

云桌面打印映射关键技术^①

鲍 豹

(福建升腾资讯有限公司, 福州 350002)

摘 要: 打印机是 PC 最普遍的外设应用之一。随着桌面虚拟化的兴起, 各种应用逐渐从 PC 迁移至云桌面。但云桌面不同于 PC 的打印架构, 为打印应用带来了新的挑战。文中深入剖析 Windows 打印框架, 详细介绍 GDI 打印路径和 XPS 打印路径。通过比较云桌面与 PC 的打印结构的差异, 分析了云桌面打印遇到的问题, 讨论了主流桌面虚拟化厂商给出的解决思路。通过对主流的 USB 重定向技术和打印机映射技术的深入分析, 比较了它们之间的优势和缺陷, 指出了云桌面打印映射亟待解决的问题和未来的研究方向, 为云桌面打印映射相关研究提供了参考。

关键词: 云桌面; 打印框架; USB 重定向; 打印机映射; 通用打印驱动

Key Technology of Cloud Desktop Printing Mapping

BAO Bao

(Fujian Centerm Information Co.,Ltd., Fuzhou 350000, China)

Abstract: Printer is one of the most common peripheral device. With the rise of desktop virtualization Technology, applications gradually migrate from PC to cloud desktop, which brings a new challenge for printing because of the sharp different of printing architecture between cloud desktop and PC. This paper explores Windows printing architecture, introduces the GDI print path and XPS printing path, and compares the difference of printing architecture between cloud desktop and PC, then discusses the issues of printing inside the cloud desktop and the solution derived from the major desktop virtualization vendors. By analyzing deep into the major USB redirection technology and printer mapping technology, the advantages and defects of them are compared, and the problems to be solved are discussed. The development direction and research prospects of cloud desktop printing are put forward in this paper.

Key words: cloud desktop; printing architecture; usb redirection; printer mapping; universal print driver

随着桌面云虚拟化技术的不断成熟, 越来越多的企业开始部署云桌面。所有部署场景中, 办公场景无疑占比最大。办公应用中, 打印机、扫描仪、U 盘、智能卡读卡器等外设需求较多, 尤其是打印机, 不可或缺。然而, 市场中的打印机样式众多, 不同的设备接口类型, 不同的打印指令集, 不同的平台支持程度, 使得云桌面中打印机应用面临着巨大的挑战。为此, 桌面虚拟化厂商开发出各种打印映射技术, 包括通用技术——USB 重定向技术、Citrix 的 Universal Print Driver(UPD)技术、Microsoft 的 Easy Print 技术、VMware Horizon View 中引入的 ThinPrint Virtual Printing 技术等。

1 云桌面打印框架



图 1 云桌面结构图

云桌面架构中, 云桌面与云终端通过远程桌面显示协议相连。用户所需的应用程序运行在云桌面中, 而显示和外设连接则由云终端负责。要使应用程序与外设进行交互, 必须将外设从云终端映射到云桌面中。

^① 收稿时间:2015-12-21;收到修改稿时间:2016-01-21 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005279]

这种技术统一称为外设映射技术. 设备映射技术的实现与底层系统类型关系密切. 云桌面普遍采用 Windows 操作系统, 因此, 需从 Windows 打印架构入手. 下面将对打印的关键技术概念进行说明, 以便进一步陈述.

1.1 关键概念

PDL:

Page Description Language, 是一种用于描述打印或照排版面的语言, 可被打印机直接处理. 目前使用较为广泛有 HP 的 PCL(Printer Command Language)、Adobe 的 PostScript 等, 其中, 民用打印机多采用 PCL, 而高端打印机通常支持 PostScript.

XPS:

XML Paper Specification, 是 Windows Vista 中引入的新的 PDL, 同时也作为一种类似 PDF 的文档格式.

EMF:

Enhanced MetaFile, 一种用来打印的缓存文件格式.

GDI:

Graphics Device Interface, 图形设备接口, 是 Windows XP 以及之前系统中负责图形绘制的系统核心组件. 通常, 应用程序打印时将调用 GDI 生成 EMF 文件.

WPF:

Windows Presentation Foundation, 是 Windows Vista 中引入的新的用户界面开发框架, 可提供更加绚丽的用户交互界面. WPF 应用程序仅支持基于 XPS 的打印接口.

