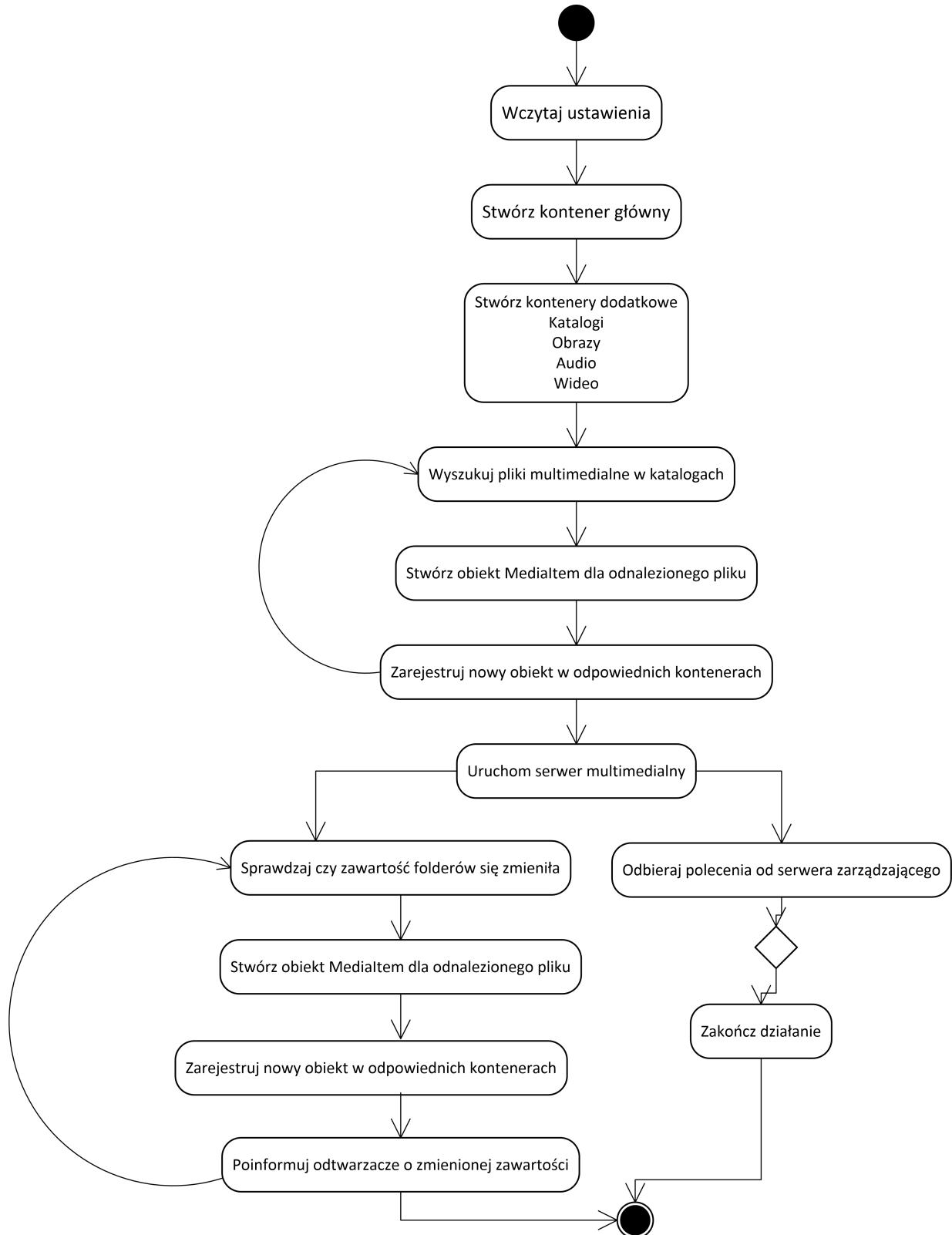
Klasa *MediaStore* jest pierwszą inicjalizowaną klasą, która jest dziedziczona po klasach środowiska *Coherence*. Od momentu uruchomienia tego obiektu serwer UPnP A/V jest widoczny w odtwarzaczach UPnP A/V oraz DLNA. W trakcie uruchamiania otrzymuje ona od klasy nadzędnej parametry działania, a wśród nich ścieżki do katalogów, w których mają być wyszukiwane multimedia. Na podstawie otrzymanych danych tworzone są następujące kontenery główne:

- kontener „Muzyka” (ang. *Music*),
- kontener „Wideo” (ang. *Video*),
- kontener „Zdjęcia” (ang. *Images*),
- kontener „Katalogi” (ang. *Directories*),
- kontener „Typy MIME” (ang. *MIMETypes*) - opcjonalny.

Po utworzeniu powyższych kontenerów, algorytm wczytuje w kolejności wszystkie pliki multimedialne i przydziela je do odpowiednich kategorii. W przypadku wczytywania folderu (wewnętrz którego jest plik możliwy do udostępnienia) tworzony jest kolejny kontener, który jest podkontenerem dla biblioteki „Katalogi”.

Wczytanie pliku multimedialnego lub tworzenie kontenera, precyzyjnie określając od strony implementacyjnej, jest stworzeniem obiektu *MediaItem*, gdzie jeden plik lub kontener, oznacza pojedynczy obiekt *MediaItem*. Opisywany obiekt został opisany w kolejnym podrozdziale.

Diagram stanów opisywanego obiektu znajduje się na rysunku 3.6.

Rys. 3.6: Diagram stanów obiektu *MediaStore*

3.5.2.2 Obiekt MediaItem

Klasa *MediaItem* przechowuje informacje o pojedynczym obiekcie schematu UPnP. Wyróżniamy tu takie typy jak:

- *container* - kontener,
- *VideoItem* - obiekt wideo,
- *MusicItem* - obiekt audio,
- *ImageItem* - obiekt graficzny.

Pierwszy z nich, kontener, odzwierciedla w systemie plików katalogi. Pozostałe odzwierciedlają odpowiednie, dla swojego typu, pliki.

Opisywany obiekt zawiera niezbędne informacje do jego wyszukania oraz do odtworzenia przez odtwarzacze UPnP A/V i DLNA. Posiada takie informacje, jak:

- numer identyfikacyjny obiektu,
- nazwa (przyjazna dla użytkownika - nazwa pliku bez rozszerzenia),
- typ MIME,
- ścieżka do pliku,
- adres URL do pliku (przy jego pomocy odtwarzacz odtwarza materiał),
- nazwę hosta,
- kontenery nadrzędne, „rodziców” (o ile istnieją),
- kontenery podrzędne, „dzieci” (o ile istnieją),
- miniatura (jeżeli obiekt nie jest kontenerem).

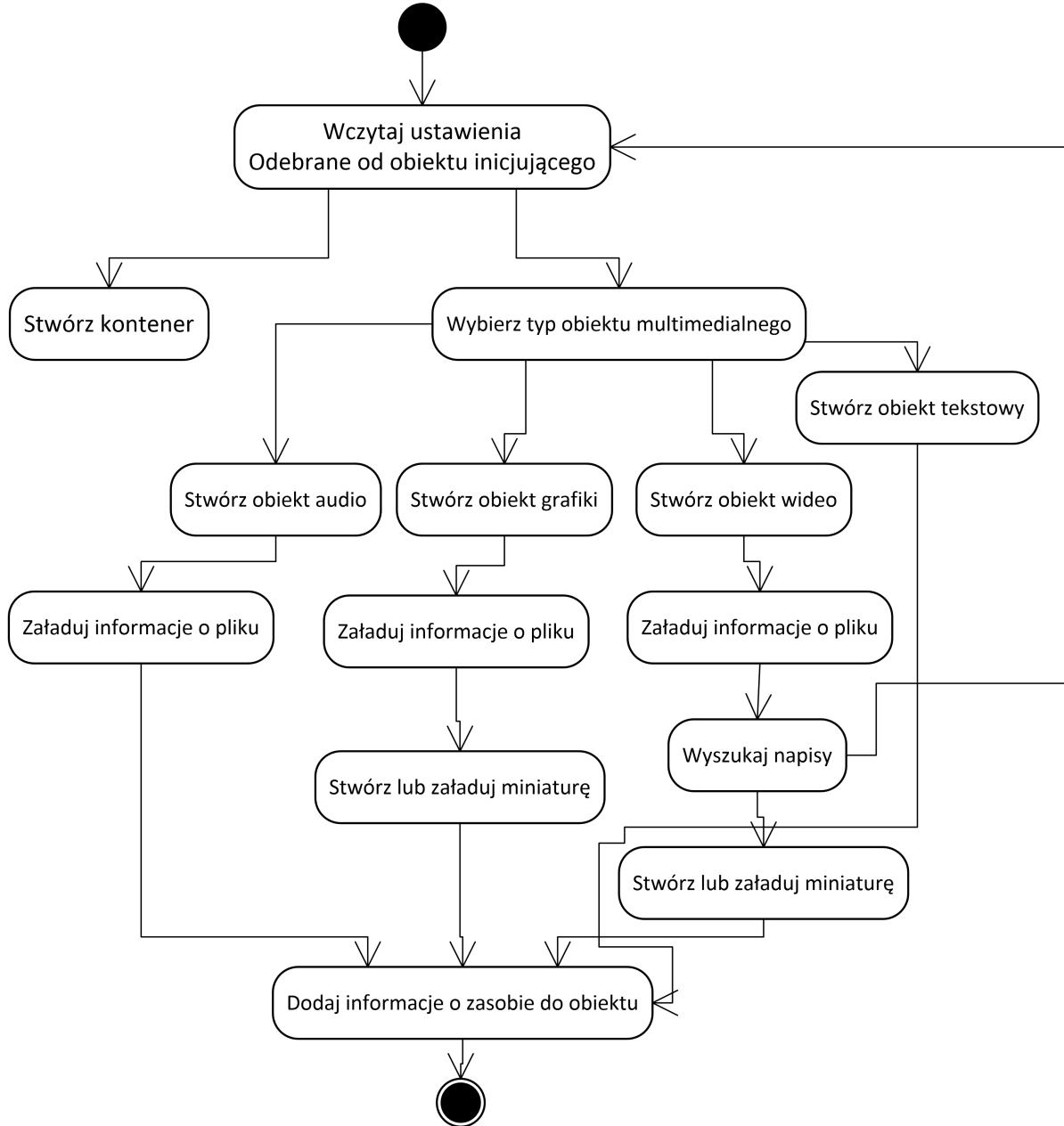
Obiekt *MediaItem* tworzy dla odtwarzacza i przechowuje metadane dotyczące plików. Są one pobierane przy wykorzystaniu różnych narzędzi. Najprostszym przypadkiem jest typ graficzny, dla którego wykorzystywana jest wbudowana klasa języka Python - *Image*, dzięki której uzyskiwane są informacje o rozmiarze pliku i jego rozdzielczości.

Długość oraz przepływność (ang. *bitrate*) dla plików audio jest pobierana przy pomocy zewnętrznej klasy *mutagen.mp3* lub *wave*. Natomiast dla materiałów wideo aplikacja wykorzystuje dwa sposoby na uzyskanie pomocnych dla siebie informacji. Metadane wbudowane w określony kontener multimedialny, bądź też zewnętrzne narzędzie *ffprobe*, który w prosty sposób dostarcza informacji o czasie trwania materiału, przepływności, rozdzielczości oraz ilości kanałów audio w ścieżce dźwiękowej.

Ostatnim zadaniem klasy *MediaItem* jest tworzenie miniaturow, które mogą być tworzone przy pomocy dwóch narzędzi: *ffmpegthumbnailer* dla plików wideo lub przy pomocy klasy *Image* języka Python dla plików graficznych (klasa ta posiada specjalną metodę do tworzenia miniaturow). W przypadku filmu wybierana jest klatka, która stanowi 33% długości materiału. Pliki miniaturow są przechowywane w katalogu domowym użytkownika (zarówno w systemach rodziny Windows, jak i Linux), w ukrytych podkatalogach „*thumbnails/dlna*”.

