

# 基于政务物联网应用的社会感知过程建模<sup>①</sup>

赵宁社

(西安文理学院 信息工程学院, 西安 710065)

**摘要:** 社会感知网络(SAN)正在成为一种新的应用范式, 为了探究评价这种感知的完整性, 基于电子政务物联网应用的社会感知过程特点, 通过依据典型SAN提炼了层次感知结构, 重点分析了感知过程的社会性参与对感知信息的影响. 综合政务物联网层次化结构中多种参与者的影响, 对SAN节点进行了形式化描述, 提出了社会感知过程的层次结构模型及SAN有效性评价模型, 并采用计算机软件手段对层次化社会感知过程进行了仿真验证, 以图形化方式直观地验证了模型的想法. 结果表明该模型能够表达SAN的物理结构和社会参与的结合特征, 以及SAN节点状况与应用需求之间存在动态联系.

**关键词:** 电子政务; 物联网; 社会感知网络; 子空间; 模型

引用格式: 赵宁社. 基于政务物联网应用的社会感知过程建模. 计算机系统应用, 2017, 26(7): 153-160. <http://www.c-s-a.org.cn/1003-3254/5865.html>

## Social Awareness Process Modeling Based on E-Government IoT Application

ZHAO Ning-She

(School of Information Engineering, Xi'an University, Xi'an 710065, China)

**Abstract:** Social awareness network (SAN) is becoming a new application normal form. To explore and evaluate the availability of the awareness, based on the traits of social awareness process in e-government IoT application, this paper extracts the hierarchical awareness structure by typical SAN. It focuses on analyzing the influence of sociality participation on awareness information. By synthesizing the functions of actors in the hierarchical structure of social awareness IoT and describing the node of SAN, it presents a hierarchical structure and availability evaluation modules for SAN. And the hierarchical social perception process is simulated and the idea of the model is verified graphically by computer software means. The results show that the model can express the comprehensive attributes of physical structure and social participation, and there is dynamic connection between nodes states and application requirements in SAN.

**Key words:** e-government; the Internet of Things; social awareness network; sub-space; model

电子政务已经覆盖了公共管理的多种行业, 物联网应用体系的发展促使了诸多政务处理不断向智能化、系统化、规范化服务迈进<sup>[1]</sup>. 物联网应用有利于我国民主型、服务型、“阳光型”政府的建设<sup>[2]</sup>, 有助于在政府与公民、社会之间建立准确、灵敏、良性的反馈机制<sup>[3-5]</sup>. 政务物联网是智慧城市背景下政务领域的物联网框架, 是未来电子政务的一个重要组成, 它支持政府部门之间基层信息共享与业务协同, 利于实现资源

的优化配置. 虽然已经有了一些关于政务物联网应用的研究, 但多数仅仅反映了物联网与电子政务之间的联系以及政务物联网应用的结构研究<sup>[6-10]</sup>, 另外还有一些学者对面向机会网络与网络路由进行了研究<sup>[11-13]</sup>, 但现有的这些对多层复杂专业社会网络的分析尚不能提供有效的支持, 比如, 在论证物联网对电子政务提供巨大的发展机遇的论述中忽略了物联网结合社会感知的问题; 政务物联网应用结构研究虽然为我们提供了

<sup>①</sup> 基金项目: 国家自然科学基金(61440036); 西安市科技计划项目(CXY1443WL06, CXY1443WL18)

收稿时间: 2016-11-14; 收到修改稿时间: 2016-12-15

认识政务物联网的参考架构,但却未能触及微观层面社会个体行为的作用;而网络路由方面的研究则基本立足于机器网络路由认知,不适于多种专业社会网络的应用.在诸方面研究中,对于分层中观和微观粒度的社会感知过程机理涉及较少,而这两重粒度的研究对于社会感知网络(SAN)实时感知识别社会

个体的行为、分析挖掘社会组织之间的交互特征和规律,以及进一步探究个体社会行为对多种传感设备效应的影响、互动、沟通和协作具有重要的支撑作用<sup>[14]</sup>.随着政务物联网的现实发展,社会感知应用呈现出较大的经济和社会价值<sup>[15]</sup>,亟待对政务物联网感知过程的社会性参与机理有更清晰的认知,本文旨在对社会感知过程进行探索性研究并尝试进行形式化描述.

## 1 政务物联网应用中的社会感知

在电子政务的物联网应用中,感知层远程交互涉及到几个方面的问题,比如感知数据完整性和实时性以及感知数据管理.感知数据的完整性约束界定影响了顶层的信息融合任务,但仅仅强调完整性,必然会给交互效率带来影响.远程感知数据具有异构性,需要重视如何对获取的异构数据进行管理.就政务物联网应用来说,它有其自身发展规律,因而它的感知过程也具有包含社会性在内的不同于其它物联网的特征<sup>[16]</sup>.

