文章编号：1000-8608(2008)05-0744-05

关联多屏显示及其在电力系统中应用

朱全胜， 赵 贺， 刘 娆， 李卫东*

（大连理工大学 电气工程与应用电子技术系，辽宁 大连 116024）

摘要： 提出了关联多屏显示这一全新概念，并在电力系统的背景下展开研究. 首先将电力系统的显示内容分为对象类以及信息类，基于屏幕间显示内容联动性上的不同，对关联多屏显示的重要属性——关联关系进行了归纳，将其分为对象相关、信息相关、继承相关、完全相关等四大类. 随后对关联多屏显示的实现原则进行了探讨，并在最后基于单机多屏的模式进行了实现.

关键词： 关联多屏显示；电力系统；关联关系

中图分类号： TM734 **文献标志码：** A

0 引 言

随着全国联网、电力系统的市场化，以及系统规模的不断扩充，控制中心的调度员所需要掌握的数据量以及数据类别都在不断增多. 为满足调度员迅速、准确地监控系统的需要，快速并合理地显示电力系统中的有效信息成为一项迫切需要解决的问题[1].

多屏显示作为电力系统中较为常见的显示技术，在系统的监控工作中起着重要作用. 目前多屏显示在应用过程中，各屏幕间是互相孤立的，没有真正的内在联系. 单纯地扩充监控有效面积是一种比较简单的做法，并没能最大程度发挥多屏的作用. 此外，调度员所执行的任务有很大区别，传统多屏显示中各屏幕的显示内容和手段基本是固定的，不能随任务类型的变更而进行调整.

通过对多屏显示深入的剖析，本文提出关联多屏显示这一全新的概念，并以电力系统的应用环境为研究背景，根据需要显示的实际内容以及调度员的操作需要，对关联多屏的重要属性——关联关系进行归纳和分类. 最后对关联多屏显示的实现原则作进一步的研究，并通过实验实现关联多屏显示.

1 电力系统常用显示技术

电力系统中的人机交互整合了多种显示技术，常见的如可视化技术、多窗口显示、多屏显示等.

可视化技术[1~3]通过使用等高线、色彩变换、动态箭头、3-D 技术等显示手段[4~6]可以在一张图例上显示海量的数据，能有效地提高工作效率；但其不能在一张图例上显示太多的数据类别. 例如要在一张图例上同时显示多条线路的有功和无功功率的相关信息是很困难的，即使能够同时显示，也易造成屏幕显示内容过于拥挤，同时给调度员造成视觉上的混淆.

通常情况下多窗口显示只有一个全屏窗口在前，其他窗口均在后台工作. 另外，多个窗口也可并行显示，但受限于屏幕尺寸，多窗口之间容易互相覆盖，不利于调度员观看. 调查显示，绝大多数调度员不喜欢目前被广泛使用的多窗口管理模式[7].

传统的多屏显示弥补了单一屏幕显示面积不足的缺点，特别是结合可视化技术利用不同的屏幕同时展现多个图例，可避免同一张图例上的显示内容过于拥挤. 然而长期以来，设计人员缺乏对多屏显示更深刻的认识，导致多屏显示的功能过于简单，通常是对一个大图像进行分割，或者是在几个屏幕中显示不相关的内容，屏幕间没有建立起有效的联系，在操作上也互相孤立.

收稿日期： 2006-12-10； **修回日期：** 2008-07-19.
基金项目： 国家自然科学基金资助项目(50577002).
作者简介： 朱全胜(1982-)，男，博士生；李卫东*(1964-)，男，教授，博士生导师.

文献[8]提出了耦合多屏显示的概念.耦合多屏显示由一个主屏幕和若干子屏幕构成,调度员在主屏幕上进行操作,子屏幕的相关显示内容会随之变动,这种联动式的工作模式将多屏的显示内容真正联系在了一起.但是,这个概念是在作者没有分析系统的具体显示内容的前提下提出的,定义较为笼统.实际上,除了文献[8]提出的连接模式外,屏幕之间还有其他多种适用于电力系统的联动方式.

为弥补文献[8]中的不足,本文提出一个全新的概念——关联多屏显示,并在电力系统的应用环境下对其展开深入研究.