Gdy miniatuра nie istnieje w systemie operacyjnym, aplikacja tworzy takową dla filmów oraz obrazów na własne potrzeby. By wczytać grafikę oprogramowanie musi ją zlokalizować, mieć prawa do odczytu oraz plik musi spełniać wymagania co do rozmiaru i typu (rozmiar 120 x 120 pikseli, typ JPEG lub PNG), wówczas do odtwarzacza przekazywana jest wersja miniaturow utworzona przez system operacyjny (uprzednio jest kopiwana do katalogu miniaturow programu).

Diagram stanów obiektu *MediaItem* znajduje się na rysunku poniżej, nr 3.7.

Rys. 3.7: Diagram stanów obiektu *MediaItem*

3.5.3 Modyfikacja ramy projektowej UPnP Coherence

Coherence DLNA/UPNP Framework for Digital Living dostarcza programistom zestaw narzędzi, które kompleksowo zapewniają tworzenie komunikatów UPnP A/V, zgodnych również ze specyfikacją DLNA. Framework może działać zarówno jako klient, jak i serwer. W aplikacji wykorzystywana jest tylko część serwerowa zewnętrznego oprogramowania. Teoretycznie programista powinien ograniczyć się do stworzenia biblioteki multimedialów, wczytaniu jej do odpowiedniego obiektu serwera, a na końcu uruchomieniu go z odpowiednimi parametrami wejściowymi. Niestety w trakcie testów i implementacji serwera UPnP A/V autor napotkał na szereg problemów we współpracy serwera z różnymi urządzeniami. Problemy rozpoczęły się na etapie komunikacji z urządzeniami firm Samsung, LG. O ile z odtwarzaczami drugiej firmy serwer współpracował na akceptowalnym poziomie, o tyle z firmą Samsung nie współpracował w ogóle.

Z tego powodu autor pracy zdecydował się zmodyfikować niektóre klasy framework'a, tak aby aplikacja działała z każdym wykorzystywanym do testowania urządzeniem. Zezwala na to liberalna licencja, na której udostępniany jest program *Coherence*, MIT [29].

Niektóre urządzenia (aplikacje) zostały zaprogramowane w sposób absurdalny, zarówno dla programisty, jak i użytkownika końcowego, m.in. tak, aby współpracować tylko z urządzeniami tej samej firmy. Jednym z nich są odtwarzacze firmy *Microsoft* (*Microsoft Xbox 360*, *Windows Media Player*), które materiały wideo wysokiej jakości odtwarzają, tylko gdy serwerem również jest urządzenie firmy *Microsoft*. Z tego powodu oprogramowanie musi „przedstawiać się” jako serwer multimedialny *Windows Media Connect*.

Ciekawym wątkiem jest sposób obsługi formatu plików *Matroska* w odtwarzaczach DLNA firmy Samsung. Odtwarzacz, który wbudowano w urządzenie (odtwarza materiały poprzez złącze USB) oraz potrafi odtworzyć opisywany kontener multimedialny. Urządzenie posiada sprzętowy dekoder H.264, a odtwarzacz DLNA mimo wszystko nie zgadza się na odtworzenie materiału. Autor podejrzewa, że powodem może być brak licencji na odtwarzanie tego typu plików lub zbyt dokładne podążanie za specyfikacją DLNA, która tego formatu nie wspiera (lecz z drugiej strony filmy AVI są odtwarzane). W celu rozwiązania problemu autor zaprogramował serwer tak, aby dla niektórych urządzeń pliki *MKV* były przedstawiane poprzez inny typ MIME, taki jak dla plików avi - *video/x-msvideo*. W przypadku gdyby, jakiś odtwarzacz nie współpracował z typem MIME *video/x-msvideo* (co w trakcie testów się nie zdarzyło), zmiana typu MIME jest możliwa do dokonania przez użytkownika, poprzez edycję tekstu konfiguracyjnego w głównym katalogu aplikacji.

Poza opisanymi w poprzednich akapitach zmianami (i zmianami opisanymi w podrozdziale 3.5.3.1) autor zmodyfikował metodę przeglądania (*upnp_Browse*) oraz metodę wyszukiwania (*upnp_Search*), zgodnie z wymaganiami większości odtwarzaczy DLNA.

3.5.3.1 Język DIDL-Lite

DIDL-Lite (ang. *Digital Item Declaration Language Lite*) jest językiem, który dostarcza schemat opisu urządzeń UPnP A/V oraz DLNA. Jest to język oparty na schemacie dokumentu XML. W przypadku, gdy druga strona komunikacji nie potrafi zinterpretować części dokumentu powinna go ignorować, jednakże zazwyczaj odtwarzacze w urządzeniach RTV, nie wyświetlają serwera na liście urządzeń, aby uniknąć ewentualnych błędów.

Bardzo ważnym elementem dokumentu w języku DIDL-Lite jest jego nagłówek. Określa on, z jakimi schematami jest zgodny dany plik XML. Przykładowy nagłówek DIDL-Lite został przedstawiony na rysunku 3.8.

Rys. 3.8: Przykładowy nagłówek dokumentu w języku DIDL-Lite

```
<xsd:schema
  targetNamespace="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/"
  xmlns:upnp="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/upnp/"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:didl-lite="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  elementFormDefault="qualified"
  xmlns:av="urn:schemas-upnp-org:av:av"
  attributeFormDefault="unqualified"
  version="2-20060531">
```

W wypadku urządzeń firmy Samsung, wymagany dodatkowym nagłówkiem, dzięki któremu urządzenie zostanie wyświetlone na liście serwerów odnalezionych jest:

- `xmlns:sec="http://www.sec.co.kr/"`

Informacja ta została uzyskana na podstawie podsłuchiwanego pakietów TCP (wykorzystując narzędzie `tcpdump` lub `Wireshark`) wymienianych między serwerem DLNA firmy Samsung (aplikacja *AllShare*), a odtwarzaczem DLNA tej samej firmy (również aplikacja *AllShare*).

Ponadto autor na potrzeby obsługi urządzeń DLNA wdrożył tagi zdefiniowane przez konsorcjum w specyfikacji. Część parametrów była już zaimplementowana w pierwotnej wersji framework'a, jednakże dla wyjaśnienia ich znaczenia, na poniższej liście zostały przedstawione wszystkie dostępne tagi w dołączonym do pracy oprogramowaniu:

- DLNA.ORG_PN - format multimedialny zgodny z DLNA (niestety niezgodne z typami MIME, tak jak w UPnP A/V),
- DLNA.ORG_OP - wartość '0' lub '1' - definiuje czy serwer obsługuje zaawansowane operacje przesyłania (np. przewijanie),
- DLNA.ORG_PS - wartość dziesiętna - możliwe tempo odtwarzania materiału,
- DLNA.ORG_CI - wartość '0' lub '1' - definiuje czy materiał jest transkodowany,
- DLNA.ORG_FLAGS - dodatkowy ciąg 33 bitowych znaków określające dodatkowe parametry serwera oraz opisywanego pliku.

Przykładowymi formaty multimedialne w konwencji DLNA są:

- MP3 (typ MIME - `audio/mpeg`),
- WMABASE (typ MIME - `audio/ms-wma`),
- JPEG_LRG / JPEG_MED (typ MIME - `image/jpeg`),
- PNG_LRG / PNG_MED (typ MIME - `image/png`),
- MPEG_TS_PAL / MPEG_TS_NTSC (video/mpeg).

Plik *DIDL-Lite* musi być dla wielu urządzeń specjalnie sformatowany z dokładnie sprecyzowaną ilością parametrów. Parametry nadmiarowe często powodują, że urządzenie uznaje serwer UPnP A/V lub DLNA za niewłaściwy i uniemożliwia przeglądanie jego zawartości. W pierwotnej wersji oprogramowania *Coherence*, programiści przygotowali specjalnie parsowane dokumenty dla konsoli do gier, takich jak *Microsoft Xbox 360* oraz *Sony Playstation 3*. Autor dodał wsparcie dla urządzeń firm *Samsung* (telewizory oraz urządzenia mobilne), *Phillips* (telewizory), *LG* (telewizory oraz odtwarzacze Blu-Ray) oraz dla oprogramowania UPnP A/V i DLNA dla komputerów stacjonarnych działających pod kontrolą systemów operacyjnych Windows oraz Linux (środowisko graficzne *Gnome*).

3.5.4 Klasa serwera RPC

Zewnętrzne oprogramowanie dołączone do aplikacji, *Coherence DLNA/UPNP Framework for Digital Living*, nie ma dostępnych funkcji modyfikacji parametrów serwera poprzez interpretację komunikatów UPnP. Wprowadzony został oddzielnny serwer poleceń RPC, umożliwiający zmianę opcji poprzez modyfikację rekordów w bazie danych. Było to prostsze do stworzenia rozwiązania, gdyż nie wymagało kolejnych modyfikacji biblioteki *Coherence*.

W tym wypadku została napisana klasa, która modyfikuje zmienne definiujące opcje serwera oraz modyfikuje dane wewnętrzne baz danych *SQLite*. Serwer RPC umożliwia nie tylko zmianę parametrów, ale również pobieranie ich wartości, na potrzeby opisywanego już wcześniej drugiego modułu oprogramowania, serwisu WWW. Informowanie zainteresowanych obiektów o modyfikacji parametrów odbywa się poprzez klasę obserwatora zaimplementowaną zgodnie z wzorcem projektowym o tej samej n.

Parametry możliwe do zmiany zostały przedstawione we wcześniejszym podrozdziale 3.4.3.

3.6 Budowa wewnętrzna modułu zarządzającego

Moduł zarządzający jest aplikacją internetową, w postaci strony WWW. Zapewnia on graficzny interfejs użytkownika, który umożliwia sprawdzenie statusu serwera UPnP A/V oraz zmianę istotnych dla użytkownika parametrów.

Aplikacja została napisana we framework'u *Django*, w języku programowania *Python*. Większość zapytań obsługiwana jest poprzez technologię *AJAX* (ang. *Asynchronous JavaScript and XML*), dzięki czemu strona WWW nie musi być odświeżana przez użytkownika w celu sprawdzenia stanu pozostałych modułów oprogramowania.

Program napisany we framework'u *Django* jest zgodny z wzorcem projektowym *MVC* (Model - Widok - Kontroler, ang. *Model - View - Controller*). Z tego powodu każda z części wzorca została opisana w kolejnych podrozdziałach. Widok oraz kontroler w nomenklaturze *Django* nazywane są w sposób odwrotny w stosunku do ogólnie przyjętego schematu, to jest w pliku widoku (ang. *view*) zdefiniowana jest obsługa (kontrola) strony, zaś folder szablonów (ang. *templates*) jest widokiem wzorca *MVC*.

3.6.1 Model

Model definiuje strukturę tabel bazy danych aplikacji. Program posiada własną bazę danych (niezależną od bazy danych drugiego modułu). Baza danych, jak wszystkie tego typu struktury w zestawie aplikacji, jest bazą *SQLite*. Istnieją w niej cztery tabele, takie jak (podlista dla każdego elementu to pola tabeli):

1. Zawartość (ang. *Content*),
 - ID - numer identyfikacyjny,
 - Ścieżka (ang. *path*) - ścieżka przeszukiwania plików do dodania do biblioteki multimedialnych,
2. Parametry (ang. *DBContainer*),
 - ID - numer identyfikacyjny,
 - adres IP,
 - port,
 - nazwa,
 - UUID - identyfikator serwer UPnP A/V,
 - utworzony - wartość boolowska definiująca, czy UUID jest utworzony,
 - id sesji - identyfikator sesji WWW,
 - kontener MIME - wartość boolowska określająca czy serwer UPnP A/V tworzy bibliotekę multimedialną kontenerów MIME,
 - transkodowanie - wyłączenie lub wyłączenie transkodowania materiałów,
 - obserwacja zmiany folderów - definiuje czy każda zmiana zawartości folderu, ma być automatycznie aktualizowana,
3. Adres serwera RPC (ang. *DBAddress*),
 - ID - numer identyfikacyjny,
 - adres IP,
 - port,
4. Status usługi (ang. *ServiceStatus*),
 - ID - numer identyfikacyjny,

- nazwa,
- stan - definiuje czy serwer podczas ostatniego sprawdzania był uruchomiony czy nie.

