

文章编号: 1007-791X (2010) 02-0149-03

通信网络关联信息可视化

张 涛^{1,2}, 高海波², 李 昕², 洪文学^{2,*}

(1. 燕山大学 信息科学与工程学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 燕山大学 电气工程学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘 要: 针对日益复杂的通信网络, 设计了一种对网络中关联信息进行可视化的方法。该方法以可视化分析学为依据, 利用人类对于视觉信息理解与分析能力强的优势, 通过对数据进行分析, 完成对通信对象关联与属性分析的可视化表示, 放大人类对数据的感知与认识。通过该方法, 可以在不损失信息原有内容的同时, 对大规模数据进行形象的、易接受的可视化表示, 便于在短时间内发现感兴趣信息。

关键词: 可视化; 关联信息; 通信网络; 社会网络

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

0 引言

随着通信技术, 尤其是个人通信技术的迅速普及, 个体之间的通信日益频繁和密切。在信息交流日益便利的同时, 也提出了一些新的挑战。在国家安全与公共安全领域, 恐怖分子、犯罪嫌疑人等可以利用通信技术进行快速的信息传递而不需要相互见面, 潜在的增加了犯罪的规模与侦查的难度; 在金融领域, 不同账户之间的通信关联分析不但可以用于个人理财, 同时可以发现账户的异常波动, 提示金融犯罪; 在社会学领域, 人们之间不需要见面即可相互联系, 社会关系网络变得更为复杂; 在商业领域, 如果能快速分析出用户通话地点之间的关系, 对于优化运营网络结构与制定更为合理的资费有着重要的参考价值。

无论哪种应用, 均需要对通信记录进行快速的、全面的分析。而通信网络的数据分析是典型的多元、多节点关联、实时数据流分析。传统的分析方法是基于数据库管理, 对数据进行排序、关联等操作。但此类分析方法输入与输出均为数据。当人面对大量枯燥的数字时, 分析效率低下, 导致分析准确程度较低^[1]。本文以可视化分析学^[2]为依据, 利用人类对于视觉信息理解与分析能力强的优势,

结合模式识别、社会学等多学科内容, 对通信对象关联信息与属性进行可视化表示, 放大人类对信息的感知能力, 从而提高人类对信息处理的效率, 有助于在短时间内发现隐含于大量数据背后的有用信息。同时, 利用通信地点等信息, 可以加强对特定对象行动轨迹的分析, 从而预测其行动目的与下一步行动目标。

1 数据模型构建

在一个典型的通信网络中, 信号具有多元性, 至少包含语音信号与数据信号, 其中数据信号支撑着如短消息、传真、多媒体信息、网络数据等多种业务。不同的业务种类对应了不同的通信方式, 对于通信内容也具有一定的影响; 其次, 一个典型的通信网络还必然是一个多节点关联的网络。通信必然是两个或两个以上对象之间的相互联系, 若以每个通信对象作为一个网络节点, 则整个通信网络必然是一个多节点相互关联的有向网络; 另外, 一个通信网络的数据是实时更新的, 在其动态更新的过程中会体现关联频率等信息, 因此该模型必然要满足数据流可视化的要求。基于以上分析, 要对通信网络信息构建数据模型。

基于以上描述, 采取的一个基本网络模型为有

收稿日期: 2009-12-21 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60873121)

作者简介: 张 涛 (1979-), 男, 河北唐山人, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为图像处理、可视化模式识别、中医工程学; *通信作者: 洪文学 (1953-), 男, 黑龙江依安人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为信息融合、可视化模式识别和中医工程学, Email: hongwx@ysu.edu.cn.

向图结构 $G(V, E)$ 。节点 V_i 用于对通信对象进行描述。由于通信信号的多元性,设每个节点具有 n 种业务,即 $V_i=\{a_i \mid i=1, 2, \dots, n\}$ 。由于业务间的不关联性,即只有同种业务间可以相互产生关联,各业务相对独立。其模型扩展为一组 $G_k(V_i, E_i)$ 。

对于通信网络中的数据,首先根据描述种类不同进行图结构的生成。对于特定时间点上 $d_{ij}(t)$,根据分析需要进行二值化处理。即

$$d_{ij}(t)=\begin{cases} 1 & i \text{ 向 } j \text{ 有通信} \\ 0 & i \text{ 向 } j \text{ 无通信} \end{cases}, \quad (1)$$

