

# ZigBee 生活辅助系统中的一种数据处理方法

梅敏杰, 沈苏彬

(南京邮电大学 物联网学院, 江苏 南京 210003)

**摘要:** ZigBee 是一种短距离、低速率、低功率的无线传感技术, 在智能家居中具有较为广泛的应用。其中, 老人生活辅助系统通过采集环境中的传感数据或者老人体征参数, 然后经过一系列的数据分析, 向看护者提供健康监护功能。在 ZigBee 生活辅助系统中, 一个通常需要考虑的技术问题就是如何利用传感器采集到的数据, 来准确判断老年的生活状态。文中采用 Zigbee 技术, 基于 Z-Stack2007 和智能网关实现网络互联, 并在本地服务器上构建数据处理架构, 对这些信息进行分析。在这三层架构中, 最新收集的大量数据会被数据存储器有序存储; 在数据过滤层, 将验证数据的有效性并通过对分类器存入数据库, 以及对数据流进行等级划分, 方便在数据分析层划分邻域; 在数据分析层, 数据以邻域的形式重新组织, 并被一个简化变邻域搜索的变体算法调用, 进行快速分析。通过与传统算法的比较, 提出的基于 RVNS 算法划分邻域的 VAR 简化变邻域算法能有效地提高传感数据的处理效率。

**关键词:** 智能家居; ZigBee; 生活环境辅助系统; 数据处理; 简化变邻域搜索的变体算法

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2020)05-0137-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.05.026

## A Data Processing Method in ZigBee Ambient Assisted Living

MEI Min-jie, SHEN Su-bin

(School of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** ZigBee is a short-distance, low-speed, low-power wireless sensing technology, which is widely used in smart home. Among them, ambient assisted living system provides health monitoring to caregivers by collecting sensing data in the environment or physical parameters of the elderly. In ZigBee ambient assisted living system, one problem that needs to be considered is how to use sensors to gather data in order to evaluate the living status of the old. Based on the study of ZigBee Technology, Z-Stack 2007 and intelligent gateway, we propose a local data processing architecture to process sensors data. In this three-layer architecture, data received recently will be stored orderly in the data gathering layer. Then, in the data filtering layer, data will be checked if they are valid. For valid data, they are directly stored in a database. The data stream is divided into different levels in order to partite neighborhood. In the data analyzing layer, data is called by VAR (variant algorithms for simplified reduced variable neighborhood search) in the form of neighborhood and rapid analysis. Compared with the traditional FIFO algorithm, the VAR simplified variable neighborhood algorithm based on RVNS algorithm can effectively improve the processing efficiency of sensing data.

**Key words:** smart home; ZigBee; ambient assisted living; data processing; VAR

## 0 引言

近年来,随着物联网技术的发展,智能家居已成为一种必然趋势而深入人们的生活。此外,因社会老龄化的加剧,针对亟待解决的独居老人问题<sup>[1]</sup>,国内外研究人员设计了一系列的老年人生活辅助系统。生活辅助系统为老年人的生活添加一系列的智能化服务,提高其独自生活的能力,并减少他们在家中被看护的需求。例如在家中安置传感器,向看护人员报告他们的

生活状况和规律。随着通信、传感和处理技术的飞速发展,以及老年人口增长和相应看护费用的增加,这种智能化的技术得到了更加广泛的应用。

ZigBee<sup>[2]</sup>是一种低功耗、低复杂度、短距离的无线传感网络技术,采用 IEEE802.15.4 标准。其中, IEEE802.15.4 定义了物理层和媒体介质访问层。ZigBee 联盟在此基础上定义了网络层和应用层。

从技术层面讲,尽管 ZigBee 相关技术正趋于成

熟,但随着更加深层次的应用,也存在着急需解决的问题。由于对老年人生活观察需从一个较为全面的角度进行,室内环境和室外环境的不同,单一的传感器难以满足需要<sup>[3]</sup>。如在通过老人携带的传感器检测老人是否有异常的身体和生理状态时,其准确度会受到老人所处环境的干扰,如气温,天气,交通,运动和移动状态,导致传感器对危险情况的误判。而如果将大量传感器分布到环境中去,如住处,交通工具和锻炼场地,大量数据就需要被传递,并且在远程看护端集中处理,增大了网络和远程看护端的工作压力。所以,就需要考虑将相关任务由许多传感器群组共同完成,并且群组的传感器需长时间保持工作状态。在这种情况下,所有传感器将所采集到的数据传递给看护者进行集中处理,势必造成网络负载和远程看护的工作负担加重。