W powyższym schemacie, zwraca uwagę fakt zdublowania informacji o adresie IP oraz porcie. W tabeli „Parametry” adres IP oraz port są to informacje uzyskane na temat serwera UPnP A/V, natomiast druga tabela zawiera dane o adresie IP oraz porcie serwera RPC, umożliwiające uzyskanie danych do tabeli „Parametry” oraz synchronizację ustawień między tabelą modułu zarządzającego „Parametry”, a jej odpowiednikiem w drugim module.

3.6.2 Widok

Rolę widoku w *Django* pełni katalog szablonów *templates*. Udostępniane są w nim szablony stron internetowych napisanych w języku *HTML*, *Javascript* (wraz z biblioteką *jQuery*) oraz wbudowane, w framework, tagi, które umożliwiają wczytanie danych w trakcie inicjalizacji (pobierania) strony. Dane do wspomnianych tagów udostępniane są przez kontroler aplikacji.

W opisywanej aplikacji oprócz skryptów *Javascript* oraz stron internetowych, dołączone są pliki kaskadowych arkuszów stylów *CSS* oraz elementy graficzne interfejsu użytkownika.

3.6.3 Kontroler

Częścią aplikacji, która zwraca użytkownikowi stronę internetową oraz uzyskuje do niej niezbędne dane (takie jak parametry serwera UPnP A/V), jest kontroler. W nazewnictwie przyjętym w *Django*, plik nazywa się widokiem (ang. *views*).

Pierwsze zapytanie o stronę główną jest jedynym zapytaniem niewykonywanym techniką asynchroniczną AJAX. Wczytywany jest tu plik szablonu statusu oraz dodawane są do niego dane pobrane z tabeli „Parametry”. Dalsze informacje o zmianie statusu pobierane są poprzez cykliczne zapytania do serwera, wykonywane w tle. Wszystkie dane przesyłane w komunikatach AJAX są przesyłane w formacie *JSON* [38]. Pliki *JSON* tworzone są na dwa sposoby. Pierwszym sposobem jest parsowanie słownika za pomocą biblioteki *simplejson* (wersja 2.5.2), która tworzy ciąg znaków w pożądanym formacie. Drugim sposobem jest tworzenie pliku za pomocą „ręcznego” wpisywania do ciągu znaków odpowiednio spreparowanych komunikatów. Drugi sposób w przypadkach, gdy aplikacja przesyła krótkie komunikaty, takie jak widoczne na rysunku 3.9, jest najprostszy do zaprogramowania i nie stwarza dużego narzutu komunikacyjnego.

Rys. 3.9: Status serwera UPnP w postaci *JSON*

```
{ „Status” : „Running” }
```

W kontrolerze następuje uruchomienie demona serwer multimediiów. Usługa jest uruchamiana w tle poprzez zainicjowanie potoku zaimplementowanego w klasie *subprocess* języka Python.

Rozdział 4

Testy

Oprogramowanie odtwarzaczy UPnP A/V oraz DLNA są bardzo zróżnicowane względem ilości udostępnianych funkcji. Powstają dość duże rozbieżności w sposobie obsługi serwerów multimedialnych, w cechach wspólnych odtwarzaczy, czyli w sposobie wyszukiwania, przeglądania oraz odtwarzania multimediiów. Z tego powodu serwer musi obsługiwać wiele urządzeń, w różnoraki sposób. Niesie to za sobą konieczność preparowania odpowiedzi przygotowanej dla danego typu oprogramowania. W tym przypadku przez typ rozumiany jest producent, twórca aplikacji. Z wcześniej przedstawionych powodów oprogramowanie serwera multimedialnego UPnP A/V musiało przejść szereg testów współpracy z różnymi urządzeniami. Autor planował stworzyć jednolity sposób testowania aplikacji, lecz w większości przypadków nie było to możliwe. Każdy z odtwarzaczy wymaga stworzenia własnej procedury wykonania poleceń protokołów UPnP A/V i DLNA (odtwarzanie, przewijanie, pokaz slajdów itp.).

4.1 Sposób testowania aplikacji

Aplikacja została poddana testom użytkowym oraz systemowym (nie zostały zaprogramowane i wykonane testy jednostkowe wytworzonych oprogramowań). Autor stworzył procedury sprawdzania poprawności działania aplikacji dla obu modułów aplikacji, serwera multimedialnego UPnP A/V oraz serwera zarządzającego. W przypadku pierwszego modułu, testom poddane zostały schematy działania dla większości stosowanych (w praktyce) poleceń specyfikacji UPnP A/V oraz DLNA. Z powodu zróżnicowania aplikacji na różnych urządzeniach (oraz programach) odtwarzających multimedia, sprawdzanie zgodności modułu ze zleconymi zadaniami zostało wykonane poprzez praktyczne wykonanie odtwarzania treści multimedialnych.

W przypadku drugiego modułu, konieczne do wykonania testy, były prostsze oraz mniej skomplikowane. Konieczne było przetestowanie współpracy modułu z kilkoma (najpopularniejszymi) przeglądarkami internetowymi oraz reakcja na wydawanie poleceń, takich jak dodanie katalogu z multimediami czy zmiana ustawień.

Ponadto autor wykonał kilka testów „wspólnych” dla obu modułów. Gdy w jakimkolwiek stopniu zachodzi interakcja między modułami wykonane zostało sprawdzenie czy reakcja (np. przeszukanie katalogów) jest poprawna. Aplikacja została sprawdzona pod kątem sytuacji awaryjnych, gdy jeden z modułów nie odpowiada. Sprawdzenie odporności na awarię jest konieczne, gdyż oprogramowanie w sytuacjach awaryjnych musi powiadomić użytkownika o zaistniałym błędzie lub samodzielnie spróbować rozwiązać problem. Druga sytuacja ma miejsce, tylko w jednym przypadku, to znaczy moduł zarządzania może ponownie uruchamiać (lub wysłać polecenie ponownego odczytu ustawień) moduł serwera multimedialnego (jeżeli ten nie obsługuje innych odtwarzaczy multimedialnych).

W sytuacji wykrycia błędnej współpracy na linii serwer i odtwarzacz multimedialny, po

wprowadzeniu niezbędnych poprawek, testy dla wszystkich urządzeń były wykonywane ponownie. Zmiana sposobu działania serwera (np. modyfikacja jednego z nagłówków odpowiedzi) umożliwiała współpracę z jednym odtwarzaczem, natomiast mogła utrudniać działania innych.

Specyfikacja DLNA określa dwa typy odtwarzaczy DLNA:

- odtwarzacze (stacjonarne),
- odtwarzacze mobilne.

Autor, na potrzeby sprawdzenia odtwarzania materiałów z serwera multimedialnego, stworzył następujący podział opisywanego oprogramowania do testowania:

- oprogramowanie dla komputerów klasy PC,
- oprogramowanie w szeroko pojętym sprzęcie elektronicznym (telewizory, odtwarzacze Blu-ray itd.),
- oprogramowanie mobilne.

Powyższy podział powstał w wyniku różnic w implementacji technologii DLNA w wymienionych klasach urządzeń. Aplikacja, która współpracowała ze sprzętem telewizyjnym, we wczesnych fazach, nie działała poprawnie na pozostałych klasach. Sprzętem, na którym autor sprawdzał poprawność aplikacji, w początkowym etapie prac, były:

- telewizor marki Samsung UE46D6750WS,
- telewizor marki Phillips 32PFL8404H,
- odtwarzacz Blu-ray marki LG BD-390,
- smartfon Samsung Galaxy S2 I9100 (system operacyjny Android 4, oprogramowanie AllShare),
- smartfon Samsung Galaxy S I9000 (system operacyjny Android 2.3, oprogramowanie AllShare),
- smartfon Sony Ericsson Xperia X10 (system operacyjny Android 2.3, oprogramowanie inne).

Najnowsze telewizory marki Samsung z oprogramowaniem *SMART HUB* posiadają oprogramowanie AllShare. Oprogramowanie o tej samej nazwie jest również dostępne dla komputerów PC z systemem operacyjnym Microsoft Windows oraz dla smartfonów z systemem operacyjnym Android (tylko sprzęt firmy Samsung). Oprogramowanie, mimo tej samej nazwy, działa na każdym z urządzeń w inny sposób. Dokładne porównanie funkcji programów firmy Samsung znajduje się w rozdziale 5.

Poza opisanyimi powyżej urządzeniami przetestowane zostały pojedyncze modele (dzięki udostępnieniu sprzętu przez jeden ze znanych marketów elektronicznych) telewizorów firm, takich jak Sony Bravia, Phillips oraz LG Smart TV. W kolejnych podrozdziałach zostały przedstawione jedynie wyniki testów, które zostały dokładnie udokumentowane. Były urządzenia, do których autor miał pełen dostęp. Były to telewizor Samsung, odtwarzacz Blu-ray LG oraz telefon Samsung Galaxy S2.

W celu dokładnego przetestowania aplikacji wykonano niezbędne zadania, takie jak:

- przeglądanie zawartości folderów,
- odtwarzanie różnych kontenerów multimedialnych - filmowych oraz muzycznych,
- odtwarzanie napisów,
- przewijanie filmów.

Serwer w trakcie testów miał już wcześniej zdefiniowane źródła odtwarzanych materiałów. Udostępniał następujące pliki:

- pliki filmowe - avi, mkv, mp4,
- pliki audio - wav, mp3,
- pliki graficzne - jpg, png, miniatury filmów oraz zdjęć.

4.1.1 Test wyszukiwania urządzenia

Pierwszym elementem, który umożliwia współpracę urządzeń audio-video w protokołach UPnP A/V oraz DLNA jest ich wyszukiwanie. W trakcie tego testu sprawdzane jest czy każdy odtwarzacz wykrył serwer multimedialny oraz wyświetlił jego prawidłową nazwę i miniaturę urządzenia.

4.1.2 Test przeglądania zawartości

Przed otwarciem materiału multimedialnego konieczne jest jego odnalezienie. Odbiera się to poprzez przeglądanie zawartości udostępnianych treści przez serwer multimedialny.

Sprawdzenie poprawności opisywanej operacji odbywało się na urządzeniach w kilku symulowanych sytuacjach. Pierwsza z nich, to uruchomienie serwera oraz przeglądanie zawartości na urządzeniu odtwarzającym. W tym momencie sprawdzane jest czy odtwarzacz wyświetla obecność wszystkich plików, które są współdzielone przez stworzone oprogramowanie. Test obejmuje również kontrolę poprawnego wyświetlania miniaturow i prawidłowe wyświetlanie informacji o każdym pliku. Szczególnie ważne dla muzyki i treści video jest prawidłowe odczytanie długości materiału, gdyż istnienie tego parametru umożliwia w wielu urządzeniach przewijanie odtwarzanego pliku (w przypadku jego braku przewijanie jest zablokowane).

Przeglądanie zawartości umożliwia sprawdzenie czy serwer poprawnie przypisuje pliki do poszczególnych typów MIME oraz do typów odtwarzanych materiałów.