2　关联多屏显示

2.1　关联多屏显示的定义

关联多屏显示定义如下:在多屏显示系统中,若干个屏幕之间的显示内容始终保持某种同步性以及联动性,当用户改变任何一个屏幕的显示内容时,与之有关联关系的其他屏幕显示内容也随之改变.关联关系反映屏幕之间以怎样的方式互相关联,是建立关联多屏显示系统的基本元素.

本文将在电力系统的应用环境下对其展开研究.在电力系统中使用关联多屏显示,一方面能够更加有效地显示调度员所需要的内容;另一方面,调度员可以通过对一个屏幕的操作来同时控制若干个相关屏幕的显示内容.

2.2　关联多屏显示的关联关系

关联多屏显示系统中,屏幕之间需要由一座座“桥梁”将它们彼此联系在一起,这些“桥梁”由屏幕之间的关联关系决定.关联关系是关联多屏显示区别于传统多屏显示所特有的属性,用户对关联多屏显示的使用正是从确立各个屏幕之间的关联关系开始的.

屏幕间的关联关系反映屏幕之间的连接方式,以及互相影响的方式.这样的方式可以有很多,取决于其所针对的具体问题以及具体任务.实际应用中,关联关系的种类过多,势必会使关联多屏显示的设定以及使用变得繁琐,用户需要花费很多时间在多种关联关系之间进行选择,这将给用户带来很大的不便,同时会造成使用上的不灵活.通常情况下,需依据具体的工作状况,归纳出适当数量的关联关系类别.

2.2.1　*电力系统显示内容的分类*　关联多屏的“关联”指的是屏幕之间显示内容上的某种联动性,因此要对关联关系进行归纳,首先要对屏幕所展现的具体内容进行分类,这也是对关联关系进行分类的重要依据.

通过对电力系统的显示内容进行分析后,本文将其归纳为以下两大类:

(1)对象类

其中包括地理区域、各条输电线路、各类节点(发电厂、负荷、变电站等)以及其他设备等.

(2)信息类

各个对象类相关的数据或者状态(电压幅值、有功功率、线路的可用传输容量、线路的投运或开断等).

电力系统所显示内容的类别还可以分得更加详细,但这势必会增加多屏的关联关系总类,依照前面的分析,这种做法并不合理.

实际显示过程中,一个屏幕通常会显示多类对象以及多类信息,为便于理解,本文所提及的对象均为一类或多类对象,提及的信息均为一类或多类信息.

2.2.2　*关联关系的分类*　屏幕的关联关系本质上指的是两个屏幕之间相互影响的关系,因此关联关系的分类原则也是基于两个屏幕的.

基于 2.2.1 显示内容的分类,在此将关联多屏显示的关联关系划分为以下几类:

(1)对象相关类

两个屏幕始终显示相同的对象(特别是相同的区域),每个屏幕显示各自不同的信息.例如在 1 屏中显示 a 对象的电压相关信息,2 屏中显示 a 对象的功率相关信息.此时,当其中任何一个屏幕的对象变动(例如在地理信息图中平移、放大、缩小图像)时另一个屏幕所显示的对象也随之变动,二者显示的对象始终保持一致.

对象相关类在很大程度上弥补了信息可视化显示技术不能在一张图例上显示大量信息类的缺点,在监控某一特定对象时,调度员可利用一个屏幕显示一类信息,另一个屏幕显示另一类信息,从而避免在一个屏幕上过于拥挤地显示过多的信息类别.

(2)信息相关类

两个屏幕显示相同信息,每个屏幕显示各自不同的对象.例如在 1 屏中显示 a 对象的电压以及功率信息,2 屏中显示 b 对象的电压以及功率信息.当其中一个屏幕显示的信息变更时,另一个屏幕的信息也随之变动,二者显示的信息始终保持一致.

当调度员需要同时监控几个对象的相同信息时,调度员可以利用此类,利用多个屏幕追踪不同对象的相同信息变化情况.

(3)继承相关类

实际应用中,一个显示较大区域的可视化图例不可能全面地、清晰地展现整个区域的系统运行情况,调度员有时需要放大某一特定区域或者选定某个特定对象(如电厂、变电站、线路等)来查看更为具体的信息;但同时,调度员又不希望丧失对全局的监控能力.使用继承相关类可以实现上述的监控任务.