Printer Spooler:

Windows 打印子系统的核心组件, 它将打印数据缓存为文件, 支持脱机打印, 并负责管理管理调度打印作业.

1.2 Windows 打印流程

从 Windows NT 开始, Windows 打印处理流程未曾发生本质变化. 打印时, 应用程序通过通用图形接口生成用于印刷的缓存文件 EMF/XPS, 而后送入 Print Spooler 中, 由相关配置决定是否调用打印驱动进行渲染操作. 最后, 将渲染输出的 RAW 数据经打印端口传送至打印机. 通常, 将打印机能够直接处理的数据称为 RAW 数据. 比如, PCL 打印机的 RAW 数据是 PCL 命令数据, PostScript 打印机的 RAW 数据是

PostScript 数据.

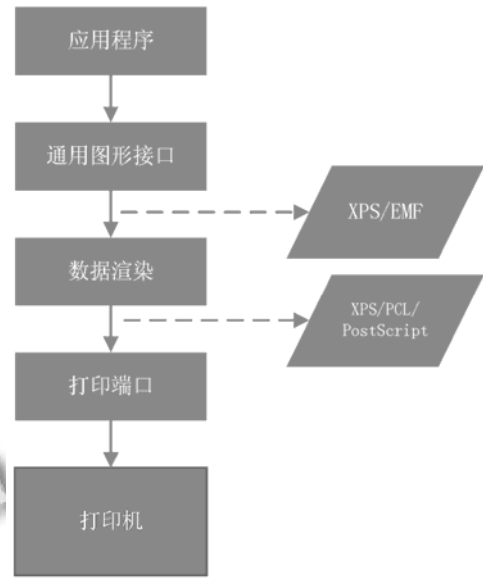


图 2 Windows 打印流程

在 Windows NT 至 XP 期间, 普遍存在基于 GDI 的应用程序, 其打印也主要基于 GDI 打印框架. 而在 Windows Vista 开始, Microsoft 引入了 WPF 开发框架, 并配套有新的打印框架. 该框架为 GDI 应用程序提供了兼容, 分别为 GDI 和 WPF 提供了不同的打印路径: GDI 打印路径和 XPS 打印路径.

尽管 Microsoft 希望 XPS 能够完全代替 GDI 打印, 但多年来一直未能如愿. 下面将分别介绍这两种打印路径.

1.3 GDI 打印路径

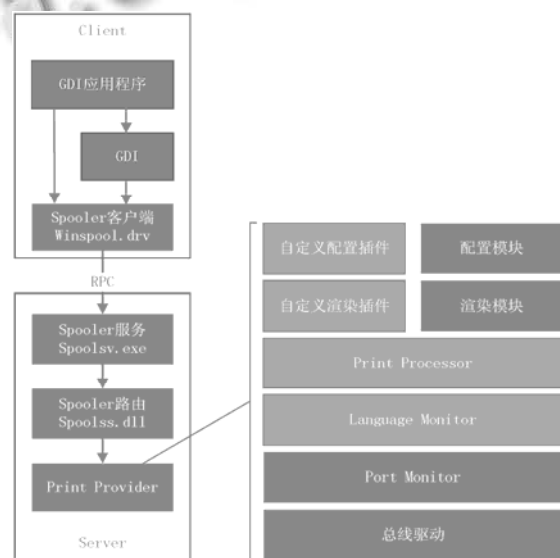


图 3 GDI 打印路径

GDI 应用程序打印时, 先由 GDI 生成 EMF 文件, 然后传送到 Printer Spooler^[1], 交由 Print Provider 处理^[2]. Print Spooler 属于 C/S 结构, 见图 3, 其具体组件包含如下:

Winspool.driv: 是 Spooler 客户端, 为应用程序提供 Spooler 的访问接口;

spoolsv.exe: Spooler 服务端, 以系统服务方式存在. Spooler 客户端可通过 RPC 方式与之交互;

spoolss.dll: Spooler 路由, 可根据打印机名称或打印句柄找到正确的 Print Provider.

Printer Provider: 通常由打印机产商提供, 负责打印作业的创建调度, 打印队列管理, 以及打印作业的数据转换和传送等功能. Windows 系统自带几个 Provider, 包括负责本地打印的 localspl.dll, 负责 Windows 网络打印的 win32spl.dll, 和负责 http 打印的 inetpp.dll.

