电力调度大屏幕显示延迟问题研究与应用

张 亮，葛敏辉，毕晓亮，蒋一愚
（华东电网有限公司，上海市 200002）

摘要：针对华东电力调度中心数据采集与监控（SCADA）系统实时数据在大屏幕上的显示延迟问题，分析了数据流从数据采集到大屏幕显示的各个环节，对其存在的瓶颈从 2 个方面进行处理：一方面是控制数据流量，即减少单位时间内送至大屏幕的数据量（称之为节流）；另一方面是软、硬件升级，即对于数据流传输中瓶颈部分的软、硬件进行升级或优化以消除其对实时数据流的影响（称之为开源）。试验证明，通过修改相关参数，SCADA 服务器发至大屏幕客户端的消息队列中消息数据的个数减少约 76%，同时在硬件性能指标上有了更多的选择。经实际应用表明，同时考虑这 2 个方面既可满足调度员的正常使用，又可节省软硬件升级的费用。

关键词：大屏幕系统；显示延迟；实时数据流
中图分类号：TM734

0 引言

调度大屏幕系统通过超大屏幕为调度员提供了一个更清晰、更广阔的人机界面。华东电力调度中心使用的大屏幕墙由 24 个小显示屏拼接而成，排列方式为 3 行 8 列，每个小显示屏的像素为 800×600，整个大屏幕的像素为 6 400×1 800。华东电力调度中心的能量管理系统（EMS）从南瑞集团公司的 Open 2000 系统更换为 ABB 公司的 Spider 系统之后，在单机上画面数据显示正常，但当将画面投映到大屏幕上之后，发现随着显示画面上动态元素的增多及数据刷新速度的加快，大屏幕在运行一段时间后即出现显示延迟的现象，延迟时间从数十秒到几分钟甚至更长，这将大大影响大屏幕上数据采集与监控（SCADA）系统实时数据的可信性，该现象会为潮流调度尤其是事故处理埋下隐患。分析大屏幕显示延迟原因并消除实时数据显示过程中的瓶颈成为本文的主要目的。

经初步分析，画面数据显示延迟的直接原因是大屏幕显示系统无法支撑画面上的过多动态元素和动态数据的刷新速度。Spider 系统的画面由静态画面和动态元素（包括动态元件和动态数据）2 部分组成，其画面实时数据的刷新速度比 Open 2000 系统快，且支持元素的动态着色，这些原因导致大屏幕在单位时间内显示的数据流量成倍增大，造成硬件（如 CPU、显卡）无法支持，进而产生时延[1-3]。

针对于大屏幕显示延迟问题，本文分析了从数据采集到大屏幕显示过程中的实时数据流的各个环节，找到其传输中的瓶颈，并从 2 个方面着手进行解决：一方面是控制数据流量，即减少单位时间内送至大屏幕显示的实时数据量，这种方法称为节流；另一方面是软、硬件扩容，即对于实时数据流传输中瓶颈部分的软、硬件进行更换或优化以消除其对实时数据流的影响，这种方法称为开源。在满足调度员正常使用的前提下对这 2 个方面做折中考虑。