4.1.3 Test odtwarzania materiałów

W celu sprawdzenia materiałów autor przygotował kilkanaście plików muzycznych, graficznych oraz video. Każdy z innym rozszerzeniem, aby sprawdzenie odtwarzania było wykonane w jak najszerzym zakresie. Przytoczony test został wykonany na zasadzie porównywania serwera UPnP A/V, z innym oprogramowaniem pełniącym rolę serwera UPnP A/V (DLNA). Umożliwiło to określenie możliwości odtwarzaczy oraz w przypadku problemów z odtwarzaniem materiałów udostępnianych przez zaprojektowaną aplikację serwera multimedialnego, wykrycie różnic, które powodują, iż inny serwer udostępnia materiały poprawnie.

Autor przygotował następujące pliki graficzne (rozszerzenie jest równoznaczne z kodowaniem pliku):

- plik z rozszerzeniem JPEG,
- plik z rozszerzeniem JPG,
- plik z rozszerzeniem PNG,
- plik z rozszerzeniem GIF,
- plik z rozszerzeniem BMP.

Na potrzeby testów zostały przygotowane następujące pliki audio:

- plik z rozszerzeniem MP3,
- plik z rozszerzeniem WAV,
- plik z rozszerzeniem WMA,
- plik z rozszerzeniem AAC,
- plik z rozszerzeniem FLAC,

- plik z rozszerzeniem M4A.

Ostatnimi przygotowanymi plikami były pliki wideo, o następujących parametrach:

- plik MATROSKA, z rozszerzeniem MKV, rozmiar 4GB
 - jedna ścieżka audio AC3,
 - plik wideo H.264,
 - * rozdzielcość 1280x720,
 - * 24 klatki na sekundę,
 - napisy wewnętrz kontenera,
 - napisy zewnętrzne (test odbył się z napisami i bez),
- plik MATROSKA, z rozszerzeniem MKV, rozmiar 16GB,
 - dwie ścieżki audio: stereo oraz DTS (dźwięk 5.1),
 - plik wideo w formacie 3D SBS (ang. *3D Side by Side*, co oznacza film, który ma 2 obrazy obok siebie, konieczne do zinterpretowania przez odtwarzacz, celem odtworzenia go w wersji 3D), kodowanie H.264,
 - * rozdzielcość 1920x1080,
 - * 24 klatki na sekundę,
 - napisy zewnętrzne,
- plik AVI,
 - ścieżka audio mp3 stereo,
 - plik wideo XVID MPEG-4,
 - * rozdzielcość 576x432,
 - * 24 klatki na sekundę,
- plik WMV,
 - plik wideo Windows Media Video 9,
 - * rozdzielcość 1280x720,
 - * 24 klatki na sekundę,
 - ścieżka audio Windows Media Audio 9 5.1,
- plik MP4,
 - plik wideo H.264,
 - * rozdzielcość 1280x720,
 - * 25 klatek na sekundę,
 - ścieżka audio MPEG-4 AAC stereo.

4.1.4 Polecenia UPnP A/V i DLNA

Do poprawnego przetestowania oprogramowania stworzonego na potrzeby niniejszej pracy magisterskiej konieczne było zapoznanie się z poleceniami protokołami UPnP A/V i DLNA oraz sposobu w jaki oprogramowanie DLNA ów polecenia wykonuje.

Jedną z newralgicznych operacji jest przeglądanie zawartości serwera multimedialnego. Usługa *Content Directory* [7] umożliwia klientom przeglądanie zawartości oraz opisuje sposób w jaki mogą ją odczytać. Usługa musi odpowiadać na kilka poleceń wysyłanych przez klienta.

Są to takie właściwości jak: sposób przeszukiwania (polecenie *GetSearchCapabilities*), sposób sortowania (polecenie *GetSortCapabilities*), numer identyfikacyjny systemu (*GetSystemUpdateID*), przeglądanie (polecenie *Browse*). Istnieje kilka poleceń opcjonalnych (według specyfikacji UPnP A/V oraz DLNA). Jednym z takich poleceń jest polecenie przeszukiwania *Search*, które musi być udostępniane, gdyż niektóre z odtwarzaczy bez tego rodzaju usługi, nie wykrywają serwera w poprawny sposób.

4.2 Napotkane problemy

W trakcie pierwszych testów autor napotkał wiele problemów z poprawnym odtwarzaniem plików na urządzeniach posiadających certyfikat DLNA. Gdy jedno potrafiło zaprezentować materiał, drugie wyświetlało błędy (najczęściej nienaprowadzające na genezę problemu).

Głównym problemem był brak możliwości otwarcia plików MKV. Problem ten występował w urządzeniach firmy Samsung. W urządzeniu LG wyświetlany był komunikat o możliwych nieprawidłowościach w odtwarzaniu (pomimo ostrzeżenia materiały były poprawnie odtwarzane). Jak się okazało, po wielu godzinach poszukiwań sposobu odtworzenia pliku na pierwszym wymienionym urządzeniu, konieczne było przedstawienie typu MIME jako AVI, aby odtwarzacz poprawnie otwierał plik MKV (potrafił otworzyć nawet wbudowane napisy w kontener Matroska). Sytuacja opisana pozwala poprawnie odtwarzać materiały na telewizorach Samsung. W przypadku telefonów Samsung z aplikacją AllShare konieczne jest również „oszukanie” odtwarzacza poprzez podanie rozszerzenia pliku jako inne niż *.mkv (np. *.tmp). W drugim przypadku odtwarzacz nie potrafi otworzyć napisów znajdujących się w kontenerze multimedialnym.

Aplikacja AllShare firmy Samsung podobnie jak w przypadku plików MKV, postępuje z plikami muzycznymi. Pomimo możliwości ich odtworzenia wyświetla komunikat o nieobsługiwany formacie audio. W tym celu, niektóre z plików trzeba przedstawić jako typ mp3.

Kolejnym napotkanym tematem do rozwiązania był brak wyświetlania miniatur materiałów w niektórych urządzeniach (dotyczy odtwarzacz Blu-ray LG). W celu rozwiązania sprawy dodany został specjalny nagłówek, zawierający informację o dokumentacji LG.

Urządzenia Samsung również wymagają załączenia nagłówka z adresem URL do swojej dokumentacji. Nagłówek ten nazywa się *sec* i w przypadku serwera multimedialnego UPnP A/V napisanego przez autora, wykorzystywany jest do dołączania napisów w filmach (4.1). Innym sposobem dołączania napisów do filmu jest zawarcie, w pliku XML, elementu *res* (ang. *resource*) wraz z opisem typu napisów (4.2). W elemencie tym powinny znajdować się adresy URL z możliwymi do pobrania napisami. Istotnym elementem w przypadku urządzenia LG jest podanie typu MIME napisów jako *text/srt*, nawet w przypadku gdy napisy są innego typu. Do otwarcia napisów wszystkie urządzenia wymagają zawarcia w elemencie schematu XML rozmiaru pliku w bajtach.

Rys. 4.1: Przykład dołączonych napisów w postaci atrybutu *sec*

```
<sec:CaptionInfoEx sec:type="srt">
    http://192.168.1.2:33707/ed8420c7-4754-4009-83ba-eb925412b743/7.avi?attachment=50687472
</sec:CaptionInfoEx>
```

Rys. 4.2: Przykład dołączonych napisów w postaci atrybutu *resource*

```
<res protocolInfo="http-get:*:text/srt:*>
    http://192.168.1.2:33707/ed8420c7-4754-4009-83ba-eb925412b743/7.avi?attachment=50687472
</res>
```

W przypadku oprogramowania firmy *Microsoft*, znajdującego się w konsoli *Xbox 360* oraz programu *Windows Media Player* (od wersji 12 wzwyż), konieczne jest by serwer multimedialny symulował urządzenie *Windows Media Connect*.

Problemów w trakcie pisania oprogramowania wystąpiło dużo więcej, jednakże autor wybrał te, które pozwolą czytelnikowi zauważyc, jak pomimo standaryzacji sposobów udostępniania multimediiów w sieci, różni producenci tworzą własne schematy, całkiem odrębne od specyfikacji.

4.3 Wyniki testów

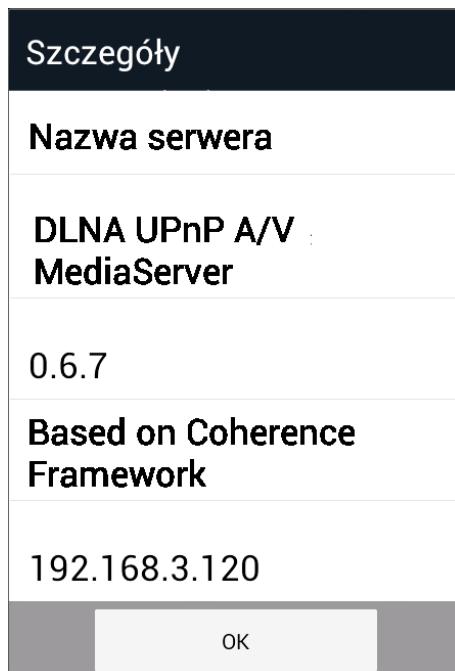
Niniejszy podrozdział zawiera opisane wyniki poszczególnych testów, których procedura wykonania została opisana w poprzednim punkcie 4.1.

4.3.1 Test wyszukiwania urządzenia

Po uruchomieniu testowanego oprogramowania, wysyła ono (poprzez rozmawianie) pakiety informujące o swoim istnieniu do działających już urządzeń (urządzeniami docelowymi są odtwarzacze). Najnowsze oprogramowanie Samsung AllShare, bez względu na rodzaj urządzenia, na którym jest uruchomiony (telewizor, urządzenie mobilne, komputer PC), momentalnie wyświetlało istnienie serwera. W przypadku innych odtwarzaczy konieczne było wykorzystanie polecenia, dzięki któremu wywoływanie jest odświeżenie listy serwerów. Wszystkie testowane urządzenia poprawnie wykryły serwer oraz prawidłowo wyświetlały jego nazwę (również z wykorzystaniem polskich znaków). Miniatura na urządzeniach innych niż mobilne, nie była wyświetlana w ogóle, gdyż nie posiadają one funkcji wyświetlania miniaturow. Aby miniatura serwera, „logo”, było poprawnie wyświetlane musi być w wymiarach 50 x 50 pikseli.

Wszystkie przetestowane odtwarzacze wyświetlały szczegóły urządzenia np. nadaną przez użytkownika nazwę serwera. Zrzut ekranu z aplikacji mobilnej Samsung AllShare widoczny jest na rysunku 4.3.

Rys. 4.3: Karta Szczegóły serwera DLNA w odtwarzaczu mobilnym DLNA - Samsung AllShare



4.3.2 Test przeglądania zawartości

W większości przetestowanych modeli odtwarzaczy DLNA przeglądanie zawartości odbywa się w sposób podobny do wyboru plików w eksploratorach plików. Aby znaleźć pożądany plik wybieramy odpowiedni katalog (który również pełni rolę kategorii materiału) np. Muzyka i wyszukujemy plik. Opisywana funkcjonalność została w zupełnie inny sposób zaimplementowana w najnowszych telewizorach firmy Samsung. W tym sprzęcie oprogramowanie wysyła żądanego do serwera o udostępnienie listy wszystkich filmów, zdjęć, muzyki, a następnie wyświetla wszystkie elementy w jednej liście zgodnie z kategoriami (Wideo, Muzyka, Obrazy), nie zważając na strukturę katalogów, którą udostępnia serwer.

Udostępniana zawartość od początkowych wersji aplikacji była poprawnie wyświetlaną na wszystkich sprawdzanych urządzeniach oraz oprogramowaniu dla komputerów klasy PC z systemami operacyjnymi Microsoft Windows oraz Ubuntu od wersji 10.10 do 11.10.

Po dodaniu zawartości, pakiet informujący o konieczności aktualizacji listy plików, został spreparowany poprawnie i wszystkie subskrybowane urządzenia go otrzymały. Jednakże niektóre programy klienckie UPnP A/V (np. Samsung AllShare) nie reagują żądaniem odświeżenia listy plików, przez co lista plików nie aktualizuje się w sposób zautomatyzowany, bez ingerencji użytkownika.

