

リアルタイムバイタルセンシングのための データストリーム処理システムの研究開発

山田典生[†], 峰野博史[‡], 水野忠則[#]
Norio Yamada[†], Hiroshi Mineno[‡], Tadanori Mizuno[#]

Abstract The vital data collected from a vital sensor can be used to observe person's health condition and to pursue the lifestyle. There have been developed several sensors to get many kinds of vital data. Some of them realize real-sensing of vital data. It is thought that the health condition can be made the best use of controlling home appliances appropriately to make a living environmental suitable. In this paper, we described the requirement, architecture, and the design manual to develop a data stream management system for processing vital data in real time.

1. はじめに

近年、高齢化の進展や健康への関心の高まりを背景としてヘルスケア・セルフケアが注目を集めている。現在ヘルスケアは機器面、サービス面で大きな進展がみられる。まず、機器の面では安価で小型なセンサの開発によって、身の回りのセンサ搭載製品の増加、製品の多様化がみられる。ヘルスケア機器もバイタルデータを取得するセンシングするセンサ機器であり、種類も多様化し普及が進んできた。特に、それまで利用されてきた体重計や歩数計に加え、体組成計や血圧計、心拍計といった機器が一般家庭向けに販売されるようになっており、人々が利用できるヘルスケア機器が多様化している。同時に、それらの機器の機能面での進展がみられ、特に多くの機器がネットワーク化に対応している。これらによって、体重計や体組成計で取得したデータをパソコン上及び、オンラインで管理する世界が実現しつつある。

ヘルスケアサービス面では家庭内の医療機器で取得したバイタルデータを、パソコンを利用してオンライン上のストレージに保存するサービス、及びそれらのデータを分析することによる健康アドバイスサービスが提供されている。Google によるヘルスケアサービス Google Health[26] など Web との連携も見られている。加えて、Continua Health

Alliance[23] によるヘルスケア機器の標準策定が進められており、これまで以上に多くの機器連携が可能となり、同時に処理すべきデータ量が増加していくと考えられる。また、それらのデータを扱う環境も変化してきている。自身の医療データを自身で主体的に管理し利用する PHR (Personal Health Record) という考え方や、在宅医療の増加など、プライバシーやデータ信頼性を満たしたデータ処理が求められている。

このような背景のもと、リアルタイムに高頻度にデータを処理するサービスが提供される段階には至っていない。血圧や体重を Web 登録するサービスでは、登録情報のリアルタイム判定ができてはいても収集頻度が日単位であって、高頻度とは言えない。長期的な傾向把握はできるが、高齢者の健康状態の把握や現在の健康状態に即したサービスを考える上では、より高頻度なデータ収集及び処理が求められる。

本研究では、バイタルデータをウェアラブルセンサによって常時センシングし、収集データのリアルタイム判定によって不整脈判定を行うという状況を想定する。また、健康状態の把握と個人の体調に応じたサービス提供のための環境構築方法について検討した。

リアルタイムバイタルセンサを対象とするシステムを開発する上で課題となるのは、高頻度データ処理やリアルタイム性の点、大量データの扱う点、不整脈などの判定ルール記述力が挙げられる。本研究では、以上のような課題に対してセンサデータをストリームとして扱う DSMS (Data Stream Management System) を用いて、高頻度に大量データのリアルタイム処理を可能とするシステムを開発した。

[†] 静岡大学大学院 情報学研究科 (現、ミネベア株式会社)

[‡] 静岡大学大学院 情報学研究科 (浜松市)

[#] 愛知工業大学 情報科学部 (豊田市)

また、常時センシングする上での導入コストが低い無線通信によるバイタルデータ収集を行う心電 R-R 間隔遠隔計測システムを用いることで、誰でも日常生活の中で利用することができる。脈拍に比べ行動による変動が小さい心拍をセンシングすることで、常時センシングでも行動を制限しない不整脈判定を実現する。

本システムでは、従来一般的に用いられてきた DBMS (Database Management System) ではなく、センサデータのようにデータの前後関係に意味を持つ継続データ (データストリーム: Data Stream) 処理を目的とした DSMS (Data Stream Management System) を用いることで、家庭内におけるセンサ数の増加に伴う処理データ量の増加、及び処理結果のリアルタイムフィードバックに対応可能になるという利点がある。プロトタイプシステムとして、心電 R-R 間隔を計測したバイタルデータに対し、DSMS を用いてリアルタイムに処理することで、不整脈検出を行うバイタルセンサ向けデータストリーム処理システムを開発した。

本論文の構成を述べる。バイタルセンサデータを用いたサービス提供のためのデータストリーム処理環境及び心電 R-R 間隔遠隔計測システムを用いた不整脈検出システムに関して、関連技術及び関連研究について第 2 章で述べる。第 3 章では、ソフトウェア機能とソフトウェアアーキテクチャについて説明し、第 4 章で実装したプロトタイプの設計について述べる。最後に、第 5 章で結論と今後の課題についてまとめる。

2. 第 2 章 関連技術と関連研究

2. 1 センサデータ処理手法

センサデータ処理手法は複数の分野で研究されている。まず、センサデータは一般に生成頻度や前後データとの関係に特徴があるといえる。データ生成頻度は比較的高頻度であり、ストリームとして継続してデータが生成される。また、周期性やパターン性が認められる。データ間の関係は時系列に相関であり、一定時間における変化やパターンが重要となる。近年はこれらの特徴を踏まえ、Active database, Temporal database, Stream management などの分野で研究開発が進められている。本章では、これまで広く利用されているデータベースマネジメントシステム (DBMS) と近年研究が進められているデータストリームマネジメントシステム (DSMS) について説明する。また、DSMS の特徴の一つであるトリガ機能についても説明する。

2. 1. 1 DBMS (Database Management System)