文中研究通过传感器群组采集大量环境相关的数据时,如何尽可能减轻远程看护者工作量、占用较小网络资源,快速有效地对数据进行处理,并发现异常情况。

为了保证网络传输数据的有效性和传输数据的及时性,提出了一种新型的数据处理架构。首先提出了通过危险系数函数来量化 ZigBee 生活辅助系统数据分析结果的思想。通过合理设计数据处理架构的存储空间和无效数据过滤机制,为危险系数函数提供了有效的输入;与此同时,通过分类器<sup>[4]</sup>,简化了危险系数函数的输入;并且提出危险系数警戒值的概念,为量化的函数输出提供了衡量的依据。

然后将 RVNS<sup>[5]</sup> (reduced variable neighborhood search,简化变邻域搜索)算法应用到传感器群组的数据分析中,提出了 VAR(a variant algorithm of RVNS,简化变邻域搜索的变体算法),试图为大数据集的实时快速处理提供可行的解决方案。通常,RVNS 用于求解组合优化问题,并且拥有固定的终止条件<sup>[5]</sup>,而文中根据危险系数函数,在 VAR 中为 RVNS 设定了新的终止条件。

1 相关技术分析

VNS<sup>[6]</sup> (variable neighborhood search,变邻域搜索)是一种典型的元启发式算法,常用于组合优化问题。VNS 基本思想包括两部分:构造可以系统变化的邻域和局部最优解搜索。其优点在于通过求解局部最优解使得计算量减少;同时,由于存在可以系统变化的邻域,VNS 有效避免了求解全局最优解时因陷入局部混乱而导致最终结果不理想的情况。

在 RVNS 中,存在一个包含所有可能解的解空间  $S = \{x^1, x^2, \dots, x^n\}$ ,且初始解  $x$  将在该解空间中产生。对于优化问题,如果(任意)  $x^* \in S$  满足  $f(x^*) \geq$

$f(x)$ ,解  $x^*$  将被认为是新的可行全局最优解,其中  $f(x)$  为目标函数。相应的,对于一个全局最优解  $x$ ,就会有有一个以  $x$  为基础的邻域结构  $N(x)$ 。就像  $x \in S$  一样,  $N(x)$  是解空间  $S$  的子集,即  $N(x)$  包含于  $S$ 。其中,具体的邻域结构记为  $N_k$  ( $k$  的值在 1 到  $k_{\max}$  间波动),其中  $k$  代表整个邻域结构被划分为  $k$  个邻域。特别的,当  $x$  是一个合适的全局最优解时,这  $k$  个邻域被称为  $N_k(x)$ 。通过一系列的矩阵函数,  $N_k$  会根据  $x$  进而组织不同的邻域结构。

VNS 在邻域中会调用相关的子函数进行局部搜索,进而获得最优解,这将导致计算量的增大<sup>[7]</sup>。而 RVNS 通过选取随机点作为局部最优解,简化了这个机制。基于 RVNS 多元启发算法,一般用于选址路径问题。现将 RVNS 运用到 ZigBee 传感数据的分析和选择中,是一次新的尝试。通过 RVNS 对传感器群组采集到的数据进行批量分析,可以在环境参数较为复杂和数据量较为庞大的情况下,较快地获得可疑危险环境的相关数据。