4.3.3 Test odtwarzania materiałów

Test odtwarzania treści multimedialnych pozwolił sprawdzić najważniejszą funkcję zaprojektowanej aplikacji. Poza główną funkcją, odtwarzaniem, sprawdzono takie parametry jak: możliwość przewijania materiału, podgląd miniatur, przegląd atrybutów udostępnianego pliku, umożliwienie rozszerzania widoku (głównie działanie funkcji pełnego ekranu), odtwarzanie napisów, wybór ścieżki dźwiękowej, zapamiętanie i wznowianie odtwarzania od ostatniej pozycji. Ponadto, dla wszystkich plików skontrolowano obciążenie procesora urządzenia (na którym działa serwer) w trakcie odtwarzania.

Kwestie techniczne oraz ograniczenia oprogramowania odtwarzaczy multimedialnych zostały przedstawione w rozdziale 5.

Serwer w pełni poprawnie udostępnia materiały, tylko odtwarzaczowi w telewizorze firmy Samsung. Wszystkie pliki udostępniane przez serwer, odtwarzacz telewizyjny AllShare potrafił odtworzyć. Sprzęt ten, powołując się na instrukcję obsługi, potrafi odtworzyć formaty wideo zamieszczone w tabeli 5.1 oraz formaty audio znajdujące się wymienione w tabeli 5.2. Ostatnia z tabel 5.3 przedstawia obsługiwane napisy przez opisywany sprzęt. Wszystkie tabele znajdują się w rozdziale 5.2.2.

W rzeczywistości możliwości odtwarzania przez sieć są dużo mniejsze, niż lista wymieniona w tabelach. Odtwarzacz poprawnie otworzył materiał AVI, natomiast pozostałe przygotowane formaty sprawiały problemy w odtwarzaniu. W przypadku telewizorów Samsung, wystarczy jednak informować odtwarzacz, że wysyłany materiał ma rozszerzenie avi i wówczas pełna zawartość tabeli jest spełniona. Odtwarzacz nie pozwolił otworzyć plików audio *.FLAC, *.M4A, bez podania nieprawdziwego typu MIME (podany został typ MIME pliku MP3 - *audio/mpeg*). W przypadku innych plików aplikacja nie załadowała napisów w formacie innym niż MicroDVD z rozszerzeniem *.txt.

Drugie z urządzeń, czyli odtwarzacz Blu-ray firmy LG, model BD-390, nie posiada ogólnodostępnej, dokładnej specyfikacji odtwarzanych materiałów, jak to ma miejsce w przypadku wcześniej opisanego urządzenia. Jednakże testy wykazały, że z dużo większą łatwością obsługuje wszystkie z przygotowanych plików muzycznych i wideo. W przypadku obrazów obsługuje tylko formaty wymagane przez specyfikację DLNA, czyli format JPEG oraz PNG. Serwer multimedialny nie udostępnia poprawnie jedynie plików tekstowych dla prezentowanego sprzętu. Jednakże nie został odnaleziony uniwersalny sposób udostępniania napisów, tak aby urządzenie LG zawsze je załadowało (w niektórych przypadkach urządzenie pobiera napisy, lecz ich nie wyświetla).

Ostatnie z urządzeń, urządzenie mobilne Samsung Galaxy S2 I9100, poprawnie otwiera wszystkie pliki graficzne. W przypadku dużych plików graficznych występuje problem skalowania obrazu. Autor poprawnie odtworzył poprawnie plik AVI oraz MKV o rozmiarze 4 GB. W przypadku pliku MKV o rozmiarze 16 GB, połączenie bezprzewodowe telefonu w technologii 802.11n było zbyt wolne, aby efektywnie buforować zawartość. Dodatki do plików, takie jak wiele ścieżek audio lub napisy nie są rozpoznawane przez aplikację mobilną AllShare. Podobnie jak w telewizorze marki Samsung, muzyczny typ MIME musi być podawany jako *audio/mpeg*, aby plik mógł być odtwarzany (można nazwać tą sytuację, pośrednią obsługą plików *.FLAC, *.M4A, *.WAV).

Nie wszystkie odtwarzacze posiadają każdą z opisywanych funkcji. W celu zobrazowania wyników testów powstała tabela 4.1 zestawiająca wszystkie funkcje dla każdego odtwarzacza. Nie zostały w niej uwzględnione obsługiwane kodeki audio, wideo oraz graficzne.

Tabela 4.1: Możliwości testowanych odtwarzaczy

Nazwa odtwarzacza	A	O	W	1	2	3	4	5	6	7
telewizor Samsung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Samsung I9000	+	+	+	-	+	+	p	-	-	-
Samsung I9100	+	+	+	+	+	+	p	-	-	-
AllShare PC	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
Phillips TV	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
LG BD-390	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Microsoft XBOX	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
WMP	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Rhytmbox	+	-	-	+	-	+	nd	nd	nd	-
Totem	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-
VLC	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-

'+' - funkcja istnieje,

'-' - brak funkcji,

p - problematyczne,

nd - nie dotyczy

Znaczenie kolumn:

A - pliki audio,

O - pliki graficzne,

W - pliki wideo,

1 - możliwość przewijania materiału,

2 - podgląd miniatur,

3 - przegląd atrybutów udostępnianego pliku,

4 - umożliwienie rozszerzania widoku (głównie działanie funkcji pełnego ekranu),

5 - odtwarzanie napisów,

6 - wybór ścieżki dźwiękowej,

7 - zapamiętanie i wznowianie odtwarzania od ostatniej pozycji.

Rozdział 5

Przegląd oprogramowania UPnP A/V i DLNA

Oprogramowanie UPnP A/V oraz DLNA umożliwia wygodne odtwarzanie materiałów multimedialnych, udostępnianych poprzez sieć lokalną. Serwery multimedialne można odnaleźć w sieci internetowej jako samodzielne oprogramowanie. Odtwarzacze UPnP A/V i DLNA są zazwyczaj wbudowane w większość standardowych odtwarzaczy dostarczanych wraz z systemem operacyjnym urządzenia.

W rozdziale zostały zestawione wybrane programy, zgodne ze standardami UPnP A/V lub DLNA. W kolejnych podrozdziałach wyróżnione zostały możliwości serwerów multimedialnych, a następnie odtwarzaczy multimedialnych. Drugi z podrozdziałów opisuje zarówno oprogramowanie dla komputerów typu PC, jak i odtwarzaczy sprawdzanych w sprzęcie elektronicznym, czyli w tym wypadku telewizorach i odtwarzaczem Blu-ray.

5.1 Przegląd oprogramowania serwerów UPnP A/V i DLNA

Aplikacje udostępniające multimedia w sieci internetowej można odnaleźć w bardzo krótkim czasie. Jednakże ich jakość jest zazwyczaj niedostateczna. Wiele serwerów nie potrafi udostępniać załadowanych materiałów dla urządzeń różnych firm, lecz obsługują jedynie jedno urządzenie. W przypadku, gdy sieć domowa posiada odtwarzacze tylko jednego producenta (czyli teoretycznie powinny być zgodne), wystarczy odnaleźć serwer, który udostępnii zawartość, a odtwarzacz będzie ją poprawnie prezentował. Posiadając urządzenia różnych firm, potencjalny użytkownik nie będzie używał kilku serwerów, lecz prawdopodobnie zrezygnuje z wykorzystywania funkcji dostarczanych przez UPnP A/V i DLNA. Udostępnianie materiałów i możliwość ich odtworzenia przez każdy odtwarzacz jest warunkiem prawdopodobnie niemożliwym do spełnienia. Wybrane serwery multimedialne zostały przetestowane według kilku kryteriów, takich jak: obsługa odtwarzaczy różnych producentów, obsługa różnych formatów plików, obsługa różnych systemów operacyjnych itd. W kolejnych podrozdziałach znajduje się krótki opis wybranych serwerów multimedialnych.

5.1.1 Oprogramowanie Samsung AllShare

W przypadku oprogramowania firmy Samsung do udostępniania multimedialów wykorzystywane są dwa urządzenia. Komputery typu PC z systemem operacyjnym Windows (XP/Vista/7) oraz smartfony tej firmy.

Aplikacja udostępnia wszystkie rodzaje multimedialów ujęte w specyfikacji DLNA, czyli obrazy, muzykę oraz filmy. Ma możliwość kodowania materiałów w locie, udostępniania napisów w

postaci SubRip (rozszerzenie srt). Napisy powinny mieć taką samą nazwę pliku (bez rozszerzenia) jak film.

Program, w wersji dla systemu Microsoft Windows, umożliwia dodanie następujących plików wideo do listy odtwarzania:

- *.3GP, *.ASF, *.AVI, *.DIVX, *.F4V, *.FLV, *.M1V, *.M2TS, *.M4V, *.MKV, *.MOV, *.MP4, *.MPEG, *.MPG, *.MPGV, *.MPV, *.MTS, *.PS, *.QT, *.RM, *.RMVB, *.SVI, *.TP, *.TRP, *.TS, *.VOB, *.VRO, *.WMV.

Pliki zdjęć mogą posiadać rozszerzenia:

- *.BMP, *.GIF, *.JPEG, *.JPG, *.MPO, *.PNG.

Ostatnie rodzajów plików, pliki audio, mogą zostać dodane spełniające następujące parametry rozszerzenia:

- *.3GA, *.AAC, *.AC3, *.AU, *.AMR, *.APE, *.DAT, *.FLAC, *.LPCM, *.M4A, *.MP2, *.MP3, *.MPA, *.OGG, *.PCM, *.RA, *.VOX, *.WAV, *.WMA.

Przedstawione listy są bardzo długie i wydaje się, że spełniają wszystkie możliwe wymagania, jednakże pomimo iż tak dużą ilość rodzajów plików można dodać, to większość z nich jest udostępniana w taki sposób, że odtwarzacz nie umie ich zaprezentować użytkownikowi (pojawia się komunikat „niepoprawny plik”). W przypadku napisów autor potrafił uruchomić napisy jedynie do filmów z rozszerzeniem *.AVI oraz *.DIVX. W pozostałych przypadkach plik z napisami nie był wykryty przez odtwarzacz.

Oprogramowanie mobilne, dla systemu Android, nie ma możliwości przekazywania napisów dla urządzeń innych niż Samsung (do udostępniania napisów wykorzystywany jest znacznik *sec* opisany w rozdziale 4.2). Autor nie odnalazł listy z rodzajami plików do udostępnienia, lecz jest ona prawdopodobnie taka sama jak dla wersji PC serwera. Jednakże serwer mobilny, zawierający współdzielone pliki, udostępnia je w wyraźnie inny, lepszy sposób niż ma to miejsce w przypadku wersji komputerowej. Wszystkie pliki, które zostały dodane do udostępniania były poprawnie otwierane przez odtwarzacze DLNA, zarówno firmy Samsung, jak i innych producentów.

5.1.2 Nero MediaHome 4

Nero MediaHome 4 jest to płatne oprogramowanie (do testów wykorzystywana była wersja próbna) udostępniające multimedia, podobnie jak większość aplikacji, takie które są wyspecyfikowane w technologii DLNA.

W pliku pomocy programu zostały przedstawione obsługiwane rozszerzenia.

Dla plików wideo:

- *.3GP, *.AVI, *.DIVX, *.ASF, *.DV, *.MPEG, *.MPG, *.MPE, *.M1V, *.DAT, *.MPEG2, *.MPG2, *.M2V, *.PVA, *.MOD, *.TOD, *.VOB, *.MP2P, *.PS, *.MP2T, *.TS, MP4, *.M4P, *.MOV, *.QT, *.WMV, *.DVR-MS, *.FLV, *.MP4.