Provider 的结构如图 3 所示, 蓝色方框表示 Windows 自带的组件, 黄色方框则是打印机产商提供的打印驱动. 打印过程中, Provider 负责创建打印作业, 将 EMF 文件转化为 spooler 文件(.spl), 并交给 Print Processor. Print Processor 根据配置参数调用相应的渲染模块, 将 spooler 文件转化为 RAW 数据, 并交给 Monitor. Monitor 包含了两个部分: Language monitor 和 Port Monitor. 前者负责与打印机进行双向通讯, 以及在打印数据中增加打印控制命令. 后者负责与内核态端口驱动间的通讯, 以及管理和配置端口.

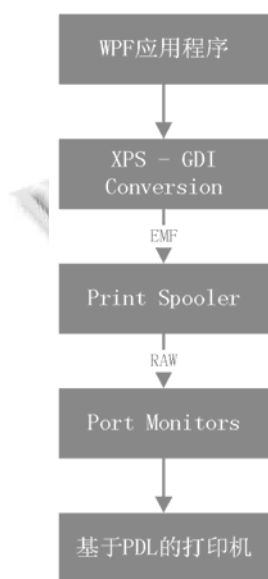


图 4 GDI 打印路径下 WPF 的打印流程

GDI 打印路径下, WPF 应用程序需通过 XPS Print API 中的 Microsoft XPS to GDI Conversion^[2]组件, 将打印数据转化为 EMF 文件后传送给 Print Spooler.

1.4 XPS 打印路径

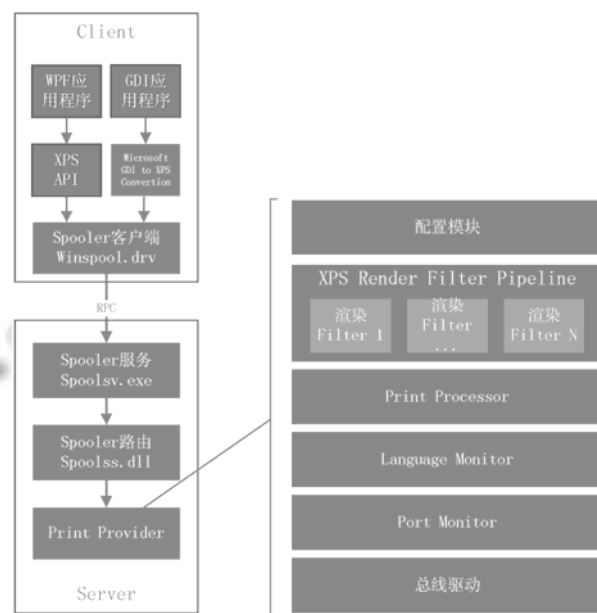


图 5 XPS 打印路径

XPS 打印路径^[3]下, WPF 应用程序将不直接调用打印驱动, 而是通过 Windows 的 XPS 服务生成用于印刷的通用 XPS 文件, 再由 Printer Spooler 服务调用打印驱动中的各种过滤器(Filter)处理 XPS 文件, 而后传递给 XPS 打印机. 对于 GDI 应用程序而言, 它需要通过 MXDC(Microsoft XPS Document Converter)将数据转化为 XPS 文件.

XPS 打印路径下, 通常采用 Microsoft 的 XPS 服务统一处理. 产商也提供增强打印驱动, 其主要内容是各种 Render Filter, 见图中的黄色方框. 由于基于 GDI 的打印驱动已经成熟, 而且可以继续使用. XPS 驱动却需要投入大量资源移植旧驱动中的增强特性, 因此, 多数打印机厂商放弃立即开发完整特性的 XPS 驱动, 而推荐用户使用 GDI 打印路径下的驱动.

1.5 云桌面打印框架

云桌面架构中, 外设的最大问题是应用程序和外设接口分别分布在云桌面和云终端. 要使应用程序能够使用外设, 必须在应用程序与外设接口之间建立联系. 这种联系的建立主要有两种思路: 端口映射和设备映射. 端口映射就是将云终端的端口重定向到云桌

面中,所有处理均在云桌面中进行,而处理后的数据经过重定向后的虚拟端口直接输出到云终端的实际端口,这类技术有 USB 重定向技术、串并口映射技术等.设备映射主要是在云桌面中创建一个充当中继器的虚拟设备.在该虚拟设备接收到外设处理请求后,直接转交给云终端进行数据处理.打印机映射、智能卡映射、WebCam 映射等常见技术就属于此类.下面将分别介绍打印机相关的 USB 重定向技术和打印机映射技术.

