

やさしい見守り型健康支援システムにおける

生体情報の効果的な獲得手法

An Effective Scheme of Vital Data Acquisition for
Gentle Health-care Support System小林 有佑[†]和泉 諭[†]高橋 秀幸[†]菅沼 拓夫[†]

Yusuke Kobayashi Satoru Izumi Hideyuki Takahashi Takuo Suganuma

木下 哲男^{†,‡}白鳥 則郎[†]

Tetsuo Kinoshita

Norio Shiratori

1. はじめに

健康寿命の延伸に対する国民的関心の高まりに伴い、ITやユビキタス情報環境を活用した健康支援システムの重要性が高まりつつある。我々は、実環境の多様な情報を効果的に取得・活用し、プライバシーを考慮した高度な健康支援サービス提供の実現を目的とし、共生コンピューティング [1] の概念に基づいた、利用者にやさしい見守り型健康支援システムの研究開発を行っている。

従来の健康支援システムでは、データベースに蓄積された生体データ等を基に何らかの解析処理をオフラインで適用する手法が一般的であり、急激な状況変化に対応できない即時性の欠如の課題があった。

本研究ではこの問題に対して、生体情報や環境情報の時系列データをリアルタイムに解析することで利用者の健康状態を推測し、その結果に応じて情報取得デバイスや取得頻度の調整を行うことで、健康支援システムの即時性とスケラビリティを同時に確保する手法を提案する。本発表では提案手法の概要と設計について述べる。

2. 関連研究と課題

近年、ITを導入した健康支援システムが数多く提案されている。ウェアラブル生体センサ、携帯端末、Web、データベースなどを組み合わせた運動型健康支援システム [2] や、これらに加えて推論機構と推論ルールを導入することで利用者の目的と健康状態に応じたアドバイスを提示する知識型健康支援システム [3] 等がある。しかしこれらのシステムは、統計データや事前に用意された知識との比較による情報提示に留まっている。

一方、センサデータから未知の異常検出を行う手法に関する研究も盛んに行われている。例えば、身体に取り付けた加速度センサからの行動データに対してSVMによる学習を行い正常行動と異常行動の違いを検出する手法 [4] や、利用者の生活習慣と健康状態間の関係を相関ルールとして抽出する手法 [5] などがある。これらの手法により観測対象者の異常状態を検出することが可能となるが、解析処理には事前に一定の学習期間が必要となる。また多くの研究は検出精度の向上を主眼においており、実システムにおける実行速度に対する考慮は限定的である。

以上から、リアルタイムに多数の対象者の健康状態を見守

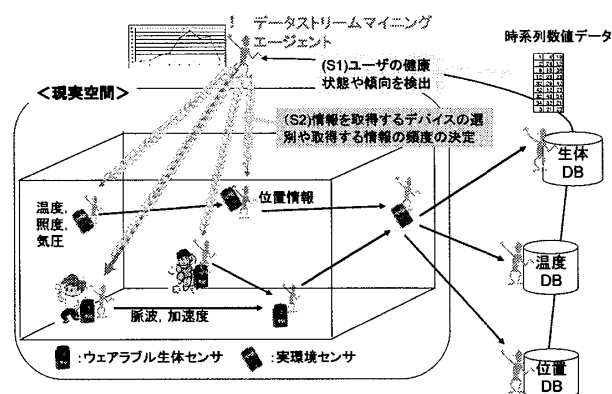


図1 提案手法の概要

る健康支援システムの実現のためには、以下の2点が課題として挙げられる。

(P1) リアルタイム解析

本システムに対し、一定のデータ蓄積・学習期間を要する解析手法を適用した場合、秒単位で変化する健康状態への対応が不可能である。具体的には、心臓発作や脳卒中といった運動時特有の急激な身体の変異を検出できない可能性がある。そのため、精度を保ちつつ、短間隔で高速に繰り返し実行できる解析手法が必要となる。