1 SCADA 系统实时数据流分析

1.1 实时数据流初步分析

SCADA 系统实时数据流从数据采集到大屏幕显示主要经由主站前置机、SCADA 服务器、大屏幕客户端及大屏幕系统等环节[4-6]，其基本流程如下：

1）远程终端单元（RTU）或厂站测控系统将实时采集到的遥测、遥信数据经模拟通道或网络通道按照约定的协议传送至主站前置机（PCU）。

2）PCU 经报文接收和协议解析后，将实时数据传送至主站 SCADA 服务器的消息队列中。

3）主站 SCADA 服务器将消息队列中的实时数据写入服务器的实时数据库中。

4）大屏幕主机通过运行 Spider 系统的客户端软件 WS500 与 SCADA 服务器端进行通信，以获取 SCADA 服务器中实时数据库中的数据。

5）大屏幕主机通过大屏幕系统（控制系统和显示系统）将 WS500 上显示的画面在大屏幕上实时显示。

1.2 关键步骤详细分析

通过初步分析可知，实时数据流的瓶颈位于第

收稿日期：2008-06-10；修回日期：2008-12-24。

4 步和第 5 步。现对这 2 步的操作进行细化。

在大屏幕主机上启动 Spider 系统客户端，该 WS500 客户端将向 SCADA 服务器端注册信息，服务器记录该信息至实时数据库中的客户端信息列表(该表保存了客户端打开的画面列表)，同时为每个客户端建立一个消息队列，该消息队列存储服务器向指定客户端发送动态元素的数据信息。SCADA 服务器根据 WS500 客户端打开的页面找到这些页面上动态元素的值，将其写入位于服务器端且与该客户端对应的消息队列中。服务器端的通信进程将这些数据按次序发给客户端，客户端同样采用类似队列的形式保存在内存中，用以刷新数据。大屏幕的 WS500 客户端根据收到的实时数据对操作系统提出页面刷新请求。操作系统通过图形设备接口(GDI)和显示控制接口(DCI)对使用的函数进行选择并通过显卡驱动程序传送数据给大屏幕控制系统，最后由大屏幕显示系统在大屏幕上显示实时数据。具体过程如图 1 所示。

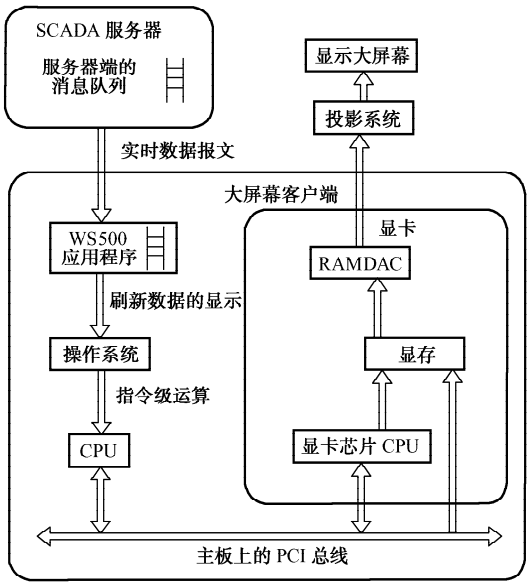


图 1　SCADA 实时数据从服务器到大屏幕的数据流详图

Fig. 1　Detailed data flow diagram from SCADA server to large screen

通过对 SCADA 实时数据流向的分析，得知可从 2 个方面着手进行解决大屏幕显示延迟的问题：一是控制数据流量，即减少单位时间内送至大屏幕显示的实时数据量；二是对软、硬件进行升级，即对于数据流传输中瓶颈部分的软、硬件进行更换或优化以消除其对数据流的影响。这 2 个方面需要综合考虑，仅节流不开源，会因为数据刷新速度过慢影响到调度员的正常使用；仅开源不节流，将会导致在硬件选择余地减小，因而增加硬件升级的费用。

2　节流——控制大屏幕数据流量

控制大屏幕数据流量有 2 种方式：一是通过更改程序对屏幕进行局部刷新来节流，尽管该方法效果明显，但缺点是需要 EMS 厂家配合；二是通过配置一些参数对大屏幕显示的实时数据流量进行控制，与大屏幕实时数据流量控制相关的参数有 RTU 本地死区参数、PCU 本地死区参数、实时数据库更新死区参数、客户端画面更新频率参数和大屏幕显存输出频率参数。

RTU 本地死区参数的作用是 RTU 传送的模拟量值的变化量小于死区值时，RTU 将不会向 PCU 发送数据报文，该参数由子站设定；PCU 本地死区参数的作用是当 PCU 要传送的模拟量值的变化量小于死区值时，PCU 将不会向 SCADA 系统发送数据报文，该参数在主站 EMS 中设定；实时数据库更新死区是由 SCADA 系统设定的死区控制，如果从主站 PCU 发来的变化值小于数据库更新死区值，那么将不对实时数据库进行刷新。为了不使通信信道发生不必要的过载，可以对数据库死区值进行设置，发向 SCADA 系统的经 PCU 本地死区参数值过滤的报文，是否写入实时数据库依赖于数据库更新死区的大小，该死区值决定了是否更新实时数据库；客户端画面更新频率参数用来控制客户端软件的数据更新频度，就是当实时数据发生变化时，SCADA 服务器端并不是立刻将该数据发送至客户端软件，而是按照一定的更新频度对客户端的相关数据进行更新；大屏幕显存输出频率是指大屏幕主机显卡上显存的数据更新频度。实时数据流量控制参数的原理如图 2 所示。