2 数据处理架构

数据处理架构见图 1,可以分为 3 层,即数据收集层、数据过滤层和数据分析层。

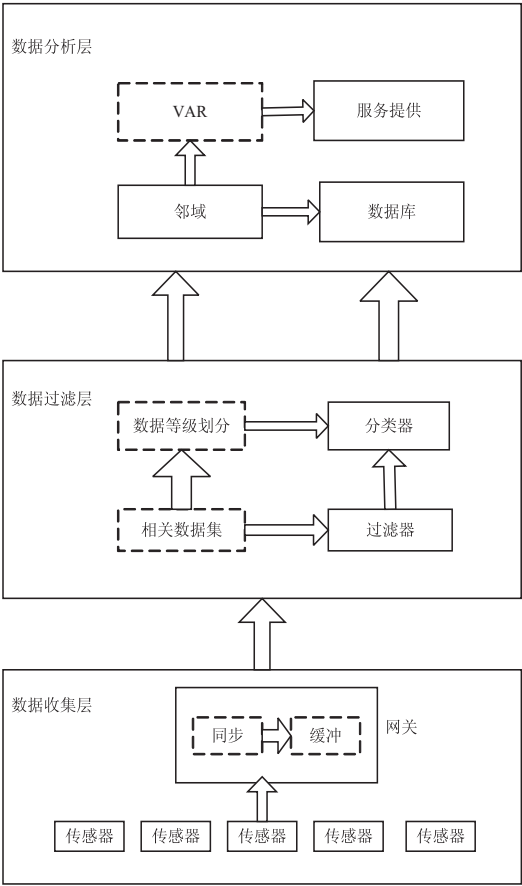


图 1 数据处理架构

在数据收集层,本地服务器将接收和存储相关传

感器采集到的数据。数据过滤层将根据 VAR 的输入要求,对采集的数据进行处理,便于 VAR 后续的分析 and 处理。在数据分析层,将采用 VAR,通过重构邻域对这些数据进行分析。

VAR 将把一个较复杂的危险系数函数视为效用函数,根据这个危险系数函数求解出相应的危险系数。如果其危险系数高出警戒值,将会向远程看护端发出报警信号,并提供该结果(危险系数)相对应的详细的数据。在此,VAR 可以在传感器群组采集到的数据量较大,危险函数较为复杂的情况下,利用 RVNS 在求解局部最优解时选取随机点的特点,提高数据的分析效率。

2.1 数据接收层

生活辅助系统的监控环境采取分布式传感器群组架构,即将许多传感器分布在老年人活动的环境中。这些传感器采集到的数据将通过本地网络汇聚到本地服务器进行分析<sup>[8]</sup>。值得注意的是,这里的本地服务器与远程看护端不同,它可以被看作一个能与远程看护端实时通信,受远程看护端控制,且能被远程看护端访问的存储和计算系统。

生活辅助系统的传感器可以分为两类。一类以便携式传感器为主,称之为主传感器<sup>[9]</sup>。此类传感器由老年人随身携带,主要用于随时随地监控老年人的各项身体指标以及老年人是否有异常活动,例如行动速度突然变快或变慢,或传感器高度突然发生明显变化等。

另一类传感器主要分布在老年人常活动的环境中,称之为辅助传感器<sup>[10]</sup>。此类传感器因安置地点不同会被以不同的环境参数初始化,其特点是不会随时观察老年人的生活状态,而是当老年人处在此环境下时,才会记录有意义的传感数据。

数据接收层的数据接收和本地存储过程中,主传感器和辅助传感器每隔一定的时间间隔,就会向本地服务器发送最近采集到的数据。在传感器向本地服务器传送有意义的数据的同时,还会为该组数据赋予一个时间戳。时间戳的作用是为本地服务器在接收到这些数据时提供排序的依据。

本地服务器缓存的结构可以视为经过两次划分的类二维数组结构。第一次划分可以看作把完整的缓存分为存储不同时间段数据的存储区域。如缓存总共能存储 1 天的数据,则第一次划分会将其按照 4 个小时所接受到的数据量分为不同的时间段。第二次划分则会在每个时间段内根据时间单元划分出不同的存储槽位,每个槽位存储一个时间单元内收集到的数据。如在上述以 4 个小时划分的时间段内再以 1 分钟为时间单元,划分出存储槽位。

上述两类传感器均与本地服务器通过 ZigBee 网络建立连接。这些 ZigBee 连接除了在传递传感数据的时候被使用外,还用于同步整个系统的时间等工作。在数据收集阶段和数据过滤阶段,由于网络因素,数据并不是按照采集的顺序到达的。其接收顺序与时间戳顺序存在明显差别。这时,数据收集层会根据数据组内的时间戳,将接收到的数据按照采集的时间戳顺序重新排序,并放入相应的槽位中。槽位是物理内存中一块连续的空间,按顺序存储。每一个槽位会为每一个传感器相应地开辟一块存储空间,缓存中,许多这样的槽位组成一个区位,而整个缓存由若干个区位组成。