(P2) スケラビリティの確保

ユビキタス情報環境において、機器の性能や無線ネットワークの帯域は限定的である。従来の健康支援システムでは、利用者の増加に伴って解析システムの負荷が増大するため、処理のオーバーロード状態に陥る危険性があった。また大量データの流入により、情報伝達の遅延や計算機・ネットワーク資源の圧迫が避けられない。これらのことから、多人数で利用する際にも安定した生体情報の獲得・伝送・格納を可能にする仕組みを新たに構築することが不可欠である。

3. 提案手法

提案手法の概要を図1に示す。想定環境としては、複数の利用者が室内で生体センサ(体温、脈波、加速度等を計測)を身体に装着して日常的な生活を行う。また周辺には各種環境センサ(温度、照度、位置等を計測)が設置されているものとする。各センサノードは無線マルチホップネットワークを構築し、計測データは自動的に専用データベースに格納される。データストリームマイニングエージェントは各データベースから時系列データを取得し、ユーザの健康状態の検出を行う。その結果に基づき、情報を取得するデバイスや取得頻度の変更を各センサに通知する。データストリームマイニングエージェントの機能について以下に詳細

[†] 東北大学電気通信研究所Research Institute of Electrical Communication,
Tohoku University[‡] 東北大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

^{††} 東北大学サイバーサイエンスセンター

Cyberscience Center, Tohoku University

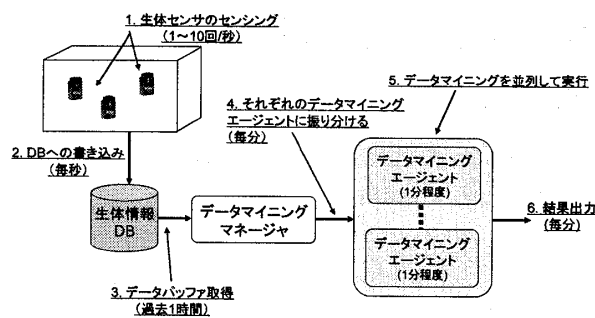


図2 (S1) 健康状態推測のフロー

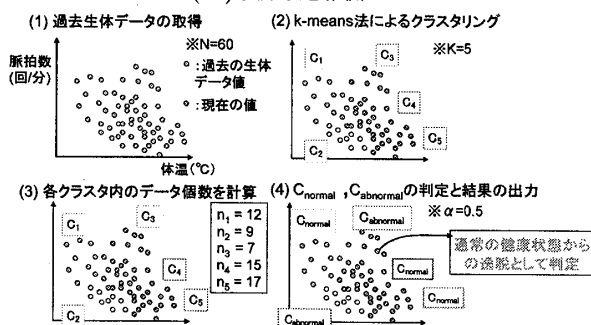


図3 (S1) クラスタリングによる健康状態の推測の例

を述べる。

(S1) データマイニング技術に基づく観測対象者の健康状態の推測

観測対象者における生体情報の「通常状態からの逸脱」を検出することを目的とする。図2に本処理のフローを示す。リアルタイム性確保のため、生体センサの計測間隔は1~10回/秒、解析対象とする生体情報の観測時間は1時間、解析間隔は1回/分、解析に要する時間は1分程度とする。推測には、生体データの過去の発生頻度分布を参照し、現在値が高頻度の値である場合に通常の状態、低頻度の値である場合に通常ではない状態と判断する手法を用いる。

図3に推測処理の流れを示す。まず K-means 法を用いて N 個の生体データを K 個のクラス C_1, \dots, C_K に分類する。次に各クラス内に含まれるデータの個数 n_1, \dots, n_K を計算する。ここで閾値

$$T = \alpha \frac{N}{K} \quad (1)$$

を求め、 $n_x \geq T$ の場合は C_x を C_{normal} に、 $n_x < T$ の場合には C_x を $C_{abnormal}$ に分類する。ここで α は $0.0 \leq \alpha \leq 1.0$ の定数である。その後、生体データの現在値が C_{normal} に属する場合には正常、 $C_{abnormal}$ に属する場合には異常として結論を提示する。

