

IPv6 信息家电控制界面的自动生成技术

田红成^{1,2}, 陈 萍¹, 张 蓓¹, 刘金斌², 边景奇²

(1. 北京大学计算中心, 北京 100871; 2. 解放军总参谋部, 北京 100088)

摘 要: 针对基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络, 结合 IPv6 家庭网关在外部网络与 IPv6 家庭网络交互中的重要作用, 设计并实现了 IPv6 信息家电控制界面的自动生成方案和相应的集中控制机制, 应用于外网用户对基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中信息家电的远程控制。IPv6 家庭网关根据模板文件, 为基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中的每台信息家电自动生成统一风格的控制界面; IPv6 家庭网关接收到外网用户通过控制界面提交的控制命令后, 根据 SOAP 协议集中控制信息家电。该文的研究完善了 UPnP 家庭网关标准(Internet Gateway Device V1.0)。

关键词: IPv6; UPnP; 信息家电; 模板文件; 控制界面

Automatic Technology of Control Interfaces Generation on IPv6-based Information Appliances

TIAN Hongcheng^{1,2}, CHEN Ping¹, ZHANG Bei¹, LIU Jinbin², BIAN Jingqi²

(1. Computer Center, Peking University, Beijing 100871; 2. General Staff Head Quarters, PLA, Beijing 100088)

【Abstract】 This paper designs and implements the method of automatic control interfaces generation on information appliances and its corresponding central control mechanism, focusing on IPv6-based UPnP home networks and the important role that the residential gateway plays in the interaction between external networks and home networks: the IPv6-based residential gateway generates a uniform control interface for every information appliance from the template file, after receiving commands external network users submit through the control interface, the IPv6-based residential gateway controls information appliances centrally according to SOAP. The study perfects Internet gateway device(IGD) V1.0.

【Key words】 IPv6; UPnP; Information appliances; Template file; Control interface

1 概述

UPnP是以微软为首的UPnP论坛提出的设备架构, 它以“零配置”联网、媒质和设备独立性、平台独立性、基于成熟的因特网技术等特点^[1], 成为一种较具竞争力的家庭网络标准。基于IPv6的UPnP家庭网络技术是目前家庭网络领域的研究热点。

外网用户对 IPv6 家庭网络中的信息家电进行远程控制是 IPv6 家庭网络的典型应用之一。人们可以在办公室用电脑开启家中的监视器, 查看家中无人看护的小孩和病人的情况; 回家途中用手机或 PDA 开启家里的空调并调节到适宜的温度等。IPv6 家庭网关是 IPv6 家庭网络与外部网络发生联系的桥梁, 也是控制数据、音视频数据、文件数据、语音数据等进出 IPv6 家庭网络的接口。外网用户对基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中的信息家电进行远程控制时, IPv6 家庭网关应发挥集中控制功能。

UPnP论坛发布了关于家庭网关的一个标准^[2]: Internet Gateway Device (IGD) V1.0, 该标准的主要目标是使家庭网络内部的多个设备可以共享网关的网络连接以联入Internet, 并对网络连接进行管理, 该标准没有涉及到外网用户对基于 IPv6 的UPnP家庭网络中信息家电的远程控制。

本文针对基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络, 结合 IPv6 家庭网关在外部网络与 IPv6 家庭网络交互中的重要作用, 设计并实现了 IPv6 信息家电控制界面的自动生成方案和相应的集中控制机制。本文的研究, 强化了 IPv6 家庭网关的集中控制功能, 完善了 IGD V1.0 标准。

2 IPv6 家庭网络拓扑结构

IPv6 家庭网络主要成员包括 IPv6 家庭网关、IPv6 信息家电、控制终端等, IPv6 家庭网关将 IPv6 家庭网络与外部网络相连, 实现二者之间的信息交换。IPv6 家庭网络拓扑结构如图 1 所示。

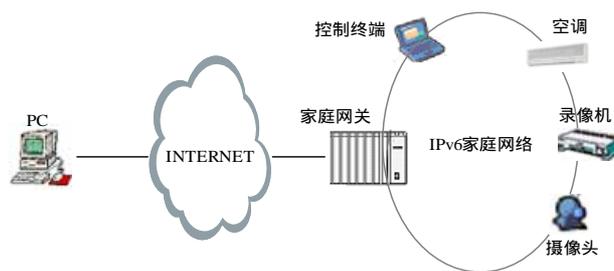


图 1 IPv6 家庭网络拓扑结构

IPv6 家庭网络如采用UPnP设备架构作为统一的通信协议, 就形成了基于IPv6的UPnP家庭网络, UPnP设备架构定义了两种逻辑设备^[3]: UPnP ControlPoint和UPnP Device, UPnP ControlPoint可以收集家庭网络中各种UPnP Device的信息, 并对UPnP Device进行管理, UPnP Device用于向家庭