2 USB重定向技术

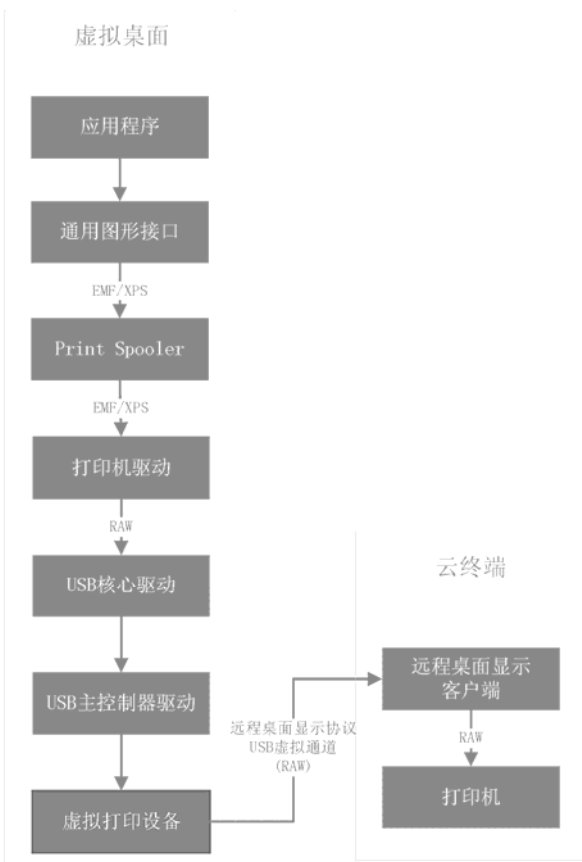


图 6 USB 重定向示意图

各个虚拟化厂商的 USB 重定向技术大同小异.通常是在云桌面的虚拟通用串行总线下创建 USB 虚拟设备.一方面需要在云桌面中模拟 USB 设备的插拔等动作,另一方面,充当应用程序与实际设备的传输中继,转发接收到的 USB 数据包.从本质上来讲,USB 重定向技术就是云桌面的 USB 数据线,负责连通云桌面和打印机.

USB 重定向技术不仅可用于映射 USB 打印机,也适用于其他 USB 设备.它不要求云终端部署设备驱动,在云终端选择方面更加自由.当然,这种技术存在很大局限性.

- 1)不适应 WAN 环境.在高延时且不稳定的 WAN 环境下,USB 通讯协议无法正常工作;
- 2)不支持并口打印机;
- 3)传输数据量大.USB 重定向下,网络中传输的是打印渲染且经过封装的 USB 数据包,其数据量远比 EMF/XPS 文件大.由此带来了较大的带宽占用,同时影响打印处理性能;
- 4)无法兼容高时序要求的打印机.越是高端的打印机,对安全性要求越高,其相应对 USB 通信时序的要求也越发严格.USB 重定向技术构筑于网络之上,与打印机间的通讯响应时间必然远超本地打印方式.有可能无法达到高时序打印机的要求,从而导致 USB 重定向技术下此类打印机无法正常使用.

3 打印机映射技术

另一种打印映射技术——设备映射方式,与云终端的操作系统类型有很大关联.在与云桌面的打印系统衔接方面,Windows 云终端与 Linux 的实现方式有很大不同,从而导致相应的打印机映射方式的差异.

3.1 Windows 云终端

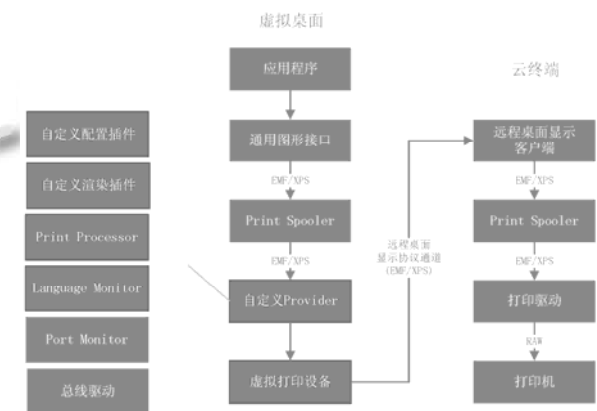


图 7 Windows 云终端的打印机映射示意图

当云终端基于 Windows 平台时,采用的是基于通用打印驱动的映射方式,即 UPD 技术. UPD 下,云桌面和云终端都将依赖 Print Spooler,见图 7.桌面虚拟化厂商通常开发自有的通用打印驱动,如图 7 自定义 Provider 中的红色方框部分.在收到 Print Spooler 转交

的 EMF/XPS 文件后, Provider 不对打印数据渲染, 反而将打印缓存文件重新封装, 然后经虚拟打印设备传送到客户端. 云终端将接收到的数据拆装, 然后传入 Print Spooler, 由打印驱动进行渲染.