### 1.1 物联网的电子政务应用特征

目前政务物联网应用研究主要表现在应用架构和相互影响,首先在电子政务的物联网应用架构研究上,周鹏、殷利梅提出了建设政务物联网平台的构想,在安全、架构和接口方面给出了一些建议<sup>[17]</sup>.刘辉、巴晨锋则提出了电子政务物联网的三层架构,即信息采集层、运作操控层、领导决策支持层<sup>[18]</sup>,但这种架构基本上是对物联网技术在电子政务应用的一个社会性的映射.其次在物联网技术对于电子政务的影响研究上,吴佳颖、李正明研究了基于物联网技术的政务流程再造,归纳了物联网在我国政府公共服务平台中的运用模型<sup>[19]</sup>,认为这是一个以物联网技术为基础,以云计算为核心,政府、企业和公民共同应用的应用结构.费翔提出物联网及电子政务对建立服务型政府的行政组织、管理方式和执政效率有重要影响<sup>[8]</sup>.

与传统电子政务相比,物联政务具有透彻感知、快速反应、主动服务、科学决策等特征.同时也把电子政务物联网分为三层:政务采集层、政务网络层、

政务应用层.

### 1.2 物联政务感知的社会属性

在电子政务的实际运行中,信息采集工作是复杂多变的,原因在于数据往往通过多渠道获取,得到的数据具有多源性、异构性,最关键的是数据的感知取向、精确度往往与数据源的持有者相关联,比如数据传输策略与相关用户的兴趣、习惯相联系<sup>[20]</sup>.群体感知是对社会环境的认知,电子政务的社会感知计算是指通过社会生活空间大规模多类传感器,实时感知识别公众个体行为,分析挖掘社群的交互特征和规律,辅助个体社会行为,支持社群的互动、沟通和协作<sup>[21]</sup>.因此政务物联网的信息感知不仅仅是传统物联网传感器方式工作的一种感知,而是在传统物联网基础上融合了一定的社会性,本文将在建模中考虑这个融合.

### 1.3 社会传感器的增强

文献<sup>[22]</sup>中提出了基于Web社会网络的社会传感器网络模型,认为人类个体构成了庞大的社会传感群,能够实现无处不在的社会感知.当今社会,随着移动通信技术的发展,智能移动设备成为各类人群不可缺少的日常配备,随时随地可以见到移动设备,移动应用也无所不在,具有主动性的人与具有一定智能的移动设备出现一种捆绑现象——人+智能设备.在公共社会网络中信息的感知有相当大一部分是源于人群的,这是社会传感器的一种增强形态,即基于移动网络的社会传感网络.其中数据采集的手段是移动设备所联成的网络,而使用设备人则起到一个处理器的作用.在这些社会传感节点工作的过程中,人还产生了一些其它的影响,如感知环境的决定、感知对象的确定、感知时间的掌握.因而在这个物联网的信息采集过程中,引入人的因素以后,整个架构的感知的时空与事件都与传统的物联网感知有了极大的不同.

## 2 社会感知的层次结构

社会感知是指基于社会传感器的感知模式,如政务物联网应用中,社会感知网络的感知过程由于受到人为的影响,感知结果与纯粹的物理物联网比较有很大不同.为了对这种感知特征进行形式化,下文对社会感知过程的结构进行分析.

在不同的层次上由于视图的差异,对整个网络的影响水平是不同的,根据文献<sup>[13]</sup>研究,普适意义上的社会感知可以依次划分为物理感知、社会感知、学习分

析、协议及应用五个层次. 本文就电子政务的物联网应用中, 考虑数据受社会性影响粒度不同可以代表性地自底向上分为四级:

(1) 传感级: 该层级的传感器部署跟具体系统设计需求关系密切, 对物理量的感知主要在于对SAN网络工作环境的获悉. 在物理感知层的基础之上, 设计者的视图决定的设计思想对传感器的信息收集也关系极大, 设计视图还取决于设计者的专业知识以及业务取向. 该层对应覆盖物理感知层.

(2) 汇聚级: 主要针对对原始传感数据有融合能力的用户, 包括物联网建设的各种专业用户, 其汇聚数据源是各种现场传感器网络的初级感知空间. 专业用户的操作模式及其社会关系对感知过程也会造成很大程度的影响. 除了获知环境属性, 该层通过综合环境数据与用户的行为模式数据, 还能通过分析和学习的手段能够获知一些社会性较强的信息, 如偏好、意愿及习惯等个人属性, 还有社区、人群的群体属性, 相似度、连接强度与移动模式等社会属性以及人与社区、人与人及人与环境之间的社会关系. 这也是学习分析层次的功能覆盖.