基金项目: 国家发改委“下一代互联网中日IPv6合作项目”

作者简介: 田红成(1976-), 男, 硕士、工程师, 主研方向: 网络技术及应用; 陈 萍、张 蓓, 博士、高工; 刘金斌、边景奇, 工程师

收稿日期: 2006-02-14 **E-mail:** thc@pku.org.cn

网络提供服务。在本文的研究中, IPv6 家庭网关中嵌入了 UPnP ControlPoint, IPv6 信息家电中嵌入了 UPnP Device。

3 控制界面的自动生成与集中控制

在基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中, IPv6 信息家电的控制界面可由 IPv6 家庭网关根据信息家电描述数组(由 IPv6 家庭网关生成)和模板文件自动生成, 存于 IPv6 家庭网关处, 根据不同的模板文件可生成不同风格的控制界面; IPv6 家庭网关得到外网用户通过控制界面提交的控制命令后, 采用 SOAP RPC 方式对 IPv6 信息家电进行集中控制。

此部分定义了描述 IPv6 信息家电的数据结构(信息家电描述数组)和 XML 格式的模板文件, 详细制定了模板文件的制作过程和 IPv6 信息家电控制界面的自动生成方案。

3.1 信息家电描述数组与模板文件

信息家电描述数组为一个字符串数组, 存储着 IPv6 信息家电的描述信息。模板文件为 XML 格式, 定义了控制界面的风格。

3.1.1 信息家电描述数组

IPv6 家庭网关处的 UPnP ControlPoint 收集家庭网络中可用家电的信息, 为每台家电生成一个信息家电描述数组。信息家电描述数组用于存储 IPv6 信息家电的运行情况、功能描述等信息。

UPnP ControlPoint 依据 SSDP 协议收集家庭网络中各可用家电的描述信息, 从中析取出 IPv6 地址、端口号、设备种类、服务种类、操作名、操作参数等信息, 并将这些信息存储在信息家电描述数组中, 该数组由设备描述子数组、服务描述子数组、操作描述子数组 3 种子数组组成。

设备描述子数组(device)用来存储信息家电设备的描述信息, 其结构如下:

UIName	DeviceName	IPv6	Port	Service_num
--------	------------	------	------	-------------

其中, UIName: 将要生成的控制界面文件名; DeviceName: 家电的名字; IPv6: 信息家电的 IPv6 地址; Port: 信息家电的端口号; Service_num: 信息家电所能提供的服务数目。

服务描述子数组(service)用来存储服务的描述信息, 数组的结构如下:

Service_Type	ControlURL	Ope_num
--------------	------------	---------

其中, Service_Type: 信息家电提供的服务种类; ControlURL: 此种服务的控制 URL; Ope_num: 此种服务所支持的操作数目。

操作描述子数组(operate)用来存储操作的描述信息, 数组的结构如下:

Ope	Param1	Param2
-----	--------	--------

其中, Ope: 操作的名字; Param1, Param2: 操作对应的输入参数 1 和输出参数 2。

以空调为例, 其信息家电描述数组为:

```
"UPnPAircon.jsp", "Aircon",
"2001:250:f002:1130:20f:1fff:fee6:d28d", "4005", "2",
"urn:schemas-upnp-org:service:power:1", "/service/power/control",
"2",
"SetPower", "Power", "Result", "GetPower", null, "Power",
"urn:schemas-upnp-org:service:temp:1", "/service/temp/control",
"2",
```

```
"SetTemp", "Temp", "Result", "GetTemp", null, "Temp"
```