主流桌面虚拟化厂商都支持上述方式, 如 Microsoft 的 Easy Print^[4]、Citrix UPD^[5]等. 这种方式有诸多优点:

- 1) 支持 LAN 和 WAN 环境;
- 2) 支持各种接口打印机, 包括并口、USB 接口和串口;

3) 带宽占用小, 打印效率高. 由于网络中传输的是 EMF/XPS 数据, 其数据量远比 PCL/PostScript 等 PDL 数据小. 而且, 在自定义 Provider 或虚拟打印设备中, 可对传输数据进行特殊处理. VMware Horizon View 中引入的 ThinPrint Virtual Printing 方案, 就对传输数据进行了压缩和加密, 从而降低带宽占用, 提升了传输的安全性.

4) 打印稳定性更高. 云桌面与云终端之间实际传输的是文件, 其稳定性和可靠性比基于网络的 USB 通信协议的传输方式更高.

当然, UPD 技术也有明显的局限性, 比如云终端上打印机驱动的维护问题, 又或者 Windows 云终端的成本问题. Windows 客户端仅支持 x86 平台, 而 x86 平台的硬件成本和 Windows 授权成本远比基于 Linux 和 ARM 的高. 因此, 在需求满足的情况下, 多数方案集成商会优先选择基于 Linux 的云终端方案.

3.2 Linux 云终端

云终端基于 Linux 平台时, 打印机映射技术的实现方式与基于 Windows 的有明显不同. 最主要原因是, Linux 打印系统不支持 EMF. 这就要求打印数据必须在云桌面中进行渲染.

由于当前桌面虚拟化厂家对基于 Linux 云终端的打印机映射的支持较弱, 所以这里选择对 Linux 云终端支持最为全面的 Citrix XenDesktop 的打印机映射技术为范本来分析. 针对 Linux 云终端 Citrix 提供了两种打印机映射方式: Citrix UPD 方式和 Print Driver Mapping 方式^[5].

其中, Citrix UPD 方式与 Windows 云终端下的 UPD 方式实现原理相同, 只是具体细节存在两点差异. 一是它采用的通用打印驱动是 HP Color LaserJet 2800 Series PS 驱动, 而 Windows 云终端则采用 Citrix 自研

的 Citrix Universal Printer 和 Citrix XPS Universal Printer 驱动; 二是以 PostScript 作为中间缓存数据, 而 Windows 云终端下以 EMF 和 XPS 作为缓存文件. Linux 主流打印系统无法直接处理 EMF 或 XPS 文件, 因此选择图像保证度较高的 PostScript 作为缓存数据格式. 云终端接收到打印数据后, 如果打印机支持 PostScript, CUPS(Common UNIX Printing System, Linux/Unix 平台的首选打印系统)将打印数据直接输出到打印机; 如果是 PCL 打印机, 则需在 CUPS 中通过打印机驱动将 PostScript 转化为 PCL 数据.