过滤器是一个功能实体,可以根据参数矩阵中具有代表性的数据到相关数据集中进行查找,确定有效范围,并根据此有效范围对变量矩阵中的数据进行校验,排除误差较大的数据。被存储的数据通过过滤器之后,再经过分类器对数据进行分类,分离出一部分静态数据存入数据库中。

传感数据被传递到本地服务器时,由于每次传递的路径不可能完全相同,所以这些传感数据并非总是按照时间顺序到达本地服务器。一旦这些数据被本地服务器接收,它们首先会根据时间戳指示的顺序存入相应的缓存区域,即拥有同样时间戳的数据会被存入相同的槽位,且时间戳上时间早的会被存入靠前的槽位。在每个槽位内部,会为每个传感器所对应勘测的不同数据分配一段存储空间。当一个槽位中所需的所有传感数据均已经被接收时,则表明该槽位已经具备了进入数据过滤层的条件。

此外,当所有缓存空间几乎被传感数据占满后,一部分缓存中存储的数据必须被丢弃,以便接收新的传感数据。文中采用的缓存清理机制是将缓存中最早的一个时间段内的所有数据移动到本地服务器的数据库中,以方便必要时的查找和调用。

2.2 数据过滤层

根据前文描述,本地服务器缓存的每个槽位内部又针对每个传感器所采集的不同数据被划分成若干个独立的内存空间。经过数据收集层,相应的数据已经被存入缓存中。其中,主传感器采集的传感数据形成危险系数函数的自变量矩阵,记为:

$$M = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{in} \end{bmatrix} = [X_1, X_2, \cdots, X_n]$$

其中,  $i$  表示  $i$  组主传感器的传感数据,  $1, 2, \cdots, n$  表示同一组在不同采集时间点采集到的传感数据。同时,辅助传感器采集到的传感数据会形成参数矩阵,记为:



$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{j1} & \cdots & p_{jn} \end{bmatrix}$$

其中,  $j$  表示  $j$  组由不同的辅助传感器采集到的传感数据,  $1, 2, \dots, n$  表示同一组在不同采集时间点采集到的传感数据。如果将自变量矩阵  $S$  和参数矩阵  $P$  进行组合, 就可以得到危险系数函数的输入, 共由  $i + j$  个在同一时间点采集到的传感数据组成。

当数据整合完成之后, 需要意识到, 只可能在理想状况中才能保证所有采集数据百分之百的准确度。在实际情况下, 输入集合中可能会参杂一些由于网络原因而导致错误的数。对于这些数据, 如果只进行独

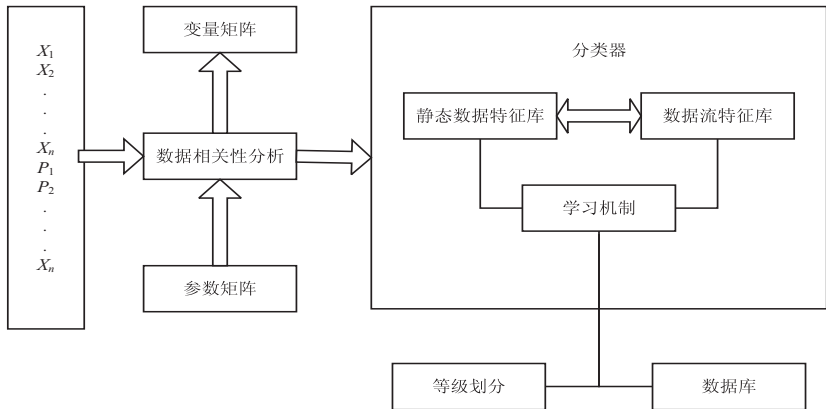


图 2 数据过滤层

同时, 在实际应用中, 传感器在传回相关传感数据的同时, 还会回馈一些反映自身工作状态的数据。因此, 数据采集层采集到的数据就可以分为反映传感器自身工作状态的静态数据和反映老人生活状态的动态数据流。如果将这两种数据都当作危险系数函数的输入而长时间的保存在缓存中, 一方面会提高危险系数函数的复杂度, 另一方面还会占据缓存空间。