Dla plików obrazów:

- *.BMP, *.GIF, *.JPEG, *.JPG, *.JPE, *.PNG, *.TIFF, *.TIF, *.WMF.

Dla plików audio są to:

- *.AIFF, *.AIF, *.MP1, *.MP2, *.MP3, *.MPA, *.MP4, *.AC3, *.AAC, *.M4A, *.MP4, *.WAV, *.WAVE, *.WMA, *.OGG, OGM, *.LPCM, *.PCM, *.L16.

Wszystkie z wymienionych formatów mogą być transkodowane do innych formatów znajdujących się na liście. Lista obsługiwanych plików jest bardzo duża, jednakże w trakcie sprawdzania programu autor wykrył fakt, że w rzeczywistości odtwarzanie materiału zależy od pakietu kodeków zainstalowanych w komputerze. Program prawdopodobnie dostarcza kodeki, które odtwarzają wspomniane wyżej formaty, jednakże jeżeli są zainstalowane kodeki, które odtwarzają inne formaty, wówczas aplikacja je wykorzystuje. Jest to zachowanie o tyle dziwne, że nawet w przypadku braku transkodowania, aplikacja wymaga zainstalowanych kodeków do odtworzenia materiału (odtwarzacz multimedialny może posiadać oddzielny dekoder do danego formatu). W tym wypadku, w pierwszej kolejności, urządzenie, na którym uruchomiony jest serwer musi posiadać kodeki, aby samodzielnie otworzyć udostępniany plik multimedialny.

W żadnym materiale dostarczonym wraz z Nero MediaHome 4 nie jest uwzględnione wsparcie dla napisów do filmów. Jest ono jednak zaimplementowane, a napisy muszą być w jednym z najpopularniejszych formatów, którymi w tym wypadku są SubRip lub MicroDVD.

Wszystkie przetestowane urządzenia poprawnie odtwarzają materiały udostępniane przez serwer multimedialny Nero MediaHome 4. Serwer ten potrafi również strumieniować materiał telewizyjny z tunera DVB-T na żywo do innych urządzeń (funkcja nie została przetestowana). Można stwierdzić, że jest to kompletny odtwarzacz multimedialny, z jedną wadą, którą jest brak wieloplatformowości. Drugą cechą, która może odstraszyć przeciętnego użytkownika jest cena oprogramowania (około 40 USD). Biorąc pod uwagę, że większość odtwarzaczy jest darmowych, jest to niewątpliwie wada.

5.1.3 MiniDLNA

Oprogramowanie MiniDLNA jest stworzony z myślą o platformie Linux, napisane w języku C++. Udostępniane jest w ramach publicznej licencji GNU GPL (ang. *General Public License*[30]). Zostało stworzone na potrzeby urządzenia *ReadyNAS* firmy *Netgear*, dzięki czemu ma bardzo małe wymaganie sprzętowe. Jest to bardzo popularny serwer multimedialny. MiniDLNA nie posiada dokumentacji technicznej, przez co niemożliwe jest podanie wszystkich typów udostępnianych plików. W trakcie testów, autor stwierdził, że wszystkie pliki muzyczne oraz graficzne były poprawnie odtwarzane na używanym sprzęcie. W przypadku filmów, na każdym z urządzeń poprawnie udostępniane były pliki *.avi. W przypadku innych rozszerzeń, takich jak mp4 oraz mkv, prezentacja treści multimedialnych możliwa była tylko w przypadku oprogramowania dla komputerów stacjonarnych. Odtwarzacze w urządzeniach RTV oraz mobilne nie potrafiły odtworzyć zawartości. MiniDLNA poprawnie przesyła napisy jedynie dla urządzeń firmy Samsung. Muszą one być w formacie SubRIP. W pozostałych urządzeniach autor nie potrafił odtworzyć filmu wraz z funkcją wyświetlania napisów. MiniDLNA nie posiada dedykowanego interfejsu do obsługi, jednakże konfiguracja programu odbywa się poprzez modyfikację plików konfiguracyjnych (pliki tekstowe). Jest dołączony do wielu dystrybucji alternatywnego oprogramowania dedykowanego dla sprzętu sieciowego, takiego jak TomatoUSB, DD-WRT. W takiej postaci posiada zazwyczaj interfejs strony internetowej stworzony przez deweloperów.

5.1.4 Wild Media Server

Wild Media Server jest płatną aplikacją udostępniającą multimedia w sieci. Użytkownik rozpoczyna udostępnianie multimedialów od wyboru profilu urządzenia. Program ma wiele wbudowanych profili, wśród nich między innymi: DLNA wersja 1.5, odtwarzacz Blu-ray LG, telewizor LG, telewizor Samsung, telewizor Phillips i wiele innych. Użytkownik może stworzyć swój własny profil. Program umożliwia transkodowanie zawartości oraz wbudowywanie napisów do materiału w locie. Pomimo dostępności tych opcji odtwarzacze, które autor wykorzystywał nie potrafiły automatycznie wywołać transkodowania (operację tą udało się wykonać, gdy serwer jest ustawiony, aby transkodował każdy udostępniany plik). Pliki *.mkv, które sprawiają

prawdopodobnie najczęściej problemów z odtworzeniem są przedstawiane przez serwer jako pliki *.mpeg. Jednakże nawet ten unik (autor w swoim oprogramowaniu zastosował podobny, lecz przedstawiał pliki jako materiał AVI) nie umożliwia odtwarzania materiałów na urządzeniach mobilnych. Ponadto serwer udostępnia nieprawidłowe informacje o udostępnianych plikach (błędny rozmiar oraz czas trwania materiału wideo), co może wpływać na obsługę (lub jej brak) funkcji przewijania.

5.1.5 PS3 Media Server

PS3 Media Server jest serwerem multimedialnym stworzonym z myślą o konsoli PlayStation 3 firmy Sony. Zarówno zdaniem użytkowników, jak i autora programu, w pełni z nią współpracuje (autor niniejszej pracy nie testował aplikacji z konsolą). Serwer podobnie, jak pozostałe potrafi udostępniać obrazy, muzykę oraz filmy. Ma możliwość transkodowania materiałów audio i wideo. Umożliwia odtwarzanie napisów w postaci MicroDVD oraz SubRIP. Testowane urządzenia nie potrafiły odtworzyć materiałów kodowanych przy pomocy kodera H.264. Pozytywną cechą opisywanego serwera jest fakt, iż w takim przypadku automatycznie transkodował materiał do innego obsługiwanej, zarówno przez odtwarzacz, jak i serwer formatu.

5.1.6 Coherence

Coherence jest framework'iem wykorzystywanym do działania w sieci UPnP A/V i DLNA. Funkcjonuje jako warstwa tworząca komunikaty UPnP. Może być również uruchomiony jako samodzielny program wykorzystujący wtyczki do zdefiniowania celu działania. Jedną z wtyczek jest udostępnianie multimedii w sieci lokalnej, zgodnie z protokołem UPnP A/V. Pożądane parametry spełnia wtyczka o nazwie *FSStore*, która przeszukuje wyznaczone katalogi i udostępnia pliki multimedialne. Umożliwia ona udostępnianie najpopularniejsze formaty obrazów, audio oraz wideo. *Coherence* w wersji 0.6.2 ma możliwość dołączania napisów, w przypadku gdy mają one tą samą nazwę co plik wideo oraz posiadają rozszerzenie srt.

Do programu nie została napisana instrukcja obsługi, co w znacznym stopniu utrudnia jego konfigurację, którą można przeprowadzić poprzez stworzenie pliku tekstowego z odpowiednimi parametrami. Autorowi udało się uruchomić jedynie starą wersję programu *Coherence*, dostarczającą jedynie podstawowe funkcje, takie jak wyszukiwanie katalogów z multimediami, a następnie mapowała je dla odtwarzacza. Aplikacja nie dzieli plików na kategorie zgodne z typem zawartości (np. Muzyka) oraz nie posiada specjalnie przygotowanych profili, aby współpracować z możliwie dużą ilością urządzeń. Wyjątek stanowi specjalne reguły dla konsoli do gier Microsoft Xbox 360, wobec którego autorzy wtyczki zrobili wyjątek i przygotowali specjalne komunikaty celem udostępniania treści dla wymienionego produktu.

Nowsze wersje aplikacji (od wersji 0.6.5) nie działają poprawnie w środowisku systemu operacyjnego Ubuntu 11.04 oraz 11.10. Jest to spowodowane nowszymi wersjami, wykorzystywanych przez program, bibliotek systemowych.

5.2 Przegląd oprogramowania odtwarzaczy DLNA i UPnP A/V

W sieci internetowej dostępnych jest bardzo wiele odtwarzaczy multimedii w sieciach lokalnych, zgodnych ze standardem DLNA i/lub UPnP A/V. Odtwarzacze są zawarte jako programy w urządzeniach RTV, takich jak telewizory, odtwarzacze DVD, odtwarzacze Blu-ray i inne. Inną grupą odtwarzaczy są te przeznaczone do instalacji w systemie operacyjnym. Spośród tego rodzaju aplikacji, większość jest przeznaczona dla systemów operacyjnych Microsoft Windows lub MacOS X (znacznie rzadziej). Na szczęście dla użytkowników komputerów, działających pod kontrolą,

systemów z rodziny Linux, społeczność wolnego oprogramowania jest na tyle rozwinięta, że i dla nich nie jest większym problemem odnalezienie programu obsługującego opisywane standardy.

5.2.1 Oprogramowanie dla komputerów klasy PC

Odtwarzaczem DLNA, który autor może z całą pewnością polecić jest program XBMC Media Center, który został stworzony jako alternatywny interfejs graficzny konsoli Microsoft XBOX 360, a w chwili obecnej jest oprogramowaniem również dla systemów operacyjnych Windows, MacOS X oraz Linux. Jego interfejs graficzny użytkownika (GUI - ang. *Graphical User Interface*) jest bardzo przyjazny i starannie zaprojektowany, w taki sposób aby można było nim sterować każdym urządzeniem wskazującym np. pilotem telewizora. Odtwarzacz bardzo dobrze prezentuje obrazy, muzykę oraz filmy. Jedynym mankamentem jaki odnalazł autor w niniejszym programie jest brak odtwarzania napisów w materiałach filmowych.

Dla systemu Windows warto wymienić odtwarzacze Windows Media Player oraz Samsung AllShare, które potrafią wyszukać serwery DLNA, UPnP A/V i odtworzyć ich zawartość. Pierwszy program, poza podstawowymi funkcjami odtwarzania, nie posiada rozbudowanych cech, takich jak obsługa napisów, co jest jego niewątpliwą wadą. Odtwarza jedynie filmy z rozszerzeniami AVI, WMV. Pozytywnymi cechami drugiego z wymienionych programów jest bardzo duża ilość materiałów możliwych do odtworzenia, obsługa napisów do filmów, niestety w przypadku komputera, na którym był testowany (uproszczona specyfikacja: procesor Intel Core 2 Duo 2.4 GHz, 8 GB Ram, dysk twardy 500 GB) obraz nie był płynnie odtwarzany. Zajmował przy tym około 80% zasobów procesora.

W systemie operacyjnym z rodziny Linux, kontrolowanego za pomocą środowiska graficznego Gnome, można zainstalować dodatkowe wtyczki do standardowych programów obsługujących odtwarzanie muzyki, wideo, obrazów. Po zainstalowaniu odpowiednich wtyczek, do wyszukiwania muzyki w sieci lokalnej można wykorzystywać programy Rhythmbox lub Banshee, zaś do materiałów wideo program Totem. Podobnego oprogramowania specjalizującego się w wyświetlaniu obrazów oraz wyświetlającego pokaz slajdów autor nie odnalazł.