(3) 应用级: 该层次针对于大众用户, 主要是基层政务工作人员及群众, 其应用支持数据源于汇聚级的数据整合. 另外针对下层学习分析的一些物理联系与社会联系, 协议集能够给出一些对这些联系的进一步实现, 比如路由与转发, 信息在社区或群体内的传播, 涉及到隐私和安全性的一些约束, 还有为促进正反馈对具有自主性的用户建立的激励机制.

(4) 决策级: 有时候也需要考虑管理者的视角, 管理者处于整个政务物联网感知的最顶层, 也是社会感知网络需求发展的提炼与决策者. 决策依赖信息源于应用级的信息处理.

### 3 面向电子政务物联网应用的社会感知建模

社会感知是指基于社会传感器的感知模式, 政务物联网应用的感知过程由于受到人为的影响, 感知结果与物理的物联网比较就有很大的不同. 对这种感知特征可以进行初步形式化建模.

#### 3.1 节点能力结构描述

物理节点的能力以节点属性操作为传递对象, 每个节点会呈现出多种属性. 设某节点资源 $i$ , 可以表达为 $N_i = (c_1, c_2, \dots, c_m)$ , 其中 $c_j$ 代表第 $j$ 个属性项并可以0(失

效)或1(有效)来表示. 向量 $N_i$ 可以作为资源物理有效性测试的一个结果表示, 称为节点的观测向量. 一个社会感知网络由有限多种节点资源构成, 那么从物理感知的层次看系统可以表示为 $S = L(N_1, N_2, \dots, N_n)$ ,  $N_i$ 为第 $i$ 种资源,  $L$ 为系统构成规则, 具体指定一组线性变换用来表达系统组织. 把 $c_j$ 作为一维, 那么 $N_i$ 可以为 $m$ 维空间中的一个向量,  $S$ 表示为该子空间的一个线性组合. 不同的资源向量组及线性变换 $L$ 均能分别对应不同的组织构成.

设基础节点向量组 $N = \{N_1 : n_1, N_2 : n_2, \dots, N_m : n_m\}$ , 则以向量组 $N$ 的各向量为张成集(生成元)生成的量子空间为:

$$L_N = \{f = \alpha_1 \cdot N_1 + \alpha_2 \cdot N_2 + \dots + \alpha_x \cdot N_x \mid \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_x \in Z\} \quad (1)$$

考虑资源规模, 把其中 $\alpha_i (1 \leq i \leq x)$ 局限在一定范围, 则空间 $L_N$ 即物理感知层所能提供的社会感知支撑能力子空间区域. 对任一正整数 $i$ , 有 $F_i \in L_N$ . 即:

$$F_i = \alpha_{i1} \cdot R_1 + \alpha_{i2} \cdot R_2 + \dots + \alpha_{ix} \cdot R_x = \sum_{j=1}^x (\alpha_{ij} \cdot R_j), 1 \leq i \leq y \quad (2)$$

然后以 $\{F_1, F_2, \dots, F_y\}$ 为生成元, 有:

$$L_F = \text{Span}\{F_1, F_2, \dots, F_y\} \\ = \left\{ t = \beta_1 \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{1i} \cdot R_i) + \beta_2 \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{2i} \cdot R_i) + \dots + \beta_y \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{yi} \cdot R_i) \right\} \quad (3)$$

考虑其中 $\beta_i$ 受到社会感知层规模的局限, 则 $L_F$ 为学习分析层支撑能力子空间区域. 对任一正整数 $k$ , 有 $T_k \in L_F$ . 即:

$$T_k = \beta_{k1} \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{1i} \cdot R_i) + \beta_{k2} \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{2i} \cdot R_i) + \dots + \beta_{ky} \cdot \sum_{i=1}^x (\alpha_{yi} \cdot R_i), \\ 1 \leq k \leq z \quad (4)$$

以此类推, 应用层子空间区域可为如下形式:

$$A_l = (\eta_{l1} \cdots T_{l1}) + (\eta_{l2} \cdots T_{l2}) + \dots + (\eta_{lk} \cdots T_{lk}), 1 \leq k \leq z \quad (5)$$

#### 3.2 社会性对信息结构的影响

如图1所示, 设在政务物联网中, 每一汇聚节点对应一组传感源节点 $\{N_1, N_2, \dots, N_x\}$ , 由于政务物联网中用户参与了传感器节点的数据采集(对传感数据向量产生兴趣选择), 因而造成汇聚节点下所属的传感器节点的差异性. 每种应用的支持数据源于汇聚层的 $y$ 个汇聚节点 $\{S_1, S_2, \dots, S_y\}$ , 因为应用用户参与了汇聚数据



的使用(对传感数据向量产生压缩或膨胀变换),因而造成应用级上数据使用的差异性.