其中, d_{ij} 中下标 ij 表示通信方向为 i 到 j 。则整个网络中 $[t_1, t_2]$ 时段内,对于指标 k 的图的邻接矩阵为

$$A_{k, t_1, t_2}[i][j]=\int_{t_1}^{t_2} d_{ij}(t)dt, \quad (2)$$

由此形成的矩阵 A_k 可用于对该指标形成的图 G_k 进行表示,其中任一元素 $A_{k, t_1, t_2}[i][j]$ 表示在 $[t_1, t_2]$ 时间段内 i 向 j 的 k 指标通信强度。其对于不同指标进行分析,可获得整个通信网络的图结构表示

$$G=\{G_k \mid k=1, 2, \dots\}。 \quad (3)$$

在对通信网络的分析中,往往关心的是某个时间段内特定指标或特定指标集的通信强度,该强度可由图 G 计算获得。设某网络中共有 m 个对象,则对象 i 在 $[t_1, t_2]$ 时间段内向其他对象指标 k 的通信强度为

$$IndexOut_{t_1, t_2}(k, i)=\sum_{j=1}^m A_{k, t_1, t_2}[i][j], \quad (4)$$

对于其他对象向对象 i 在 $[t_1, t_2]$ 内的指标 k 的通信强度为

$$IndexIn_{t_1, t_2}(k, i)=\sum_{j=1}^m A_{k, t_1, t_2}[j][i], \quad (5)$$

该时间段内对象 i 的总的指标 k 通信强度为

$$Index_{t_1, t_2}(k, i)=IndexIn_{t_1, t_2}(k, i)+IndexOut_{t_1, t_2}(k, i)。 \quad (6)$$

对于指标集的分析,可由单个指标集合而成,以 $Index$ 指标为例,其在指标集 $K=\{k_j \mid j=1, 2, \dots\}$ 下的强度为

$$Index_{t_1, t_2}(K, i)=\sum_{k \in K} Index_{t_1, t_2}(k, i)。 \quad (7)$$

2 网络参数的可视化分析

可视化表示上,主要采用节点与连线的方式进行信息表示^[3]。其中,节点表示单个通信对象属性,比如,节点坐标表示对象所处的地理位置,节点大小与颜色可以分别表示目前所分析通信对象的两种不同属性;两节点间连接线主要用来表示通信对象间的通信属性,其颜色与粗细可以表示对象间的两种属性。

以 20 个对象相互之间通信记录分析为例,说明该方法的实施方式。假设 0 号对象为已经引起关注的通信对象,图 1 为 0 号对象在 1-5 时段的通信关联分析。图中,节点大小表示了该对象在所分析时段的总的通话量,节点所处位置表示通信进行的地点,节点间连线表示节点间通信次数。对于不同的应用,可以选择不同属性对其进行控制。由图 1 可见,在此时间段内,0 号对象与多个对象均有通信发生,强度由 3~70 次不等,由连线粗细表示。

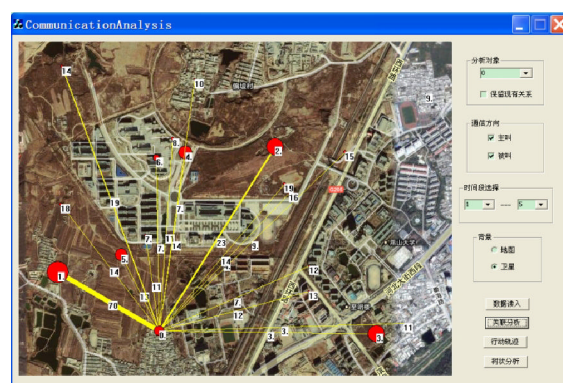


图 1 0 号对象在 1-5 时段的通信关联分析

Fig. 1 Relationship analysis of No. 0 in 1-5 time interval

在对 0 号对象的关联分析中发现,其与 1 号对象关系密切。但通过图 2 与图 3 的通信类型分析得知,在此时段内,0 号对 1 号的主叫为 29 次,被叫为 41 次。由此可以分析出此时段内 1 号对象在对 0 号对象通信需求较强,其极有可能为命令的发布方。观察整个时段内 0 号对象的通信情况得知,0 号对象大多数情况下为被叫,主动联系外界的情况很少,依此可知 0 号属于信息收集者。由于 0 号与 1 号联系较多,可对 1 号进行关联挖掘,如图 4 所示。根据以上过程可将各密切联系者逐次挖掘,如挖掘 5 代的联系图如图 5 所示,一个集团网络初步形成,进一步挖掘所有 20 对象的通信关系,可