5.2.2 Oprogramowanie w sprzęcie audio-video

W przypadku odtwarzaczy dla komputerów stacjonarnych użytkownik nie jest zmuszony do używania jednego rodzaju programu i może odnaleźć taki, który mu najbardziej odpowiada. Natomiast w sytuacji odtwarzania materiałów na telewizorze użytkownik jest zobligowany do wykorzystania programu, który dostarczył producent sprzęt. Autor zdecydował się zamieścić w niniejszym podrozdziale również krótką opinię na temat mobilnego odtwarzacza AllShare (dla smartfonów firmy Samsung), z tego względu, iż oprogramowanie to jest preinstalowane przez producenta.

Telewizor firmy Samsung, model UE46D6750WS, posiada oprogramowanie Samsung AllShare. W momencie uruchomienia programu, wyszukiwane są serwery multimedialów. Po wybraniu serwera multimedialów już na pierwszym ekranie, widoczna jest różnica, względem innych implementacjami tego typu odtwarzaczy. Pozwala on na przeglądanie materiałów według trzech kategorii - Wideo, Muzyka, Obrazy. Widok ten nazywany jest widokiem prostym (ang. *Basic View*) i jeżeli serwer multimedialny nie udostępnia takiego widoku lub zwraca go błędnie, wówczas AllShare zgłasza błąd i uniemożliwia wyszukanie treści multimedialnych. Warto zwrócić uwagę, że odświeżanie automatyczne (które jest uwzględnione w specyfikacjach UPnP A/V oraz DLNA) nie działa w oczekiwany sposób. Odtwarzacz nie potrafi przeglądać zawartości serwera bezpośrednio po jego dołączeniu bez ówczesnego odświeżenia listy serwerów. Testowany sprzęt posiada wbudowany sprzętowy dekoder H.264, a mimo to nie potrafił odtworzyć zawartości kontenera multimedialnego Matroska (*.mkv). W przypadku pliku *.mkv odtwarzanego z pamięci USB problem nie występował. Jak zostało wcześniej wspomniane autor w swoim programie

zastosował obejście problemu, którym jest przedstawianie innego typu MIME dla tego rodzaju plików, jak dla kontenera AVI - „video/avi” lub „video/ms-video”.

Tabela 5.1: Obsługiwane formaty wideo przez telewizor Samsung UE46D6750WS

Format	Kodek wideo	Maksymalna rozdzielcość
AVI MKV	DivX 3.11 - 6.0	1920x1080
	XviD	1920x1080
	H.264	1920x1080
	MPEG4	1920x1080
	Motion JPEG	1920x1080
ASF	DivX 3.11 - 6.0	1920x1080
	XviD	1920x1080
	H.264	1920x1080
	MPEG4	1920x1080
	Motion JPEG	800x600
WMV	Windows Media Video 9	1920x1080
MP4	H.264	1920x1080
	MPEG4	1920x1080
	XviD	1920x1080
3GPP	H.264	1920x1080
	MPEG4	1920x1080
VRO VOB	MPEG1	352x288
	MPEG2	1920x1080
PS (*.mpg, *.mpeg)	MPEG1	352x288
	MPEG2	1920x1080
	H.264	1920x1080
TS	MPEG2	1920x1080
	H.264	1920x1080
	VC1	1920x1080

Źródło: instrukcja telewizora Samsung[35]

Tabela 5.2: Obsługiwane kodeki audio przez telewizor Samsung UE46D6750WS

Kodek audio
MP3
AC3
LPCM
ADPCM
DTS Core
WMA
AAC
HEAAC
DD+
MPEG

Źródło: instrukcja telewizora Samsung[35]

Tabela 5.3: Obsługiwane napisy przez telewizor Samsung UE46D6750WS

Nazwa	Rozszerzenie pliku	Format
MPEG-4 ze znacznikami czasowymi	*.txt	XML
SAMI	*.smi	HTML
SubRip	*.srt	tekst
SubViewer	*.sub	tekst
MicroDVD	*.sub / *.txt	tekst

Źródło: instrukcja telewizora Samsung[35]

Oprogramowanie Samsung AllShare dla urządzeń mobilnych wyświetla zawartość serwera poprzez przeglądanie katalogów (nie stosuje widoku prostego, tak jak w telewizorach tej firmy). Odświeżanie automatyczne listy serwerów zostało zaimplementowane poprawnie i działa zgodnie z oczekiwaniemi. Program mobilny nie odtwarza poprawnie napisów do filmów (pobiera je, ale nie wyświetla żadnego błędu o braku możliwości ich załadowania). W filmach oraz obrazach, które były odtwarzane na urządzeniu występowały problemy z dostosowaniem obrazu do wielkości ekranu. Podobnie jak w przypadku telewizorów konieczna jest zmiana typu MIME kontenera wideo.

Inna sytuacja występuje w przypadku odtwarzacza firmy LG. Nie trzeba stosować żadnych sztuczek, aby odtworzył dowolny materiał. W przypadku formatu kontenera Matroska wyświetla jedynie komunikat o możliwych problemach z prezentacją filmu (autor jednak na żadne problemy w odtwarzaniu nie natrafił). Odtwarzacz LG, pomimo wyświetlania komunikatu z ostrzeżeniem, odtwarza bardzo dużo formatów wideo oraz audio. Wadami oprogramowania, na które warto zwrócić uwagę jest brak automatycznego odświeżania listy serwerów oraz zawartości multimedialnej serwera. Innymi mankamentami, które zostały wykryte to brak opisu obsługi napisów. Oznacza to, że napisy mogą być odtwarzane (również przy pomocy zawartości udostępnianej przez serwer multimedialny stworzony przez autora pracy), jednakże z niewiadomych względów niekiedy odtwarzacz nie potrafi wczytać napisów. Jedną z sytuacji jest, gdy film posiada dwie wersje napisów (np. napisy w dwóch językach, czyli dwa pliki z napisami).

Pliki MKV w opisywanym urządzeniu firmy LG są odtwarzane, dzięki certyfikatowi DivX HD, co powinno oznaczać pełne wsparcie dla rozdziałów, napisów oraz wielu ścieżek audio. Niestety wymagania certyfikatu nie zostały w pełni spełnione w odtwarzaniu filmów poprzez DLNA. Podobnie jak w wielu urządzeniach odtwarzacz Blu-ray nie potrafi poprawnie skalować wyświetlanych obrazów. Ma to jednak miejsce nie tylko w odtwarzaczu multimedialnych z DLNA, ale również w „tradycyjnym” odtwarzaczu, który wczytuje pliki graficzne z nośnika danych np. pamięci USB lub płyty CD.

5.2.3 Obsługa standardu DLNA

Technologia DLNA została opracowana, aby umożliwić współdzielenie multimedialów. Jej poprzedniczką jest UPnP A/V, którą można określić jako bardziej liberalną. DLNA jest bardziej restrykcyjna, jednakże mimo bardziej ścisłego określenia współpracy różnice w implementacjach oraz funkcjonalność odtwarzaczy są dość znaczne. Utrudnia to prace zarówno programistom serwerów multimedialnych, a co istotniejsze zwykłym użytkownikom, którzy w prosty sposób nie mogą prezentować na każdym urządzeniu wszystkich rodzajów materiałów multimedialnych.

Różnice można podzielić na grupy, według których materiały mogą być współdzielone. W przypadku plików muzycznych, na podstawie przeprowadzonych badań, można stwierdzić, że ich obsługa jest najbardziej zaawansowana. Autor nie odnalazł żadnych negatywnych cech, które by utrudniały udostępnianie tego typu danych. Jako mankament, bardziej zauważalny w przypadku filmów, można wymienić brak zagwarantowania w standardzie obsługi ścieżek dźwiękowych DTS oraz HD. Zapewniają one lepszą jakość dźwięku, niż obsługiwane rodzaje ścieżek (np. AC3

lub MP3).[34] Można wyobrazić sobie sytuację, gdy użytkownik chce udostępnić audiobooka lub materiał muzyczny z kilkoma ścieżkami dźwiękowymi, jednakże w chwili obecnej funkcje te (zawarte w specyfikacji DLNA) nie są wykorzystywane, zarówno na poziomie odtwarzaczy, jak i serwerów.

Obrazy sprawiają wielu odtwarzaczom problem, gdy nie posiadają dostosowanej rozdzielczości do ekranu urządzenia. Odtwarzacz może źle dopasować plik graficzny do ekranu lub powiększyć go w taki sposób, że obraz jest przycięty (nawet gdy nie jest to konieczne). Powodem występowania takiej sytuacji, są zdefiniowane przez DLNA profile graficzne, które nie uwzględniają niektórych rozdzielczości obrazów. Problemy występują również w sposobie odtwarzania pokazu slajdów. Niektóre z odtwarzaczy nie buforują kolejnego zdjęcia, co powoduje iż pliki graficzne większych rozmiarów są dłużej ładowane na urządzeniu (użytkownik musi na nie oczekiwąć). Innym problemem w przypadku obrazów jest ograniczenie tylko do dwóch formatów JPEG oraz PNG. Każdy inny, powołując się na standard DLNA, nie będzie obsługiwany. [34]

Standard DLNA nie zobowiązuje producentów do obsługi wiele popularnych rodzajów kodowania materiałów wideo, obsługi napisów, obsługi wielu ścieżek dźwiękowych i innych. Niestety dla użytkowników, w specyfikacji zabrakło wielu, w chwili obecnej, wręcz niezbędnych formatów. Obsługiwane kontenery przez DLNA to MP4 oraz ASF. Są to kontenery multimedialne dużo rzadziej spotykane, niż AVI oraz MKV. Obsługiwane przez standard kontenery posiadają wiele ograniczeń. Jednym z ograniczeń, bardzo odczuwalnym w erze filmów HD, jest cecha kontenera MP4, który przyjmuje rozdzielczość 720 x 576 pikseli jako maksymalną. W takim przypadku o film w rozdzielczości full HD, zgodnie ze standardem, nie może zostać przesłany. Podobna sytuacja występuje w filmach 3D, które powinny dostarczać dwa strumienie wideo, każdy o rozdzielczości 1920 x 1080 pikseli (każde oko powinno mieć dostarczany materiał full HD). [34]

Z powyższych względów każdy z producentów tworzy własną wersję implementacyjną odtwarzacza DLNA, odbiegającą od standardu, z myślą o użytkownikach. Większość producentów nie tworzy oprogramowania serwerów multimedialnych na komputery klasy PC, jednakże jeżeli takie istnieją, wówczas dostawca zapewnia jedynie zgodność z wyprodukowanymi przez siebie urządzeniami. Testy przedstawione we wcześniej części pracy magisterskiej przeczą jednak teorii pełnej zgodności serwera i odtwarzacza tej samej firmy (przykład aplikacji Samsung AllShare). Nieznany jest powód zaistniałej sytuacji, którego w artykułach oraz prasie (zarówno polskiej, jak i zagranicznej), nie sposób odnaleźć.

Podsumowanie

Certyfikat DLNA posiada większość urządzeń elektronicznych dostępnych powszechnie na rynku. DLNA umożliwia centralizowanie danych i pozwala zmienić telewizor w ramkę do zdjęć lub odtwarzacz muzyki, bez konieczności podłączania dodatkowych urządzeń. Dzięki tej technologii użytkownicy mogą wyświetlać różne materiały z tego samego źródła w wygodny sposób, dodatkowo eliminując konieczność posiadania kilku urządzeń do różnych rodzajów materiałów multimedialnych. Wystarczy wyobrazić sobie sprzęt komputerowy z odtwarzaczem Blu-ray, tunerem telewizyjnym oraz pamięcią masową, który udostępnia wszystkie usługi dla sprzętu podłączonego do sieci lokalnej. W tym wypadku, nie byłoby konieczności podłączania odtwarzacza do telewizora (lub posiadanie kilku odtwarzaczy przy kilku telewizorach), a telewizor nie musiałby posiadać nawet tunera telewizyjnego. Wystarczyłby jedynie sprzętowy dekoder obrazu Full HD, który obsługiwałby dużą liczbę kodowań. Z wcześniejszego opisu, jasno wynika, że kres możliwości technologii DLNA jest jeszcze daleki i nie wiadomo, jaką przyszłość czeka ta technologia.