经分析可知，大屏幕数据流的主要瓶颈在于大屏幕主机的图形处理器(GPU)收到过多数据刷新请求而来不及刷新显存导致。因此，采用“节流”的方式，减少大屏幕主机收到的数据刷新请求个数，是解决这个问题的可行手段之一。针对大屏幕在显示华东 500 kV 网架潮流图(动态元素个数为 992)时，修改相关参数对消息队列中数据的影响，进行了如下试验：

试验 1　定量分析修改实时数据库更新死区参数对消息队列中数据个数的影响。修改华东电网 500 kV 线路潮流数据的实时数据库更新死区参数，使之从 0%到 5%变化，测试 SCADA 服务器发向大屏幕客户端的消息队列中消息数据的个数，测试结果(见附录 A 图 A1)说明：随着实时数据库更新死区参数(Database update deadband %)的增大，SCADA 服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息

数据的个数会减少。但在实时数据库更新死区参数设定为5%时,画面上实时数据的变化率明显变慢,不能正常反映潮流数据的变化,因而数据刷新的及时性不能满足调度运行要求。经比较,实时数据库更新死区参数选择2%较合适(个别重要数据如省市联络线潮流数据选1%)。

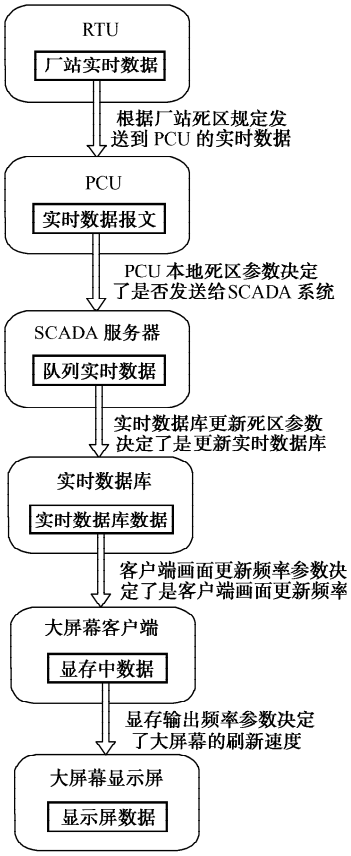


图2 大屏幕实时数据流量控制参数的原理
Fig. 2 Large-screen real-time data flow control parameters diagram

试验2 修改客户端画面更新频率参数(Client picture update freq),使之从0 s到3 s变化,测试SCADA服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息数据的个数。测试结果(见附录A图A2)说明:随着客户端画面更新频率参数的增大,SCADA服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息数据的个数也会减少。从节流和调度员使用2方面综合考虑,客户端画面更新频率参数选择为1 s较为合适。

试验3 在参数修改前和修改后(潮流数据的实时数据库更新死区参数设定为2%,客户端画面更新频率参数设定为1 s),SCADA服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息数据个数的比较。结果(见附录A图A3)表明:在相关参数修改后,SCADA服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息数据的个数减少约76%。

3 开源——升级相关软硬件

"开源"是指通过升级大屏幕相关的软、硬件提升其性能后解决大屏幕显示延迟问题。通过比较(不同显示终端、大屏幕显示不同画面、不同的分辨率和刷新速度、同时显示不同的进程数)可知,大屏幕显示的主要软件瓶颈在EMS屏幕刷新程序的可并行性与大屏幕系统显卡驱动上,主要的硬件瓶颈在GPU与真正应用集群(RAC)对显存的访问上。

对于软件瓶颈,EMS屏幕刷新程序的可并行性较差,将不能充分发挥多CPU多核并行处理的优势,导致CPU各核的负载严重不平衡,因而产生数据显示延迟。由于显卡驱动程序决定了GPU图形处理的优势能否充分发挥,如果驱动程序版本过低,会导致出现CPU负载过重而GPU处理空闲的情况。

对于硬件瓶颈,分析可知显卡处理图像数据的基本过程分为4步:

1)CPU将有关作图的指令和数据通过总线传送给显卡芯片GPU,GPU是显卡的核心部件,它负责大量的图像数据运算和内部的控制工作。

2)GPU根据CPU的要求,完成图像处理过程,并将最终图像数据保存在显存中。

3)从显存读取出数据再送到随机存取内存数/模转换器(RAMDAC)进行数据转换。

4)数/模转换器(DAC)将转换完的模拟信号送到显示屏进行显示。

对应显卡处理图像数据基本过程,对于大屏幕系统中的显存访问瓶颈的解决途径有4种:

1)减少CPU发至GPU的指令数,从而降低GPU访问显存的频度。可通过修改与大屏幕显示数据流相关的参数,减少消息队列中发送给大屏幕客户端的数据个数,间接地降低GPU访问显存的频度。

2)提高显存带宽,即采用更高显存带宽的显卡。如采用128 MB/通道或者更高的显卡。

3)转变GPU和RAMDAC共享访问显存的模式。可选用双端口设计的显存,使GPU芯片和RAMDAC分端口对显存进行读取。

4)降低显示要求,如降低分辨率、色素位宽等。在降低显示要求后,大屏幕的刷新延迟明显好转,并且在特定配置下(每块屏幕的分辨率为800×600像素,每个像素点的色深为16位,刷新频率为60 Hz),大屏幕显示无明显延迟现象,但该配置不能满足正常的调度显示需求。

综合考虑上述因素可知,通过修改与大屏幕显示数据流相关的参数,对大屏幕显示数据流进行节流使得在显卡性能要求的指标上有了更多的选择。选择了型号为 Matrox PPX-OUT8 的显卡,该显卡所用的 WRAM(Window RAM)采用双端口设计,显存带宽为 64 MB/通道,实践证明,更新了大屏幕主机的软、硬件后,在实时数据出口上扩宽了数据流传输中的瓶颈,解决了显存访问上的瓶颈问题。

大屏幕主机相关软、硬件参数如下:操作系统为 Windows XP Professional;DirectX 版本为 9.0c;CPU 为 Intel Pentium 4,3 199.9 MHz;前端总线频率 266.7 MHz,总线速度 1 066.6 MHz;显卡型号为 Matrox PPX-OUT8,DAC 为 164 MHz;主板为 Supermicro X7DB8-X,前端总线带宽 8 533 MB/s。

4 结语

针对华东电力调度中心 SCADA 系统实时数据的大屏幕显示延迟问题,本文分析了数据流从数据采集到大屏幕显示过程中的各个环节,对于实时数据流上存在的瓶颈从开源和节流 2 个方面进行处理:节流即是控制数据流量,减少单位时间内送至大屏幕要显示的实时数据的数据量;开源是指对软、硬件升级。试验证明,通过修改相关参数,SCADA 服务器发至大屏幕客户端消息队列中消息数据的个数减少约 76%,并在硬件性能指标上有了更多的选择。经实际应用表明,同时考虑这 2 个方面,既可以满足调度员的正常使用,又可以避免硬件选择上不必要的浪费。

附录见本刊网络版(http://www.aeps-info.com/aeps/ch/index.aspx)。

参 考 文 献

[1] 刘苏建.大屏幕投影显示系统在电力调度系统中的应用.电力系统自动化,2000,24(12):58-60.
LIU Sujiang. Application of large screen projection system in electric power dispatching system. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(12): 58-60.

[2] 王谦,喻移专,施永铎.SCADA 大屏幕投影显示系统.电力系统自动化,1996,20(5):56-58.
WANG Qian, YU Yizhuan, SHI Yongduo. SCADA ultra-screen real time projection system. Automation of Electric Power Systems, 1996, 20(5): 56-58.

[3] 王永福,张伯明,孙宏斌.自动软件在调度自动化系统中的应用.电力系统自动化,2001,25(2):45-47,59.
WANG Yongfu, ZHAGN Boming, SUN Hongbin. Application of free software to power dispatching automation system. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(2): 45-47, 59.

[4] 张慎明,卜凡强,姚建国,等.遵循 IEC 61970 标准的实时数据库管理系统.电力系统自动化,2002,26(24):26-30.
ZHANG Shenming, BU Fanqiang, YAO Jianguo, et al. Real-time database management system (DBMS) that conforms to IEC 61970 standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 26-30.