3.1.2 模板文件

模板文件为 XML 格式, 定义了 IPv6 家庭网关能够为各种 IPv6 信息家电生成的控制界面的风格, 根据不同的模板文件可以生成不同风格的控制界面。

模板文件由对某个控制界面的源文件进行分析、抽象产生。模板文件的制作过程如下: 将控制界面的源文件分割为子段, 对于每个子段, 选择信息家电描述数组的某个子数组, 用子数组的元素名将子段抽象为一个一般的形式, 得到抽象子段文件(文本格式), 根据各抽象子段文件对 3 种子数组的依赖性, 将抽象子段文件划分为 4 类: no_dep(不依赖), device_dep(依赖于设备描述子数组), service_dep(依赖于服务描述子数组), operate_dep(依赖于操作描述子数组)。将各个抽象子段文件名与它的依赖性组合起来, 按照对应子段在控制界面源文件中的相对位置, 以 XML 格式写入模板文件, 得到的模板文件部分如下所示:

```
<segmentList>
...
<segment>
<relativity>service_dep</relativity>
<content>sub1.txt</content>
</segment>
...
</segmentList>
```

其中, <segmentList>标识一个模板文件的抽象子段列表, <segment>标识一个抽象子段, <content>标识抽象子段文件名, <relativity>标识对应的依赖性。

遵循产生模板文件的过程, 可以对不同风格的控制界面的源文件进行分析、抽象, 得到不同的模板文件。

3.2 控制界面的自动生成

IPv6 家庭网关自动生成控制界面的过程为: IPv6 家庭网关先收集家庭网络中每个在线信息家电的信息, 生成信息家电描述数组, 然后再根据模板文件生成对应风格的控制界面。由模板文件生成控制界面的过程是由具体控制界面制作模板文件的逆过程, 该过程如下所示:

(1) 家电信息收集。家庭网关处的 UPnP ControlPoint, 依据 SSDP 协议收集家庭网络中所有可用家电的信息, 为每台家电生成一个信息家电描述数组。

(2) 控制界面的自动生成。IPv6 家庭网关扫描模板文件, 从模板文件的文件头开始, 顺序扫描, 扫描不同的抽象子段, 依据依赖性的不同, 进行如下处理:

1) 如果扫描到依赖性为 no_dep 的抽象子段, 则取相应的抽象子段文件, 作为一个子段。

2) 如果扫描到依赖性为 device_dep 的抽象子段, 则取相应的抽象子段文件, 使用设备描述子数组的元素值对该抽象子段进行相应的替换, 替换完成后, 作为一个子段。

3) 如扫描到依赖性为 service_dep 的抽象子段, 由于 service_type 也是 device_dep 依赖的, 因此先进行与 device_dep 抽象子段相同的操作, 再取服务描述子数组的元素值进行循环替换, 生成形式相同的字符串, 循环完成后, 组合起来, 作为一个子段。

4) 如扫描到依赖性为 operate_dep 的抽象子段, 由于 operate_dep 也是 service_dep 依赖的, 因此先进行与 service_dep 抽象子段相同的操作, 再取操作描述子数组的元

素值进行循环替换,生成形式相同的字符串,循环完成后,组合起来,作为一个子段。

将得到的各个子段,依据相应抽象子段在模板文件中的相对位置组合起来,在 IPv6 家庭网关端存为指定文件名(由信息家电描述数组的第 1 个元素指定)的文件,这样便为 IPv6 信息家电生成了与该模板文件对应风格的控制界面。

3.3 集中控制机制

IPv6 家庭网关接收到外网用户以 HTTP 方式提交的家电控制命令后,采用 SOAP RPC 方式集中控制 IPv6 信息家电。

IPv6 家庭网关为家庭网络中的 IPv6 信息家电自动生成控制界面后,将控制界面存于 IPv6 家庭网关处,并将控制界面的 URL 地址以网页的形式向外网用户公布,外网用户选择一个家电后,用户端浏览器以 HTTP 方式从 IPv6 家庭网关处下载该家电的控制界面,后续过程如图 2 所示,用户通过控制界面以 HTTP 方式向 IPv6 家庭网关提交控制命令后,IPv6 家庭网关以 SOAP RPC 方式对相应 IPv6 信息家电进行集中控制,IPv6 信息家电执行相应操作后,将操作结果传送给 IPv6 家庭网关,然后 IPv6 家庭网关将操作结果以页面的形式发送给外网用户,在用户端浏览器中显示。