得图6所示的关系网。由此可以根据通信记录分析出该社会成员的关系网络。

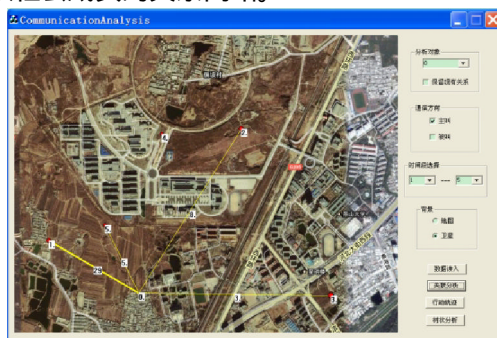


图2 0号对象主叫分析

Fig. 2 Call out analysis of No. 0

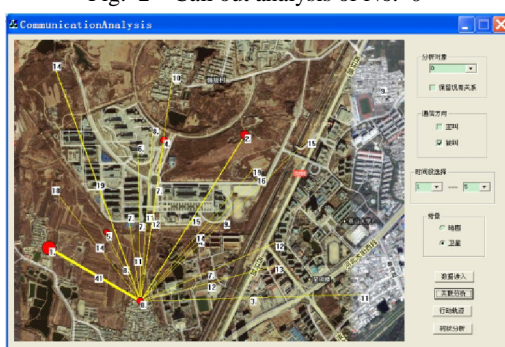


图3 0号对象被叫分析

Fig. 3 Call in analysis of No. 0

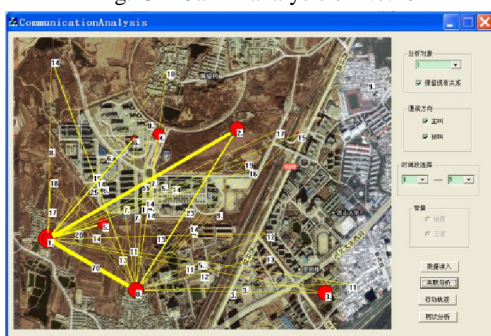


图4 0号对象向1号对象挖掘通信关联分析

Fig. 4 Relationship analysis from No. 0 to No. 1

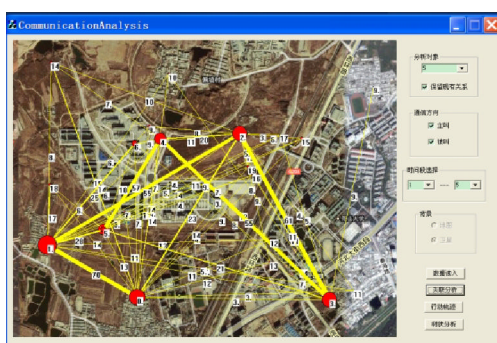


图5 0号对象进行5代关联挖掘结果

Fig. 5 Recursion analysis of No. 0 after 5 level

以上分析各节点坐标为通信地理位置信息, 本方法还支持对关联网络的树状图分析, 如图7所示。图中以蓝色线条表示关系密切者, 结合图6分析, 可迅速得知该网络核心成员及其关系。结合图8的通信对象行动轨迹分析, 可掌握各对象的关联并进行轨迹预测。