Pomimo, że większość produktów RTV posiada obecnie wbudowany odtwarzacz DLNA oraz faktu, że nowoczesny sprzęt elektroniczny jest coraz bardziej powszechny, serwerów multimedialnych w pełni zgodnych ze standardem DLNA jest bardzo mało. Ich funkcjonalność jest mocno ograniczona, a konfiguracja często zbyt skomplikowana dla przeciętnego użytkownika. Proces podłączania powinien zakończyć się gdzieś pomiędzy instalacją okablowania sieci lokalnej, a instalacją oprogramowania serwera. Niestety, w praktyce, każdy serwer działa inaczej oraz nie współpracuje z każdym urządzeniem.

Odnalezienie uniwersalnego oprogramowania serwera multimedialnego jest prawdopodobnie niemożliwe. Jednym z celów niniejszej pracy było między innymi umożliwienie odnalezienia uniwersalnej aplikacji obsługującej protokół UPnP A/V oraz współpracujące z urządzeniami DLNA. Zaprojektowany serwer multimedialny UPnP A/V, który współpracuje z bardzo dużą ilością odtwarzaczy sieciowych. Jednym z głównych celów aplikacji była możliwość prostej konfiguracji i ograniczenie jej jedynie do niezbędnych kroków. Użytkownik nie powinien być zmuszany do wyboru różnych profili działania aplikacji, takich jak „odtwarzacz Samsung UE” czy „odtwarzacz DLNA 1.5”. Nie powinien poszukiwać metodą prób i błędów, który profil będzie dla niego odpowiedni.

Aplikacja spełnia wszystkie przedstawione wymagania, co potwierdzają przeprowadzone testy. Każda z obowiązkowych funkcji została dokładnie sprawdzona. Dzięki przeprowadzonym testom, autor ma pewność, że użytkownik, który uruchomi serwer multimedialny odtworzy pożądaną materiał na odtwarzaczu UPnP A/V oraz DLNA, i o ile to możliwe załaduje dodatkowe napisy lub odtworzy inną ścieżkę dźwiękową. Spełnienie obsługi tych funkcji (przy zachowaniu braku profili dla różnych urządzeń) było czasochłonne do osiągnięcia. Cecha opcjonalna, która było kodowanie materiałów w locie nie została zaimplementowana. Oprogramowanie serwera multimedialnego UPnP A/V działa pod dowolnym sprzętem, który obsługuje język programowania Python. W rzeczywistości natywnie jest to system operacyjny z rodziny Linux. W systemach serii

Microsoft Windows, uruchomienie serwera możliwe jest po wcześniejszej instalacji oprogramowania Python. Serwer multimedialny z powodzeniem działa na routeraх, kontrolowanych przez różne dystrybucje systemu Linux. Kolejnymi działaniami do wykonania, które mogłyby wyróżniać niniejszy serwer multimedialny jest obsługa tunerów telewizyjnych i bardziej zautomatyzowany proces konfiguracji. Cechą negatywną odtwarzaczy DLNA jest ich różnica działania. W trakcie pisania aplikacji oraz pracy magisterskiej, firma LG wydała kilka aktualnień oprogramowania, w którym dla odtwarzacza DLNA każdorazowo zmieniano sposób obsługi napisów do filmów.

Niniejsza praca magisterska miała za zadanie opisać technologie UPnP A/V oraz DLNA. Są one bardzo do siebie zbliżone, gdyż UPnP A/V było specyfikacją bazową dla, nowszego standardu DLNA. Pośrednio wyjaśniono również specyfikę głównego standardu (na którym obie bazują), to jest UPnP. Opisany został protokół zawarty w tym standardzie UPnP oraz komunikat przygotowane na potrzeby udostępniania treści multimedialnych. Przybliżono również sposób kodowania plików muzycznych, graficznych, wideo. W tym wypadku większość uwagi została skupiona na formatach najpopularniejszych, a nie tych, które zostały narzucone przez którykolwiek ze standardów.

DLNA jest technologią przyszłości i ma szansę, aby zaistnieć jako standard na rynku sprzętu elektronicznego. Ma ułatwiać udostępnianie multimedii i ograniczyć liczbę nośników pamięci w sieci domowej, jednakże dla większości użytkowników DLNA wciąż jest jedynie ciekawostką, o której wiedzą, że istnieje, lecz jej nie wykorzystują. Obecnie każdy nowy sprzęt posiada odtwarzacz DLNA. Jednakże, odtwarzacze nie mogą egzystować, bez udziału drugiej strony komunikacji, czyli serwerów multimedialnych, których wybór jest wciąż mocno ograniczony. Prawdopodobnie, w przyszłości, już w systemie operacyjnym znajdziemy wbudowany serwer multimedialny UPnP A/V lub certyfikowany przez organizację DLNA. Tak jak powszechnie wbudowane są usługi udostępniania i wyszukiwania plików, drukarek (często również oparte o protokół UPnP), tak serwer DLNA powinien być w przyszłości dostępny na tym samym poziomie.

Bibliografia

- [1] UPnP Device Architecture 1.0; UPnP Forum; 2008;
<http://www.upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.0-20080424.pdf>
- [2] UPnP Device Architecture 1.1; UPnP Forum; 2008;
<http://www.upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.1.pdf>
- [3] UPnP Device Architecture V1.1 Annex A – IP Version 6 Support; 2011;
<http://upnp.org/specs/arch/UPnP-arch-DeviceArchitecture-v1.1-AnnexA.pdf>
- [4] UPnP Forum Public Overview 2011-2012, 2011,
http://upnp.org/resources/documents/UPnP_Forum_PublicOverview_2011_12.pdf
- [5] MediaServer:2 Device Template Version 1.01; UPnP Forum; 2006;
<http://upnp.org/specs/av/UPnP-av-MediaServer-v2-Device.pdf>
- [6] UPnP Forum UPnP AV Architecture:2; UPnP Forum; 2010;
<http://www.upnp.org/specs/av/UPnP-av-AVArchitecture-v2-20101231.pdf>
- [7] ContentDirectory:1 Service Template Version 1.01; UPnP Forum; 2002;
<http://upnp.org/specs/av/UPnP-av-ContentDirectory-v1-Service.pdf>
- [8] ContentDirectory:2 Service Service Template Version 1.01 – Document Version 1.00; UPnP Forum; 2006; <http://upnp.org/specs/av/UPnP-av-ContentDirectory-v2-Service.pdf>
- [9] RenderingControl:3 Service; UPnP Forum; 2010;
<http://www.upnp.org/specs/av/UPnP-av-RenderingControl-v3-Service-20101231.pdf>
- [10] DeviceProtection:1 Service; UPnP Forum; 2011;
<http://www.upnp.org/specs/gw/UPnP-gw-DeviceProtection-v1-Service-20110224.pdf>
- [11] Digital Living Network Alliance Home Networked Device Interoperability Guidelines Version: 1.0; Digital Living Network Alliance; 2004
- [12] Digital Living Network Alliance Home Networked Device Interoperability Guidelines Version: 1.0 Errata Version 2.0; Digital Living Network Alliance; 2005
- [13] DLNA Overview and Vision Whitepaper 2007; Digital Living Network Alliance; 2007

- [14] Online UPnP A/V Device Database for Quick and Easy Capability Checking; Andreas Riener, Martin Gutenbrunner, Johannes Kepler; University, Institute for Pervasive Computing, Linz/Austria; 2011
- [15] UPnP Services and Jini Clients ; Jan Newmarch; School of Network Computing Monash University
- [16] Abul Ahsan Md. Mahmudul Haque; UPnP Networking: Architecture and Security Issues; 2007; http://www.tml.tkk.fi/Publications/C/25/papers/Haque_final.pdf
- [17] Networked Digital Media Standards A UPnP / DLNA Overview; Allegro Software Development Corporation; 2006; http://www.allegrosoft.com/UPnP_DLNA_White_Paper.pdf
- [18] Overview of UPnP AV Architecture; Intel Corporation; 2003
- [19] DLNA 1.5 Requirements Overview; Tony Dou; Intel Corporation; 2006
- [20] Abusing Universal Plug and Play; Armijn Hemel; 2008; <http://www.upnp-hacks.org/elce-presentatie.pdf>
- [21] Design and Implementation of Home Network Systems using UPnP middleware for Networked appliances; Dong-Sung Kim, Jae-Min Lee, Wook Hyun Kwon, Kwan You; 2002
- [22] UPnP Design by Example: A Software Developers's Guide to Universal Plug and Play; Michael Jeromino, Jack Weast; 2003
- [23] Network Media Content Aggregator for DLNA Server; Jan Kubový; 2011
- [24] Cling Framework; Christian Bauer; 2012; <http://4thline.org/projects/cling>
- [25] Cyberlink for Java; Satoshi Konno; 2012; <http://www.cybergarage.org/twiki/bin/view/Main/CyberLinkF>
- [26] Coherence - a DLNA/UPnP Framework for the Digital Living; 2012; <http://coherence.beebits.net/>
- [27] MiniUPNP; Thomas Bernard; 2011; <http://miniupnp.free.fr/>
- [28] MiniDLNA; 2011; <http://sourceforge.net/projects/minidlna/>
- [29] Licencja MIT; Massachusetts Institute of Technology; 1988; <http://www.opensource.org/licenses/mit-license.php>
- [30] Licencja GNU General Public License; Free Software Foundation; 2007; <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
- [31] Test Baz danych Open Source; SDJ Extra nr 17 PHP Starter Kit; 2005
- [32] Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part Two: Media Types; N. Freed, N. Borenstein; Internet Engineering Task Force; 1996
- [33] SQLAlchemy; Michael Bayer i inni; 2012; <http://www.sqlalchemy.org/>
- [34] The DLNA standard: a real mess; Vincent Lheur; 2010; <http://www.digitalversus.com/tv-television/dlna-standard-real-mess-a971.html>
- [35] Instrukcja obsługi telewizora Samsung UE46D6750WS; Samsung; 2011; http://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201112/20111208190558077/Web_GSDVBEUA_Pol

- [36] RFC 2616 Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1; R. Fielding, J. Gettys, J. Mogul, H. Frysztak, L. Masinter, P. Leach, T. Berners-Lee; Internet Engineering Task Force; 1999
- [37] RFC 5219 A More Loss-Tolerant RTP Payload Format for MP3 Audio; R. Finlayson; Internet Engineering Task Force; 2008
- [38] RFC 4627 The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON); D. Crockford; Internet Engineering Task Force; 2006
- [39] Simple Service Discovery Protocol/1.0; Yaron Y. Goland, Ting Cai, Paul Leach, Ye Gu; Internet Engineering Task Force; 1999
- [40] General Event Notification Architecture Base; J. Cohen, S. Aggarwal; Internet Engineering Task Force; 1998
- [41] SOAP Simple Object Access Protocol; Nilo Mitra; World Wide Web Consortium W3C; 2007
- [42] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition), Tim Bray, Jean Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, Eve Maler, François Yergeau; World Wide Web Consortium W3C; 2008
- [43] MPEG-4; Wikipedia; 2012; <http://en.wikipedia.org/wiki/MPEG-4>
- [44] Obrazy PNG; Wikipedia; 2012; http://en.wikipedia.org/wiki/Portable_Network_Graphics
- [45] Obrazy JPEG; Wikipedia; 2012; <http://en.wikipedia.org/wiki/JPEG>
- [46] Definicja kontenera multimedialnego; Wikipedia; 2012; http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_container_format
- [47] Podział formatów plików graficznych; Wikipedia; 2012; http://pl.wikipedia.org/wiki/Formaty_plik%C3%B3w_graficznych