为了解决这一问题, 在这里设计了一个分类器, 经过过滤器过滤后的有效数据将进入分类器进行分类。分类器包含了静态数据特征库, 数据流特征库和学习机制。通过将数据与特征库进行对比, 静态数据和数据流得以区分。对于静态数据, 分类器会将其直接从缓存中移入数据库, 作为日后维护的数据源, 同时释放其占用的缓存。而数据流将继续存储在缓存中, 作为危险系数函数的输入。其中, 来自主传感器的自变量矩阵  $S$  将被作为 VAR 的解空间, 而来自辅助传感器的参数矩阵  $P$  将为解空间提供相应的参数。除此之外, 由于学习机制的存在, 特征库的数据可以根据情况被实时更新, 以持续获得更加准确的分类结果。

在此基础上, 数据过滤层将参考相关数据集, 根据主传感器的某一组数据的取值, 为解空间进行等级划分。由于所有解空间的数据都会被视为 VAR 效用函

立的分析可能难以分辨出其是否有效, 因此, 文中在这里添加了一个过滤器, 对数据的准确度进行判断。同时, 引入一个相关数据集, 作为数据准确度判断的依据。

相关数据集存有大量主传感器和辅助传感器所采集到的历史数据, 其维护和更新由远程看护端完成。如图 2 中的过滤层所示, 过滤器将某一时刻的数据集中, 选取有代表性的场景参数, 并依据这些场景参数, 在相关数据集中寻找该场景下的数据有效范围。根据这个范围, 进入自变量矩阵寻找所采集到的数据是否在这个有效范围内。通过这个过滤器, 可以在一定程度上避免无效数据对结果造成的干扰。

数的输入, 所以算法的准确度并不会由于选划分等级的依据不同而产生变化。利用相关数据集中该组数据的最大值和最小值, 就可以进行等级的划分。则每个等级的数据集的上下限分别为:

$$L(x)_{\min} = (x - 1) * (\frac{M - N}{X}) + 1$$

$$L(x)_{\max} = x * (\frac{M - N}{X})$$

其中,  $x$  表示当前等级数, 总等级数为  $X$ ,  $M$  和  $N$  为数据集的上限和下限,  $L(x)_{\min}$  和  $L(x)_{\max}$  分别表示当前等级数据集的下限和上限。

因此, 每当缓存中的一个槽位存入相应的数据, 这些数据就会被划分进一个相应的等级, 而这种等级划分将会作为构造邻域或重构邻域时的依据。

### 2.3 数据分析层

本节将描述 VAR 如何进行数据的分析。首先, 分析了危险系数函数的设计思想; 之后, 将详细讨论 VAR 如何进行数据分析, 以及相关细节环节的设计; 最后进行仿真实验。

#### 2.3.1 危险系数函数

危险系数函数是一个以主传感器的传感数据为自变量, 辅助传感器的传感数据为参数的反映老年人在某种环境下的某个动作、行为或生理状态的危险程度

的复杂函数体,记为:

$$R=f(x_1,x_2,\cdots,x_i \mid p_1,p_2,\cdots,p_j)$$

其中,  $x_1,x_2,\cdots,x_i$  表示某一时间点  $i$  个主传感器采集到的传感数据,  $p_1,p_2,\cdots,p_j$  表示相应时间点辅助传感器采集到的传感数据。两者组合成危险系数函数的输入。

危险系数函数的设计依据是医学临床数据和不同环境中各个元素的作用。其设计的核心思想是利用辅助传感器所收集到的环境参数确定环境对主传感器所收集到的数据的影响,并且在这种情况下,对主传感器所收集到的数据进行评判<sup>[11]</sup>。

危险系数函数输出是一个阈值,当阈值越大时,老人相应状态的危险程度越高。当危险系数增大到一定程度时,就会向远程看护者报警。称发出报警信号的界限为危险系数警戒值,记为  $R_{th}$ 。例如,如果阈值的范围是  $[0,100]$ ,危险系数警戒值  $R_{th}$  是 90,那么由函数计算出的阈值在  $[0,90]$  的范围内时,认为老人处于正常的生活状态,而当阈值大于 90 时,将认为老人处于危险状态,向远程看护者报警。

在数据处理架构中,危险系数函数将被作为 VAR 的效用函数。因为危险系数函数本身较为复杂,而主传感器所收集的数据又需要经过此函数才能得出最终的危险系数推断,所以选择一个合适的算法对数据进行此类较为复杂的计算分析就显得非常重要。文中利用 RVNS 随机选取局部最优解和邻域的重构,在保证准确度的前提下,提高了分析的效率。