[5] 辛耀中.新世纪电网调度自动化技术发展趋势.电网技术,2001,25(12):1-10.
XIN Yaozhong. Development trend of power dispatching automation technique in 21st century. Power System Technology, 2001, 25(12): 1-10.

[6] 何江,吴杏平,李立新,等.基于组件技术的电力系统实时数据库平台.电网技术,2002,26(3):64-67.
HE Jiang, WU Xingping, LI Lixin, et al. A component based real-time database management platform. Power System Technology, 2002, 26(3): 64-67.

张 亮(1974—),男,通信作者,博士,工程师,主要研究方向:电力系统及其自动化、电力信息整合、数据挖掘。E-mail: zhang_liang@ec.sp.com.cn

葛敏辉(1974—),男,硕士,工程师,主要研究方向:电力系统及其自动化。

毕晓亮(1974—),男,博士,工程师,主要研究方向:电力系统及其自动化。

Investigation and Application of Power Dispatching Display Delay on the Large Screen

ZHANG Liang, GE Minhui, BI Xiaoliang, JIANG Yiyu
(East China Grid Group Company, Shanghai 200002, China)

Abstract: In order to solve the display delays on the large screen of SCADA real-time data, an analysis is made of the data flow from data collecting to large screen display, with the existing bottleneck of display delay found and handled in two aspects, one to control the data flow traffic (or what is called cutting expenditure), and the other to upgrade software and hardware (or what is called increasing revenue). The experiment results show that by revising the relevant parameters, the number of data sent by the SCADA server to the big screen client in the message queue is reduced by about 76%, at the same time we have a broader choice in the graphics card performance indices. Application shows that the solution has taken into account both aspects, not only meeting the dispatcher's normal use, but also saving the cost of software and hardware upgrading.

Key words: large screen system; display delay; real-time data flow

附录 A

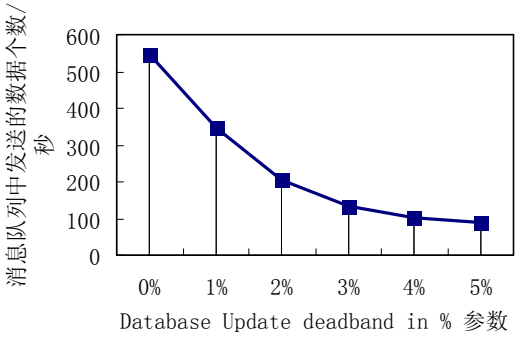


图 A1　不同实时数据库更新死区参数下的消息队列中数据个数测试结果

Fig.A1　Numbers of data in message queue under different Database update deadband

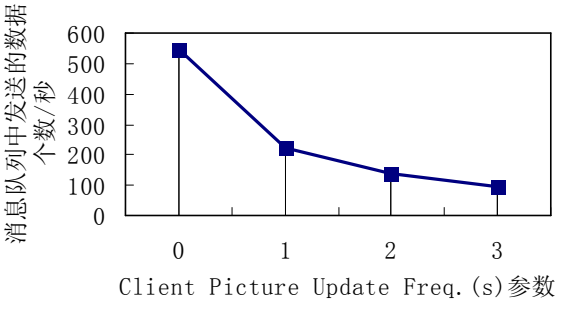


图 A2　不同客户端画面更新频率参数下的消息队列中数据个数测试结果

Fig.A2　Numbers of data in message queue under different Client picture update freq.

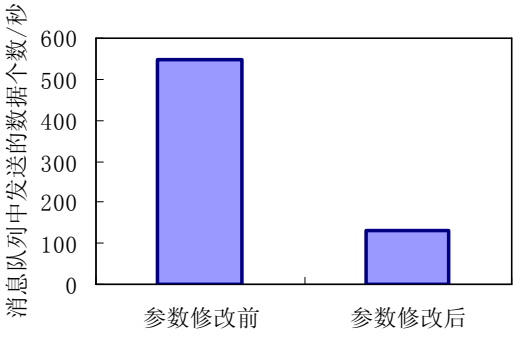


图 A3　相关参数修改前与修改后消息队列中数据个数对比测试结果

Fig.A3　Numbers of data in message queue before and after the revision of the relevant parameters