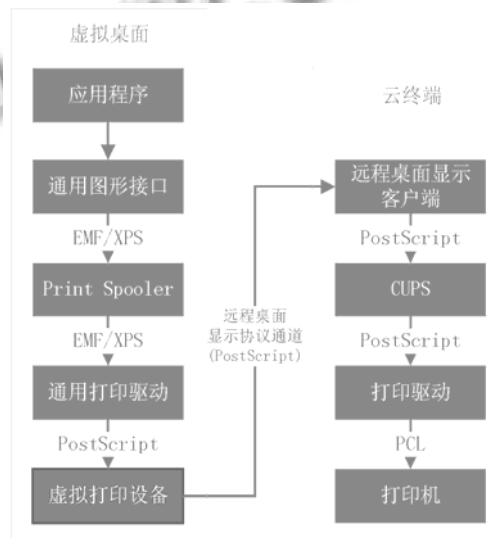


图 8 Citrix UPD 打印方式示意图

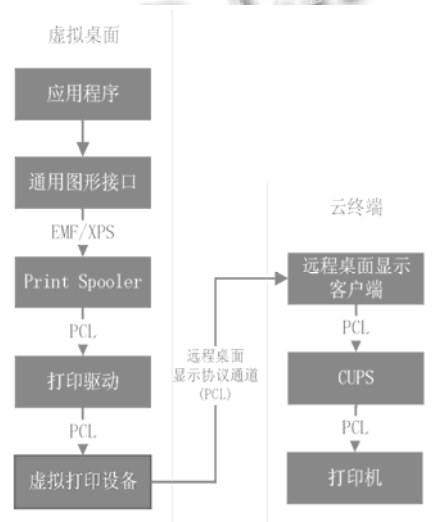


图 9 Citrix Printer Driver Mapping 方式示意图

Printer Driver Mapping 方式, 并不是将打印机驱动映射至云桌面中, 而是将打印机名称映射至云桌面.

它不要求云终端必须部署打印机驱动,但云终端上必须添加一台虚拟打印机,该打印机的名称必须与实际打印机保持一致。在接入云桌面后,Citrix桌面代理程序将根据云终端中虚拟打印机的名称自动创建打印机,并为其加载正确的打印机驱动。进行打印操作时,云桌面中的打印驱动将负责渲染数据,而虚拟打印机在接收到RAW数据后,直接传输给云终端,由CUPS输出到实际打印机。

Linux云终端的UPD方式与Windows云终端的原理相同,优劣势也相同。只是因为多数打印机厂商不提供Linux平台的打印驱动,导致Linux云终端的UPD方式无法实施。这个问题却能被Printer Driver Mapping方式有效解决。不过可惜的是,除Citrix外,再难找到支持类似技术的桌面虚拟化方案了。

4 结语

市场上云桌面的打印映射技术众多,但究其根本,

不外乎USB重定向技术和打印机映射两种,其中打印机映射又分为UPD技术和Printer Driver Mapping技术两种。本文通过深入分析上述三种技术的实现原理,分析出各个技术的优劣势,见表1。其中,USB重定向技术对云终端的要求最低,但其不支持WAN环境,且仅支持USB接口打印机,适用范围受限。而UPD和Printer Driver Mapping映射方式可适应WAN环境,且对打印机的兼容性较好,稳定性较高,因此常被设为云桌面的默认打印方式。只是Windows云终端成本较高,打印机产商对Linux平台的支持不足,而Printer Driver Mapping不常见,导致了多种打印映射技术并存的现状。随着云桌面的数据中心化,以及向大规模部署和低成本方向发展的趋势,未来类似Printer Driver Mapping的技术必将成为主流。同时,为了简化打印驱动的管理,通用打印驱动和打印驱动集中管理必将成为未来的研究热点。

表1 云桌面中三种打印技术的对比

对比项	USB 重定向技术	打印机映射技术	
		UPD 技术	Printer Driver Mapping 技术
网络运行环境	仅支持 LAN	支持 LAN 和 WAN	支持 LAN 和 WAN
打印机支持范围	仅支持 USB 接口打印机	不限	不限
对云终端的要求	低	高 (必须安装设备驱动)	中 (添加名称正确的虚拟打印机)
对云桌面的要求	中 (要求云桌面中部署设备驱动)	低 (自动设置为通用打印驱动)	中 (要求云桌面中部署设备驱动)
打印的稳定性	稍差	好	好
网络带宽占用	最大	最小	中等

参考文献

- Hameed CC. Basic Printing Architecture. <http://blogs.technet.com/b/askperf/archive/2007/06/19/basic-printing-architecture.aspx>. [2007-6-19].
- Microsoft MSDN. Windows Print Path Overview. [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff563787\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff563787(v=vs.85).aspx).
- Microsoft MSDN. Print and Document Services Architecture. <https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj134171.aspx>. [2014-08-25].
- Hameed CC. WS2008: Terminal Services Printing. <http://blogs.technet.com/b/askperf/archive/2008/02/17/ws2008-terminal-services-printing.aspx>. [2008-02-17]
- Citrix. Citrix Virtual Desktop Handbook 7.x. <http://support.citrix.com/article/CTX139331>. [2015-05-25].