2.3.2 VAR 算法

当对原始数据的等级划分结束后,VAR 会根据当前全局最优解,为 RVNS 划分邻域。具体的说,系统会随机从解空间  $S$  中选取初始全局最优解(当前全局最优解),即某一时间点主传感器采集到的数据  $\{x_1,x_2,\cdots,x_i\}$ ,记这个集合为  $X$ 。根据  $X$  所在的等级,记为  $L(p)(p \in [1,max])$ ,和其他数据相应的等级,构造出的邻域结构为  $N(X)$ 。如果第  $i$  个采集时间点所得到的相应数据所属等级为  $L(q)(q \in [1,max])$ ,则该组数据将被归入  $N_k(X)$ ,其中

$$k=|L(q)-L(p)|$$

在每一轮 RVNS 开始前,缓存中的每一组数据都会根据初始全局最优解(当前全局最优解)  $X$  划分进入相应的邻域,且初始全局最优解经过危险系数函数运算后得出的危险系数将被记录。当新一轮 RVNS 开始后,随机从第 1 个邻域  $N_1(X)$  中选取一组局部最优解  $X'$ ,并记录  $X'$  相关数据经危险系数函数运算后得到的危险系数。如果有  $X'$  得出的危险系数高于由  $X$  得出的危险系数,则认为  $X'$  的相关数据记录的老年人的生活状态或生活环境,更需要被关注。此时,当前全

局最优解  $X$  会被当前局部最优解  $X'$  取代,并在下一轮 RVNS 开始前,根据新的全局最优解重构邻域。特别的,当这个危险系数达到或超过危险系数警戒值时,表明需要引起远程看护端的足够重视,系统将会立即通过公共网络向远程看护端报警。反之,如果由当前局部最优解  $X'$  得出的危险系数的值小于当前全局最优解,则会进入下一个邻域继续搜索。

RVNS 选择分析的过程与根据时间顺序进行数据分析的思想不同。RVNS 所选择的数据组并不是按照本地服务器接收数据的顺序,而是从可以系统变化的邻域中随机选取<sup>[12]</sup>。在这种情况下,当计算相当复杂时,有更大的机会发现最新的危险情况。也正是由于数据的选取存在一定的随机性,导致有一定的概率会无法在一轮 RVNS 分析中就选择到表示可疑危险情况数据组。

2.3.3 仿真实验和结果分析

本节通过仿真将 VAR 的性能与 FIFO<sup>[13]</sup> 做了对比。在模拟中,选取了 UCI (University of California Irvine) 机器学习库中被认为心律失常的心率数据,并以此作为级别划分的依据。为老人行为设置了两个场景:室内家庭和室外操场。在这两个场景中部署多个传感器,来检测不同的环境因素,如温度、湿度等。VAR 的危险系数函数返回一个阈值,阈值范围为  $[1,100]$ ,危险阈值则为 90。

本节共进行了两组对比仿真。第一组中,在不同的时间点采集从仿真开始到该时间点为止所分析出的最大危险系数,即危险系数函数的输出。在该组仿真中,每组数据的分析需要花费 5 至 10 秒钟,采集时间点分别为 100 s,200 s,300 s,400 s,500 s,600 s,700 s,800 s,900 s,1 000 s,1 100 s,1 200 s。仿真结果如图 3 所示。