继承相关类的两个屏幕分别显示全局图以及局部细节图,显示全局图的屏幕被称为母屏,显示局部放大图的被称为子屏.子屏显示的对象将会随着鼠标在母屏中的选择、平移而改变,所显示出的信息类也比母屏的更具体、更丰富.文献[8]所举的网络拓扑以及故障分析的耦合多屏显示例子可归为此类.

(4)完全相关类

两个屏幕显示的对象以及信息都是相关联的,调度员无论是改变显示的对象还是信息,都能相对应地引起相关屏幕显示内容的变动.同时,两个屏幕在其他因素上保持相异,例如:

①显示方式不同　很多情况下,调度员需要同时使用多种显示手段以便于更好地分析和解决问题.例如,调度员在监控地理信息图的同时需要查看相关的具体图表格式数据信息,这时候就可以利用两个屏幕分别予以显示.用户在一个屏幕上点击可视化图形的某一对象或者数据表格中的某一对象,在另一个屏幕将会使与之相关的数据亮化显示,反之亦然.文献[8]所举的可视化内容的耦合多屏显示例子可归为此类.

②时间不同　当调度员需要预测未来时段的系统状态或者重放过去时段所发生的事件,但同时又不希望丧失对实时系统的监控能力,便可以用完全相关类进行设置,使得两个屏幕显示的对象以及信息始终保持一致性.例如,一个屏幕显示某区域实时的潮流状态,另一个屏幕显示从1 h前到目前时间之内同一区域的潮流状态变化情况(可以动态形式显示).

若某个屏幕与其他任何屏幕均无关联关系,就称之为独立屏幕,电力系统目前所使用的多屏显示大都为此类屏幕.

2.3 关联多屏显示的特点

在电力系统应用中,与传统的多屏显示相比,关联多屏显示有以下特点:

(1)符合调度员操作习惯

传统的多屏显示中,调度员不得不频繁地进行屏幕管理(对图例进行放大、缩小、平移等操作),这些都是调度员所厌倦的.在关联多屏显示中,可以大大减少调度员的此类困扰.

(2)快速实现任务

关联多屏可以便捷地满足调度员的需求,从而快速地实现任务,大大节省调度员的操作时间,同时可以便捷地根据具体情形变更屏幕间的关联关系.调度员不用过多地关注界面,可将更多的时间和精力用在处理具体事务上.

(3)能进行并联的多任务显示

多个屏幕可以相互根据不同的任务方便地进行组合,多个屏幕之间可以同时显示几个相关任务,有利于保持调度员工作上的协调性.

3 关联多屏显示的实现方式

3.1 关联多屏显示实现的硬件配置方式

硬件配置上,关联多屏显示有单机多屏和多机多屏两种实现方式.

单机多屏系统通过使用多屏显示卡,实现一台计算机同时连接多台显示器工作,从而使多个窗口以全屏的方式在不同的屏幕上显示,此外也可将一个窗口扩展到多个屏幕上显示.鼠标可在多个屏幕之间任意游走,用户可以平滑地将光标由一个屏幕移动到另一个任意屏幕上.根据具体需要,还可在一台计算机上安装多块多屏显示卡,连接的屏幕数量可以在允许范围内任意选择,屏幕的排列方式也可任意设定.单机多屏显示示意图如图1所示.

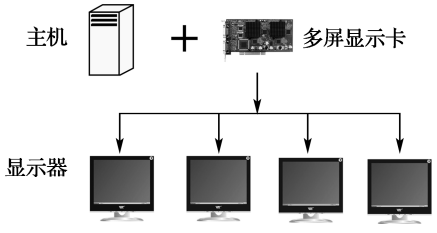

图1　单机多屏显示示意图

Fig. 1　Demonstration of single computer MSD

多机多屏系统通过建立局域网使多个单机单屏系统联系起来,各主机通过网络进行数据交换,从而相互影响各屏幕间的显示内容.由于各个屏幕隶属于不同的主机,鼠标并不能在多个屏幕之间任意漫游,需要特殊的操作才能切换鼠标和键盘对屏幕的控制权.多机多屏显示示意图见图2.