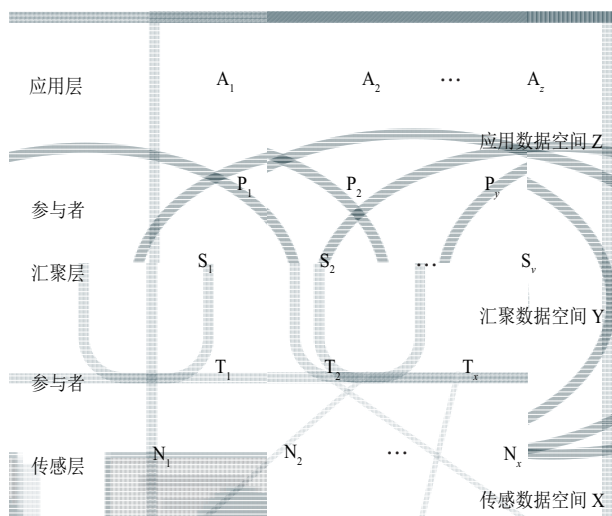


图1 系统总体框图

设 $S_X$ 为传感器层的数据向量空间,  $S_Y$ 为汇聚层对应的数据子空间, 设 $X, Y$ 均为 $m \times n$ 矩阵,  $X$ 为传感矩阵,  $Y$ 为汇聚矩阵, 传感器节点 $N_i$ 对应的原始数据向量为 $x_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)]$ ,  $N_i$ 对应的汇聚数据向量为 $y_i = [y_i(1), y_i(2), \dots, y_i(n)]$ ,  $X \in V, Y \in W$ , 有:

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(n) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_m(1) & x_m(2) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_1(1) & y_1(2) & \dots & y_1(n) \\ y_2(1) & y_2(2) & \dots & y_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_m(1) & y_m(2) & \dots & y_m(n) \end{bmatrix}$$

考虑到传感器级设计者的社会性参与, 令其对信息结构的影响用矩阵 $R, C$ 表示, 那么有:

$$Y = RXC \tag{6}$$

其中矩阵 $R, C$ 是稀疏的选择矩阵, 能够实现对传感矩阵 $X$ 的行列投影. 如设计者对于传感器 $N_i$ 的第 $j$ 个分量进行提取, 则令矩阵 $R$ 的第 $i$ 行为1, 令矩阵 $C$ 的第 $j$ 列为1.

### 3.3 社会性对信息的加工

假设汇聚数据空间一个向量框架为  $V_Y = \{ \alpha_1 \ \alpha_2 \ \dots \ \alpha_m | \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m \in S_Y \}$ , 则由向量组 $V_Y$ 各向量生成的向量空间如公式(7)所示:

$$S_z = \{ z = a_1 \cdot \alpha_1 + a_2 \cdot \alpha_2 + \dots + a_l \cdot \alpha_l | a_1, a_2, \dots, a_l \in N \} \tag{7}$$

对于应用层由各个应用节点的支撑数据向量, 可以认为是汇聚层数据向量线性变换. 若 $v \in S_Y, w \in S_Z$ ,

$P$ 为 $S_Y$ 到 $S_Z$ 的线性变换, 有:

$$w = P(v) \tag{8}$$

即

$$w = vP \tag{9}$$

此处 $P$ 为 $v$ 对应的变换阵.

### 3.4 社会感知模型

综合上述分析, 考虑了社会性因素对于政务感知的影响, 电子政务物联网的社会感知模型可以用公式(10)表达.

$$Z = J_1 X J_2 P \tag{10}$$

公式(10)表达了原始数据 $X$ 从无加工的传感级经过拣择、投影到达汇聚级, 再经过压缩与膨胀等变换( $P$ )到达应用级的感知过程,  $Z$ 为应用支撑数据集.

当然公式(10)是一个统一的表达, 在具体的案例中, 处理矩阵 $P$ 可以拆分为多个变换矩阵来表示, 如一个五层的社会感知模型可以用公式(11)表达:

$$Z = J_1 X J_2 P_1 P_2 P_3 P_4 \tag{11}$$

公式表达了原始数据 $X$ 从未加工的物理感知层级经过拣择、投影到达汇聚级, 再经过压缩与膨胀等变换到达应用级的感知过程,  $Z$ 为应用层使用的感知数据集.