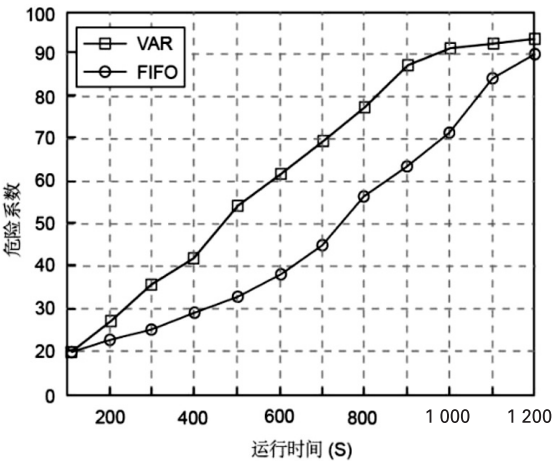


图3 危险系数与运行时间

在第二组中,改变每组数据的平均分析时间,观察数据在被分析前的等待时间。在该组仿真中,每组数

据的平均处理时间为 5 s ~ 12 s。仿真结果如图 4 所示。

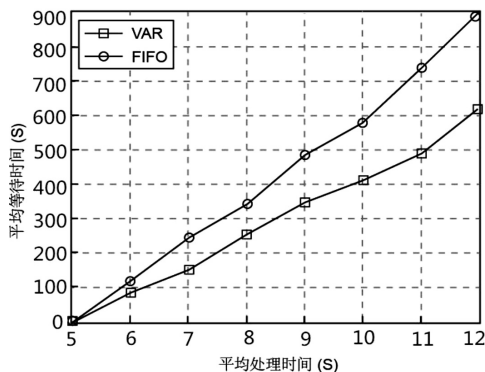


图 4 平均等待时间与平均处理时间

从图 3 和图 4 中可以看出,VAR 能在更短的时间内分析出较高的危险系数,并且其数据等待处理的时间较短。

由于数据处理量较大,其处理时间大于数据到达间隔<sup>[14]</sup>。在这种情况下,传统的 FIFO 队列中的数据将越来越多,导致数据在被处理前的等待时间变长,平均处理时间增长较快。而在 VAR 中,由于数据经过邻域重新组织,当数据采集量增大,平均处理时间增加平缓;相比于 FIFO 队列,能在更短时间内分析出危险数据,缩短了数据的平均等待时间。

### 3 结束语

为了应对未来 ZigBee 生活辅助系统中大量数据的快速分析和处理以及造成的网络负载加重等问题,提出了一种新型的数据处理架构。此数据处理架构能在数据量较大,计算较为复杂的情况下,快速地分析和选择异常数据。同时,将 RVNS 引入到数据分析和处理领域,通过改变传统的 RVNS 终止条件,设计一个适合生活辅助系统远程看护应用的数据分析算法 VAR。在以后的研究中,将重点关注危险系数函数的设计,如何能在保证准确率的基础上简化危险系数函数。

#### 参考文献:

[1] 侯海涛. 国内外智能家居发展现状[J]. 建材发展导向, 2004,2(5):92-93.

[2] 王权平,王 莉. ZigBee 技术及其应用[J]. 现代电信科技,2004(1):33-37.

[3] MCNAULL J,AUGUSTO J C,MULVENNA M,et al. Data and information quality issues in ambient assisted living systems[J]. Journal of Data and Information Quality, 2012,4(1):1-15.

[4] SAFAVIAN S R,LANDGREBE D. A survey of decision tree classifier methodology[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics,2002,21(3):660-674.

[5] XIAO Y, KAKU I, ZHAO Q, et al. A reduced variable neighborhood search algorithm for uncapacitated multilevel lot-sizing problems[J]. European Journal of Operational Research,2011,214(2):223-231.

[6] 董 伟. 变邻域搜索算法研究及在组合优化中的应用[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2011.

[7] HANSEN P,MLADENOVIC N. Variable neighborhood search[J]. European Journal of Operational Research,2008,191(3):593-595.

[8] WINKLEY J,JIANG P,JIANG W. Verity:an ambient assisted living platform[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics,2012,58(2):364-373.

[9] JARA A J,ZAMORA-IZQUIERDO M A,SKARMETA A F. Interconnection framework for mHealth and remote monitoring based on the Internet of Things[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications,2013,31(9):47-65.

[10] MULVENNA M,CARSWELL W,MCCULLAGH P,et al. Visualization of data for ambient assisted living services[J]. IEEE Communications Magazine,2011,49(1):110-117.

[11] 李朝晖,马云玲,周占军,等. 心内科老年患者治疗期间心源性猝死的临床危险因素分析[J]. 临床医药文献电子杂志,2016,3(16):3174-3175.

[12] COELHO M N,COELHO V N,COELHO I M,et al. Learning music time series with a parallel hybrid forecasting model calibrated with reduced VNS[J]. Electronic Notes in Discrete Mathematics,2018,66:215-222.

[13] DAVIS R I,BURNS A,BRIL R J,et al. Controller area network (CAN) schedulability analysis: refuted, revisited and revised[J]. Real-Time Systems,2007,35(3):239-272.

[14] YICK J,MUKHERJEEA B,GHOSAL D. Wireless sensor network survey[J]. Computer Networks,2008,52(12):2292-2330.