从实施的便利性以及成本来考虑,单机多屏显示系统要明显优于多机多屏显示系统,在实际应用中推荐使用单机多屏显示的硬件配置方法.

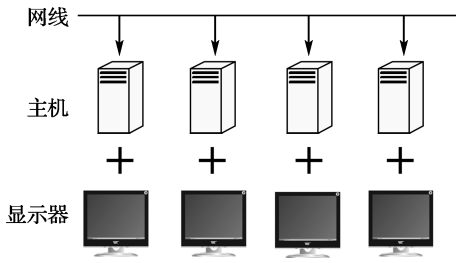

图 2　多机多屏显示示意图

Fig. 2　Demonstration of multi computers MSD

3.2　关联多屏显示的软件实现方式

多屏显示的软件实现并不复杂，在原有的监控系统基础上进行适当扩充即可. 几个关键点分别是：对显示内容进行分类，提供多样性的显示方法以及关联关系接口的建立等. 由于屏幕数量较多，并且屏幕之间存在着较复杂的关联关系，为便于使用，还需要将相关功能统一封装在管理界面中. 调度员通过操作该界面建立关联多屏显示系统.

软件实现要点如下：

(1)建立对象类和信息类，将所有显示内容归结在两大类中

依据前文分析，为了实施关联多屏显示，将电力系统中的显示内容分为对象和信息两类，在保留原有小类别(例如功率类、电压类等)的基础上进行相应的归类.

(2)提供多种显示方法

为了更加有效地使用关联多屏，需提供若干种显示方法供调度员选择. 调度员根据监控需要进行选择，例如进行大面积区域监测时选用地理信息图显示方式.

(3)用计算机语言定义关联关系

定义屏幕间的关联关系是软件实现的重点. 根据硬件模式的不同，定义关联关系有两种方式：①单机多屏. 使用多屏显示卡，系统会根据分辨率为每个屏幕分配相应的像素位置. 例如在 1 024×768 的分辨率下，如果主屏幕位置信息为(0，0，1 024，768)，则其左侧屏幕位置为(－1 024，0，1 024，768)，括号中的前两个数值为屏幕左上角的 x、y 坐标值，后两个数值为该屏幕的像素尺寸. 编程时依据各个屏幕的数量和位置生成相对应的全屏幕单窗口，屏幕之间的关系就转变为了各窗口之间的关系. 例如定义信息相关类，便可以设定使得窗口 1 的信息类等同于窗口 2 的信息类. ②多机多屏. 涉及各台主机之间的通信，与计算机网络技术相关，其原理类似于在主机之间建立起一个小型的局域网，通过网络通信建立关联关系，方法较第一类模式繁琐，该方法不予推荐.

(4)设计及编写多屏管理界面

该界面对程序进行封装，主要有两个模块——显示方法选择模块以及关联关系确定模块. 此外该界面提供模板保存功能，用户根据需要，可以将一些常用的模式直接保存为模板形式，在以后的使用中，直接选择需要的模板即可.

4　实验平台

4.1　实验平台介绍

在硬件配置方面，采用单机多屏模式. 硬件配置为：1 块 32 MB 显存的多屏显示卡(最多可接 4 台显示器)，1 根 1 带 4 的数据线，4 台 17 寸纯平显示器，一台主机. 将多屏显示卡插入计算机主机中，并通过数据线分别与 4 台显示器进行连接即可.

在软件方面，使用 Visual Basic 编写，结合 Mapx 进行 GIS 编程. 本实验平台模拟电力系统的潮流状态监控，主要显示系统区域以及各个节点的电压以及功率状态. 主画面以地理信息图形式显示大区域的电力系统，其余画面根据需要设定. 其中关联多屏显示按照第 2 和第 3 章所描述的方式进行建立，为用户提供地理信息图、电气图以及图表等显示方法，提供对象相关、信息相关、继承相关、完全相关类等若干种关联关系.

显示方法选择模块顺序排列屏幕，通过下拉菜单选择屏幕序号及其对应的显示方式；关联关系确定模块每行提供 3 列下拉菜单——前两列菜单选择屏幕，第 3 列菜单设置关联关系. 若屏幕之间的关联关系较多，可以临时添加.