## 4 社会感知网络有效性估计模型

为了对上述模型进行验证, 下文提出一种基于网络节点框架的张成子空间的构造性方法, 通过整数规划求解得出直观结论.

社会感知网络评价需要确定一个有效性的参照, 比如计算当前节点集状态与有效性基线的偏差, 根据偏差程度来估计网络的有效性. 那么需要同时给出作为能力载体的节点描述和应用需求的形式化表达.

### 4.1 SAN能力形式化描述

若系统节点的能力共有 $p$ 类, 那么一个基本需求项和一个节点分别可以由一个 $p$ 维向量来描述. 物理感知层能力可通过两个方面来描述, 一是节点的能力结构表达, 设在一给定系统, 包含有 $m$ 种节点资源, 且节点集合涉及 $n$ 种能力, 那么节点集可以表示为 $R = (R_1, R_2, \dots, R_m)$ , 其中 $R_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ip})$ . 二是节点的设计规模向量, 表示为 $N = (n_1, n_2, \dots, n_m)$ . 那么有:

$$N \cdot R^T = (n_1, n_2, \dots, n_m) \cdot (R_1, R_2, \dots, R_m)^T \tag{12}$$

$$= n_1 \cdot R_1 + n_2 \cdot R_2 + \dots + n_m \cdot R_m$$

式(12)可进一步表示为:

$$N \cdot R^T = \left( n_1 \cdot (u_{11} + u_{21} + \dots + u_{m1}), n_2 \cdot (u_{12} + u_{22} + \dots + u_{m2}), \dots, n_m \cdot (u_{1p} + u_{2p} + \dots + u_{mp}) \right)$$

把向量N作为资源约束条件,网络能力组织模型可以通过由向量组R=(R<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>,...,R<sub>m</sub>)导出的能力矩阵P来表示.即:

$$P = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nm} \end{bmatrix} \quad (13)$$

其中c<sub>ij</sub> ∈ {0,1}, i=1, 2, ..., n, j=1, 2, ..., m.

### 4.2 应用需求形式化描述

令SAN应用需求为D={T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub>,...,T<sub>t</sub>},任务功能需求支撑集为F={F<sub>1</sub>,F<sub>2</sub>,...,F<sub>s</sub>},节点资源支撑集为{R<sub>1</sub>:n<sub>1</sub>,R<sub>2</sub>:n<sub>2</sub>,...,R<sub>r</sub>:n<sub>r</sub>},则:

由于:

$$T_i = b_{i1} \cdot F_1 + b_{i2} \cdot F_2 + \dots + b_{is} \cdot F_s \quad (14)$$

$$= \sum_{k=1}^s (b_{ik} \cdot F_k)$$

$$F_j = a_{j1} \cdot R_1 + a_{j2} \cdot R_2 + \dots + a_{jr} \cdot R_r \quad (15)$$

$$= \sum_{l=1}^r (a_{jl} \cdot R_l)$$

因而:

$$D = \{T_1, T_2, \dots, T_t\} \quad (16)$$

$$= \left\{ \sum_{k=1}^s (b_{1k} \cdot F_k), \sum_{k=1}^s (b_{2k} \cdot F_k), \dots, \sum_{k=1}^s (b_{tk} \cdot F_k) \right\}$$

$$= \left\{ \begin{matrix} \left( b_{1k} \cdot \sum_{l=1}^r (a_{kl} \cdot R_l) \right), \\ \sum_{k=1}^s \left( b_{2k} \cdot \sum_{l=1}^r (a_{kl} \cdot R_l) \right), \dots \\ \sum_{k=1}^s \left( b_{tk} \cdot \sum_{l=1}^r (a_{kl} \cdot R_l) \right) \end{matrix} \right\}$$

即:

$$D = B \cdot A \cdot R \quad (17)$$

其中:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1r} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{s1} & a_{s2} & \dots & a_{sr} \\ b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1s} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{t1} & b_{t2} & \dots & b_{ts} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1s} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{t1} & b_{t2} & \dots & b_{ts} \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

展开需求矩阵D可以得到: D=[d<sub>1</sub> d<sub>2</sub> ... d<sub>m</sub>]<sup>T</sup>, 其中d<sub>i</sub>为各级需求向量, 则d=∑<sub>i=1</sub><sup>m</sup> d<sub>i</sub>为总需求向量.