なおクラスタリング処理の高速化のため、K-means 法を拡張した K-means++ 法 [6] を用いる。K-means++ 法とは、クラスターの重心の初期値を効率良く求めることでより精度と速度を向上させたクラスタリング手法である。具体的には、1 個目の重心はランダムに選択し、2 個目以降の重心はそれまでに選択済みの中心と各個体の最小距離の確率分布によって選択する。

以上の手法を用いることで、解析頻度、データ数、利用者数が増加した場合でも計算量を抑制し、解析のリアルタイム性を確保することが可能となる (P1 の解決)。

(S2) マイニング結果に基づく使用センサおよび情報獲得頻度の調整

前項で述べた健康状態の推測結果や各種センサの情報を基に、システムの振舞い制御ルールを適用する。以下にルールの例を示す。

- (a) 利用者が正常に運動をしている場合
→ 生体モニタリング頻度：中、配信映像品質：低
- (b) 利用者が位置を移動した場合
→ 近くのセンサの取得頻度：高、その他のセンサの取得頻度：低
- (c) 利用者の健康状態に普段と違う傾向が見られた場合
→ 生体モニタリング頻度：高、周辺環境情報を取得
- (c') 環境情報から本当に健康状態の異常であると判断
→ 配信映像品質：高、警告提示

これらのルールに基づいて適切なデバイスの選別や獲得頻度・情報量の調整を行うことで、多人数が同時に利用した場合でも遅延を抑制することが可能になり、また異常時のみ詳細な情報を蓄積することにより、計算機資源やネットワーク資源の節約が可能となる (P2 の解決)。

4. 実装

提案手法に基づくやさしい見守り型健康支援システムのプロトタイプシステムの実装を進めている。センサノードとしてはクロスボー社の MOTE センサノードを利用し、ノードに生体センサ等を接続する形態とする。エージェントプラットフォームとして DASH を用い、データストリームマイニングエージェントを含めたマルチエージェントシステムとして本支援システム全体を構築する。

5. おわりに

本稿では、やさしい見守り型健康支援システムの実現に向けて、生体データのクラスタリングを用いて利用者の健康状態を推測し、センサデータの獲得頻度や流入量を調整する手法について述べた。本手法により、異常発生時の際のより詳細な利用者の情報獲得、計算機資源とネットワーク資源の節約、多人数でのリアルタイム運用の実現といった効果が期待される。今後は、推測アルゴリズムの改良を検討していくと同時に、システム的设计・実装を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省知的クラスター創成事業第2期「先進予防型健康社会創成クラスター構想」、および日本学術振興会科学研究費補助金(19200005)の援助を受けて実施した。

参考文献

- [1] 白鳥則郎 他, "Symbiotic Computing -ポスト・ユビキタス情報環境へ向けて-, 情報処理学会誌, Vol.47, No.8, pp.811-816, 2006.
- [2] K. Suzuki et al, "Key Technologies for Healthcare Sensor-Net Services - The Next Technology Frontier Towards Realworld IT -, Proc. of 19th IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 2006.
- [3] 和泉 諭 他, "オントロジを利用した健康支援システムの提案とその評価," 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 2, pp. 822-837, 2008.
- [4] Jie Yin et al., "Sensor-Based Abnormal Human-Activity Detection," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol.20, No.8, pp.1082-1090, 2008.
- [5] H. Takeuchi, Y. Ikeda, and N. Kodama, "Time-Series Data Analyses for Healthcare-Data-Mining Based on a Personal Dynamic Healthcare System," Proc. 12th World Congress on Health (Medical) Informatics, page.309, 2007.
- [6] David Arthur et al., "k-means++: The advantages of careful seeding," Proc. of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms, pp.1027-1035, 2007.