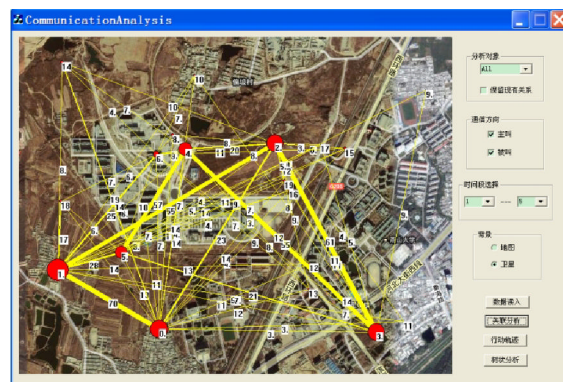


图6 全体通信对象关联网络分析

Fig. 6 Relationship analysis of all objects



图7 0~5号对象通信树状图分析

Fig. 7 A tree chart of No. 0~5

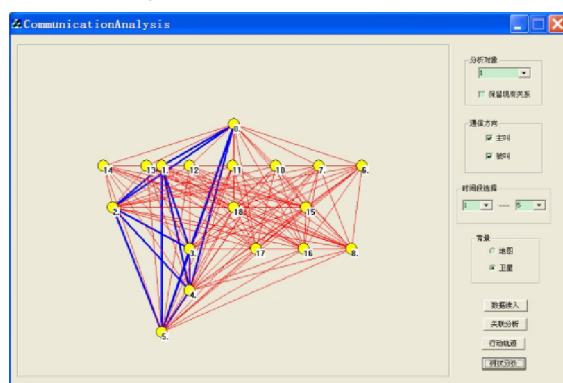


图8 行动轨迹分析

Fig. 8 Track analysis

(下转第156页)

参考文献

- [1] 黄英, 刘新有, 史正涛, 等. 复杂系统评价指标的评价方法研究—以城市水安全为例 [J]. 水文, 2009,29 (2): 45-49.
- [2] 鲍宗豪, 张堃, 鲁习文, 等. 走向社会和谐—中国城市和谐发展指数研究报告 [M]. 上海: 上海社会科学院出版社, 2007.
- [3] 高海波, 洪文学, 崔建新, 等. 基于多元图结构子模式表示的模式识别方法 [J]. 计算机应用研究, 2009,26 (2): 549-552.
- [4] 洪文学, 孟辉, 王立强. 多维数据雷达图和模糊推理的分类器研究 [J]. 中国计量学院学报, 2007,18 (1): 1-5.
- [5] 洪文学, 高海波, 崔建新, 等. 多元图图形基元和特征基元提取与表示方法 [J]. 燕山大学学报, 2008,32 (5): 405-411.

Social harmony evaluation information fusion based on visualized hierarchical model

HONG Fei-fei¹, CHANG Feng-xiang², SONG Jia-lin², JING Kun-peng³, SONG Zhi-jie³, HONG Wen-xue²

(1. Institute of Humanities Research, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China; 2. College of Electrical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 3. College of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: Taking harmonious development index of Chinese cities for example, a hierarchical model of multidimensional data is proposed, which has a distinct visualized feature. The model is applied in the harmonious development of 41 cities, hierarchical information fusion evaluation of the multidimensional data and the visualization of the evaluation results are achieved, and a new approach for social science quantitative research is provided. Visualized information fusion based on multidimensional graphic, not only gives the quantitative expression of the whole system state, but also determines the reliability of the evaluation index from the geometry of the graph at different levels.

Key words: social science quantitative research; complex system; visualization; Hierarchical Model;

(上接第 151 页)

3 结束语

本文提出一种对于通信网络数据的可视化方法。利用该方法,可以在不损失信息原有内容的同时,利用可视化方式形象的表示数据与分析内容,便于在短时间内发现感兴趣信息,从而达到放大感知的效果。

参考文献

- [1] Ben Fry. 可视化数据 [M]. 张羽, 译. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [2] Daniel A Keim, George G Robertson, Jim J Thomas, et al.. Guest editorial: special section on visual analytics [J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2006,12 (6): 1361-1362.
- [3] 张涛, 洪文学, 景军, 等. 模式识别中的表示问题 [J]. 燕山大学学报, 2008,32 (5): 382-388.

Context information visualization for communication network

ZHANG Tao^{1,2}, GAO Hai-bo², LI Xin², HONG Wen-xue²

(1. College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 2. College of Electrical Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao, Hebei 066004, China)

Abstract: For the increasingly complex communications networks, a method for visualization the context information in the network is designed. This method integrates the advantages in human comprehension and analysis ability based on visual information with the advantages of visual analytic, makes the relationships between communication objects and attributes visualize by analyzing the network data, and results in amplifying the cognitive of human beings. By using this method, the original information against large scale data is preserved and illustrate in visual and receptive way, which makes the user find the interesting information in a short time.

Key words: visualization; context information; communication network; social network