### 4.3 社会感知网络有效性评价

存在节点向量组X={r<sub>1</sub>,r<sub>2</sub>,...,r<sub>x</sub>},x为整数,其面向任务功能的生成子空间为F={f=k<sub>1</sub>·r<sub>1</sub>+k<sub>2</sub>·r<sub>2</sub>+...+k<sub>x</sub>·r<sub>x};k<sub>1</sub>,k<sub>2</sub>,...,k<sub>x</sub>∈Z}.存在功能向量组Y={f<sub>1</sub>,f<sub>2</sub>,...,f<sub>y</sub>},其中f<sub>i</sub>∈F,i=1,2,...,y为整数.Y面向应用生成的子空间为T={t=ℓ<sub>1</sub>·f<sub>1</sub>+ℓ<sub>2</sub>·f<sub>2</sub>+...+ℓ<sub>y</sub>·f<sub>y};ℓ<sub>1</sub>,ℓ<sub>2</sub>,...,ℓ<sub>y</sub>∈Z}.</sub></sub>

应用需求则是通过用户描述或设计得到的一组向量Z={t<sub>1</sub>,t<sub>2</sub>,...,t<sub>z</sub>},z为整数.因此,在SAN中,从X到Z是一个多级深度的层级关系,任务需求Z的满足前提是Y,而Y的满足前提是X.

一个复杂应用系统的应用需求可以分为n个等级(T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub>,...,T<sub>n</sub>),一般情况下这n个需求的强度次序为从上到下依次降低.那么需求可以由矩阵D表示如下:

$$D = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1p} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ t_{n1} & t_{n2} & \dots & t_{np} \end{bmatrix} \quad (18)$$

其中每行表示表示一个层次的需求,即T<sub>i</sub>=(t<sub>i1</sub>,t<sub>i2</sub>,...,t<sub>ip</sub>),t<sub>ij</sub>表示i级需求项需要t<sub>ij</sub>个第j类服务(属性或数据项).列表示服务,每一列表示该类服务的需求强度.

对一般系统的应用需求分析则是指功能分析,分析到资源需求为止.对SAN,需求是层次化的,从高到低依次可以是应用——协议——分析——社会感知——物理感知.这个需求层次使得问题更为复杂,但仍然不影响我们使用上面的方法.可以用逐步细化的方式来表示.

D=[T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ..., T<sub>m</sub>], T<sub>i</sub>=[F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, ..., F<sub>t</sub>], F<sub>j</sub>=[P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, ..., P<sub>s</sub>], 那么有:

$$D = [T_1, T_2, \dots, T_m]' = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} & \dots & F_{1t} \\ F_{21} & F_{22} & \dots & F_{2t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ F_{m1} & F_{m2} & \dots & F_{mt} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} P_{111}, P_{112}, \dots, P_{11p} & P_{121}, P_{122}, \dots, P_{12p} & \dots & P_{1t1}, P_{1t2}, \dots, P_{1tp} \\ P_{211}, P_{212}, \dots, P_{21p} & P_{221}, P_{222}, \dots, P_{22p} & \dots & P_{2t1}, P_{2t2}, \dots, P_{2tp} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m11}, P_{m12}, \dots, P_{m1p} & P_{m21}, P_{m22}, \dots, P_{m2p} & \dots & P_{mt1}, P_{mt2}, \dots, P_{mtp} \end{bmatrix} \quad (19)$$

通过分析最终仍然能够得到如式(13)的结构.

节点能力组织以R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, ..., R<sub>m</sub>为一个向量组形成

能力矩阵 $R$ , 网络能力-应用需求模型可以表示为:

$$\begin{cases} D = B \cdot A \cdot \hat{R} \\ Y \cdot X \cdot R \geq D \\ Y \cdot X \leq N \end{cases} \quad (20)$$

其中,  $R=(R_1, R_2, \dots, R_m)$ ,  $D$ 为多个任务需求层次的向量组成的矩阵, 即 $D$ 包含于 $R$ 的列空间,  $X, Y$ 即为面向需求 $D$ 的层次配置,  $N$ 为需求资源规模向量. 除约束条件 $Y \times X \leq N$ 外, 与式相容的条件为 $r=R(YXR)=R(YXR, D)$ .  $r=m$ 时有唯一解;  $r < m$ 时有无限多解; 若 $R(P) \neq R(P, d_c)$ , 则无解.

那么能力展开过程就是通过 $R$ 表达 $d$ 的过程, 即我们期望通过向量组 $[r_1 \ r_2 \ \dots \ r_m]^T$ 来表达 $d$ , 即 $d \leq \lambda_1 r_1 + \lambda_2 r_2 + \dots + \lambda_m r_m; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m \in Z$ . 最终网络应用需求 $D$ 应由SAN的有效资源支撑集 $R=\{R_1:n_1, R_2:n_2, \dots, R_m:n_m\}$ 线性表出或部分线性表出.

### 5 模型仿真

为了方便研究, 假设已知政务物联网传感器规模有50个传感器, 一个传感器网络的节点分量最大值为25, 列表示每个传感器的能力项, 这是一个冗余矩阵, 列数为传感器分量的最大值, 行数为传感器数.