4.2　实　例

监控目标：监控大区域系统潮流概况，同时监控某个小区域更加详细的潮流状态.

各屏幕具体显示状态要求如下：

屏幕 1　以地理信息图形式显示大区域的实时功率状态.

屏幕 2　以地理信息图形式显示局部区域具体的潮流状态相关数据，显示内容上继承自屏幕 1，即监控的区域范围随着调度员在屏幕 1 中的选择进行改变.

屏幕 3　以电气接线图(单线图)形式显示局部区域具体的潮流状态相关数据，显示内容上继承自屏幕 1，即监控的区域范围随着调度员在屏幕 1 中的选择进行改变.

屏幕4　局部区域具体的潮流状态相关数据(以表格形式予以展现),显示的对象和信息与屏幕2保持一致.

各屏幕的关系示意图如图3所示.若实现上述监控目标,需在管理界面中做如下设定.

显示方式:屏幕1地理信息图;屏幕2地理信息图;屏幕3电气接线图;屏幕4表格.

关联关系:1-2继承相关类;2-3完全相关类;2-4完全相关类.

通过以上设置,4个屏幕即建立起符合监控目标以及屏幕显示状态要求的关联多屏显示系统.其中,屏幕2、3、4的显示内容(包括对象和信息)完全一致,仅显示方法不同.3个屏幕的显示对象(区域或者厂站)均随着用户在屏幕1中的选取而改变.

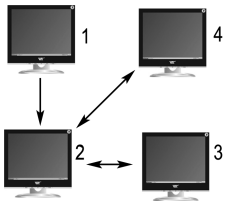

图3　潮流状态监控的关联多屏显示系统示意图

Fig. 3　Demonstration of power flow state CMSD

5　结　语

为提升多屏显示在电力系统监控体系中的实用性,本文提出了关联多屏显示这一新概念,并对其进行了深入的研究.关联多屏显示有着传统多屏显示无可比拟的优越性,在电力系统监控体系中有着更强的适用性,如果用它来代替传统的多屏显示,将会更大程度上满足调度员的需求,同时也会提高调度工作的效率.

关联多屏显示仍有很多问题值得继续研究,例如控制中心屏幕群数量确定原则以及多屏显示管理界面的设计等.

参考文献:

[1] 刘　娆,李卫东,吕　阳. 电力系统运行状态可视化技术综述[J]. 电力系统自动化,2004,**28**(8):92-97

[2] 韩祯祥,吕　捷,邱家驹. 科学计算可视化及其在电力系统中的应用前景[J]. 电网技术,1996,**20**(7):22-27

[3] 王成山,许晓菲,余贻鑫,等. 电力系统电压稳定域的局部可视化描述及其应用[J]. 中国电机工程学报,2004,**24**(3):1-5

[4] MAHADEV P M, CHRISTIE R D. Envisioning power system data: concepts and a prototype system state representation [J]. **IEEE Transactions on Power System**, 1993, **8**(3):1084-1090

[5] MITSUIM H, CHRISTIE R D. Visualization voltage profiles for large scale power systems [J]. **IEEE Computer Application in Power**, 1997, **10**(3):32-37

[6] OVERBYE T J, WEBER J D. Visualizing the electric grid [J]. **IEEE Spectrum**, 2001, **38**(2):52-58

[7] CLARK S L, STEVENTON J, MASIELLO R D. Full-graphics man-machine interface for power system control centers [J]. **Computer Applications in Power, IEEE**, 1988, **1**(3):27-32

[8] 赵　贺,吕　阳,李卫东. 电力系统运行状态的耦合多屏显示[J]. 电网技术,2005,**29**(17):45-48,57

Correlated multi-screen display and its application to power system

ZHU Quan-sheng, ZHAO He, LIU Rao, LI Wei-dong*

(Department of Electrical and Electronics Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: A new concept, correlated multi-screen display is put forward and studied based on the application to power system. Display contents of power system are classified into object and information. According to the different linkages of display content between the screens, the crucial attribute correlativity is classed into four sorts: object correlation, information correlation, inheritance correlation and entirety correlation. And then, the realization principle of correlated multi-screen display system is discussed. It is realized based on the single-computer multi-screen mode at last.

Key words: correlated multi-screen display; power system; correlativity