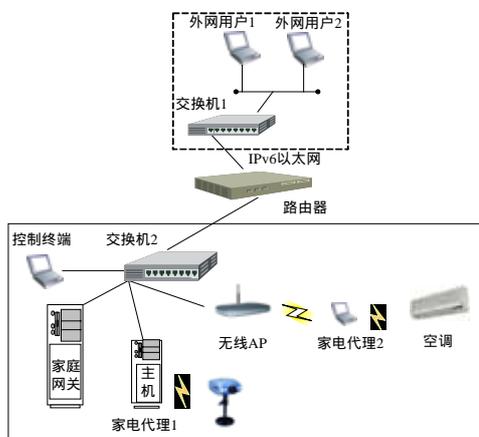
图 2 IPv6 家庭网关的集中控制

4 实验平台与实验结果

现在的家电是以无联网功能的传统家电为主,在本项目实现中,采用“IPv6 家电代理+传统家电”的形式将传统家电接入基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络,“IPv6 家电代理+传统家电”实现了 IPv6 信息家电功能。关于 IPv6 家电代理的详细内容见文献[4]。

4.1 实验平台

实验平台的配置:1 个 IPv6 家庭网关,2 个 IPv6 家电代理,1 个摄像头,1 台日立空调,家庭内部的一个 IPv6 控制终端,外部网络 2 个控制终端,路由器 1 台,交换机 2 台,1 个无线 AP,如图 3 所示。



基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络
图 3 实验平台

4.2 实验结果

先按照 3.1.2 节的步骤,分别制作 2 个模板文件:模板文件 和 模板文件,IPv6 家庭网关可根据这两个模板文件,分别为空调代理和摄像头代理生成如图 4 和图 5 所示风格的控制界面。外网用户使用这 2 种风格的控制界面,可对基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中的空调和摄像头进行远程控制。

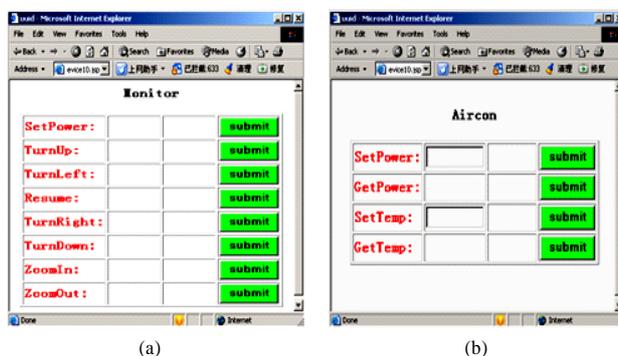


图 4 模板文件 风格的控制界面

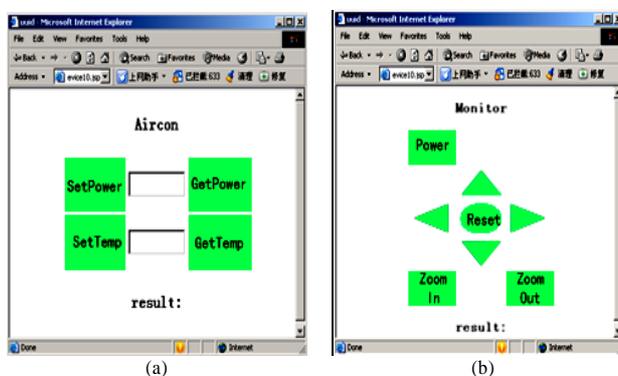


图 5 模板文件 风格的控制界面

5 结语

本文设计并实现了 IPv6 信息家电控制界面的自动生成方案和相应的集中控制机制,应用于外网用户远程控制基于 IPv6 的 UPnP 家庭网络中的信息家电。此技术可应用于任何 UPnP 家庭网络,与所采用的编程语言无关。根据模板文件制作控制界面的思想也可应用于采用 Jini 等其它技术的家庭网络,如文献[5]的 Jini 原型系统,为外网用户提供各种风格的控制界面。

参考文献

- 1 UPnP Forum. About the UPnP™ Forum[EB/OL]. 2005-08-01. <http://www.upnp.org/about/default.asp>.
- 2 UPnP Forum. Internet Gateway Device V1.0[EB/OL]. 2001-11-12. <http://www.upnp.org/standardizeddecs/igd.asp>.
- 3 UPnP Forum. UPnP™ Device Architecture[EB/OL]. 2000-06-08. http://www.upnp.org/download/UPnPDA10_20000613.htm.
- 4 陈 萍, 崔 健, 宋维佳, 等. 基于 IPv6 的信息家电应用[J]. 通信学报, 2005, 26(1A): 242-246.
- 5 Yoshida R, Inoue A, Hiraishi J, et al. EXWeb: Remotely Operating Devices in the Home Network[C]//Proc. of the 4th International Workshop on Networked Appliances, Piscataway, NJ, USA, 2002: 267-274.