#### 5.1 SAN模型层次结构

原始的传感数据如图2所示, 原始数据表现出无选择、无加工的特点. 经设计人员介入作用, 汇聚级的数据如图3所示, 数据表现出经历过滤和投影的特点. 经专业用户参与之后, 应用级的数据如图4所示, 数据表现出经历压缩与膨胀的特点. 由于参与者社会性介入数据感知过程, 表现出明显的差异.

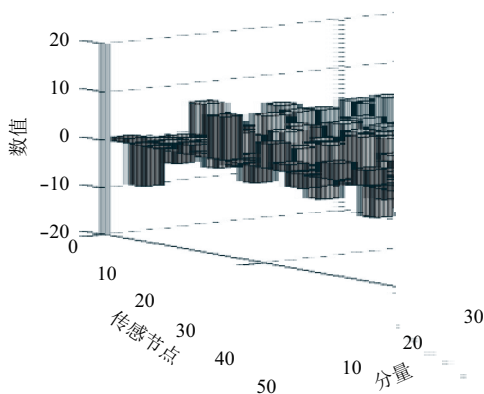


图2 传感数据示意图

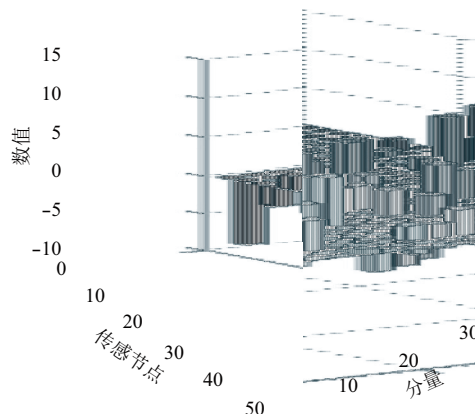


图3 汇聚数据示意图

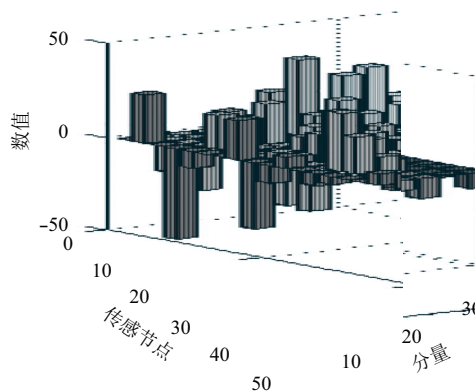


图4 应用数据示意图

#### 5.2 SAN感知模型有效性

过程涉及到几个方面的问题解决: 应用需求时序、节点资源组织、服务矩阵求解以及有效性估计.

##### 5.2.1 节点资源组织结构与应用需求时序生成要求

感知层的资源组织平台由具备各项感知属性的若干节点构成, 根据数据种类、节点能力分布通过仿真算法生成资源组织结构. 应用需求向量要能体现对各属性的需求分布, 依据给定能力规范项、时序规模及能力需求门限采用仿真算法生成需求向量时序. 应用需求要能体现基本、辅助、核心及安全任务的梯度规定.

##### 5.2.2 服务矩阵求解及SAN有效性估计

通过整数规划算法求出对应的服务矩阵, 用来表达节点组织相对应用需求实现的服务能力情形, 最终用一个时序来表示.

如图4所示, 某社会感知网络相对应用需求有效性的一个时序表达, SAN的有效性在0.5~1.5范围之内, 该

仿真结果表明,感知网络的有效性在物理感知能力的基础之上,社会性参与对其产生了补偿。

从仿真方法来看,在社会感知网络的有效性描述中,节点状况与应用需求具有密切联系,本文的方法通过服务矩阵的求解体现了这一联系,同时通过服务矩阵为系统提出面向需求的资源组织;该仿真过程在时间和空间上表现了应用需求,有利于社会感知网络有效性的预测过程的研究。空间上,该模型给出了节点资源与应用需求的能力结构表达;时间上,描述了SAN随应用需求变化的动态支持。

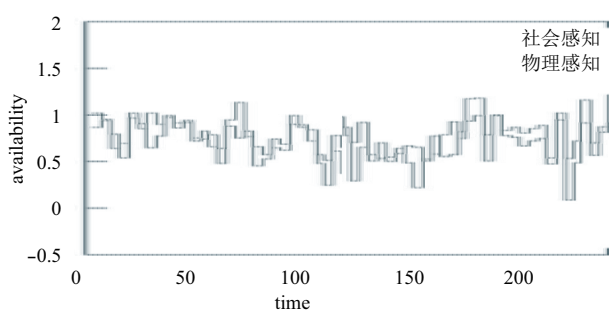


图5 SAN时序有效性

从仿真结果来看,从对SAN感知过程的层次结构的数据变迁仿真来看,参与者的社会介入对数据感知产生了显著的干预效果;从对感知模型的有效性估计来看,社会结点对于SAN感知过程具有明显的补偿作用。所以该模型能够表达SAN的物理结构和社会参与的结合特征,以及SAN节点状况与应用需求之间存在动态联系。另外,从人本计算的角度来看,感知任务在物理节点和社会结点上如何划分是需要进一步研究的子课题。

## 6 结语

基于物联网技术在电子政务中的应用,对政务物联网的社会感知进行了研究,从一个新颖的视角分析了政务物联网中的社会感知过程,提出了一种社会性参与的感知模型,基于子空间的社会感知模型把节点物理特性与社会特性结合起来,体现了社会感知网络的特点。并通过计算机仿真手段,以图形化方式直观地验证了模型的设想。

本研究促进了电子政务物联网感知层的交互完整性研究,同时本文所提出的模型不但能在研究电子政

务的物联网感知中发挥作用,而且能用于某些社会感知参与的具有明显层次架构的复杂专业社会网络,比如运动员训练支持网络。

## 参考文献

- 1 胡新丽. 物联网框架下的智慧医疗体系架构模型构建——以武汉智慧医疗为例. 电子政务, 2013, (12): 24–31.
- 2 李凤. 物联网在政府公共服务中的应用研究[硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2013.
- 3 周洁. 物联网环境下我国政府公共服务的研究[硕士学位论文]. 重庆: 西南交通大学, 2012.
- 4 张弓. 基于物联网的政府公共服务研究[硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2014.
- 5 Aguirre E, Led S, Lopez-Iturri P, *et al.* Implementation of context aware e-health environments based on social sensor networks. *Sensors*, 2016, 16(3): 310. [doi: 10.3390/s16030310]
- 6 朱景锋. 物联网环境下电子政务信息系统入侵检测技术分析对策研究. 科技通报, 2012, 28(4): 130–132.
- 7 唐义飞. 物联网在电子政务中的应用模式研究[硕士学位论文]. 昆明: 云南财经大学, 2013.
- 8 费翔. 论物联网与电子政务对建立服务型政府的影响. 学理论, 2010, (30): 29–31. [doi: 10.3969/j.issn.1002-2589.2010.30.013]
- 9 王刚. 郭贺铨. 信息技术新时代的电子政务. 物联网技术, 2012, (7): 16–19.
- 10 张锐昕, 张乔. 电子政务的技术应用前沿. 行政论坛, 2013, (2): 39–42.
- 11 刘丽. 社会感知网络路由及激励机制研究[博士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2015.
- 12 王斌, 张振宇, 杨文忠, 等. 改进的基于社会感知的机会网络拥塞控制算法. 计算机工程与设计, 2016, 37(5): 1176–1180.
- 13 Xia F, Liu L, Li J, *et al.* Socially aware networking: A survey. *IEEE Systems Journal*, 2015, 9(3): 904–921. [doi: 10.1109/JSYST.2013.2281262]
- 14 於志文, 於志勇, 周兴社. 社会感知计算: 概念、问题及其研究进展. 计算机学报, 2012, 35(1): 16–26.
- 15 Liang GQ, Cao JN. Social context-aware middleware: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 2015, 17: 207–219. [doi: 10.1016/j.pmcj.2014.12.003]
- 16 Elhadj NB, Gabszewicz JJ, Tarola O. Social awareness and



- price competition. *International Journal of Economic Theory*, 2015, 11(1): 75–88. [doi: [10.1111/ijet.12053](https://doi.org/10.1111/ijet.12053)]
- 17 周鹏, 殷利梅. 中国政务物联网发展现状及趋势研究. *电子政务*, 2014, (10): 103–108.
- 18 刘辉, 巴晨锋. 电子政务与物联网技术. *河北省科学院学报*, 2011, 28(3): 83–86.
- 19 吴佳颖, 李正明. 基于物联网技术的政务流程再造研究综述. *江苏商论*, 2014, (3): 19–22.
- 20 李杰. 社会感知网络中基于兴趣的数据传输策略研究[硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2014.
- 21 李君轶, 唐佳, 冯娜. 基于社会感知计算的游客时空行为研究. *地理科学*, 2015, 35(7): 814–821.
- 22 王飞跃, 李晓晨, 毛文吉, 等. 社会计算的基本方法与应用. 2版. 杭州: 浙江大学出版社, 2013: 1–265.

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)