DBMS は現在最も広く利用されているシステムの一つで

あり、データベースの構築・管理を担う。その本来の目的はデータの蓄積であり、SQL のような問合せ言語を用い、ユーザによるデータ登録・取り出しといったアドホックなクエリーを受け、データベースへとアクセスする。DBMS のクエリー処理イメージを図 1 に示す。しかし、近年の利用環境の変化に伴い、データベーストリガー (DB トリガー) やストアードプロシージャなど機能拡張が図られており、Active database や Temporal database などの研究[13]が進められている。

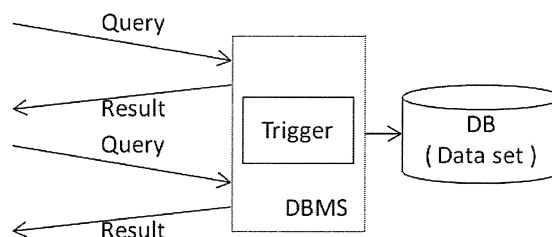


Figure 1. Query processing of DBMS

DB トリガーが導入されたことで、DBMS はデータの蓄積に加え、判定を行うことができるようになった。DB トリガーは SQL などによる DB 操作をきっかけとして、あらかじめ指定しておいた動作を実行させることのできる機能である。トリガーによる動作タイミングは、DB 操作の前後を指定することができ、ストアードプロシージャを呼び出すこともできる。Active database などでは、このデータ蓄積にイベント処理を加えることで可用性の向上を目指している。

2. 1. 2 DSMS (DataStream Management System)

近年、データを蓄えることでなく、流れ続けるデータをいかに効率よく処理するかということを目指したデータストリーム処理システムが開発され始めている。背景としてセンサネットワークの普及や処理データ量の増加、リアルタイムサービスへの期待が挙げられ、前述のセンサデータの特徴やデータ用途から、データベースとは別の視点から研究が進められている。

DSMS は、DBMS のようなクエリー発行は行わない。DSMS に入力されたデータストリームに対して、事前登録しておいた継続的クエリー (Continuous Query) を繰り返し実行することで到着するデータを順に処理し、イベントストリームを生成する PUSH 型のシステムである。DSMS のイメージを図 2 に示す。

センサは時々刻々とデータを生成しており、アプリケーションによっては必ずしも全てのデータを蓄えておく必要はない。多くのデータは生成されたその時点で最も大きな意味を持ち、RAW データの価値は、時間経過とともに低下するのが一般的である。蓄積が必要な場合であっても、用

途に応じた加工によってデータ量を抑え、可用性を高めることが可能と考える。DB 機能を必須としていないことが DSMS の特徴である。このように、今後のセンサの普及に伴って、生成される大量のデータは、その生成時刻にリアルタイムに近い処理をすることが求められると言える。

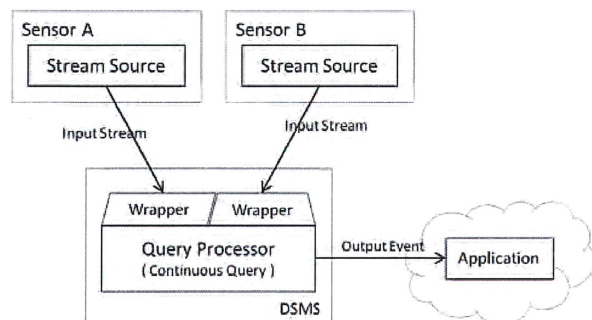


Figure 2. Query processing of DSMS

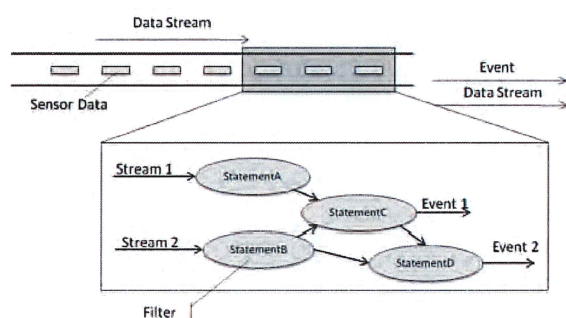


Figure 3. Sliding window query processing over DSMS

DBMS がデータを蓄積する機能に特化しているのに対し、DSMS は、データをオンメモリで高速に処理し、よりリアルタイム性の求められるアプリケーションに特化している。また、DSMS におけるクエリー記述は、独自の SQL ライクな言語を用いることが多く、DBMS の SQL と比較してウィンドウ処理が導入されているといった特徴を持つ。図 3 に示すように、ウィンドウはストリーム処理において、流れ続ける無限のストリームから有限の処理対象を選択する機能であり、多くの言語が時間とデータ数によってこの有限化を行っている。

多くの DSMS が研究開発されており、その多くは Base and Arrow (Pipe and Filter)を適用している。また、それぞれ独自のクエリー言語を SQL ライクに開発している。主な DSMS 研究開発には、Aurora/Borealis[2, 4], STREAM[1], TelegraphCQ[5]などが挙げられ、これら研究から派生したストリーム処理システムが製品として登場し始めている。以上の DSMS プロジェクトを表 1 にまとめる[3, 29]。Aurora/Borealis では分散処理[7], Harmonica[20] ではデータベースとの連携[21, 22] について研究している。DSMS の課題はアプリケーション分野はネットワークトラフィック

やセンサネットワーク系が多い。上記の主要 DSMS プロジェクトを拡張する形で開発が進められているものとして、Nile プロジェクトをベースに拡張した[6], STREAM プロジェクトをネットワークトラフィック向けに拡張した[8]がある。

Table 1. Comparison of DSMS

System	application	Allowed input	implement	Comment
Aurora/Borealis	sensor data	stream only	C++	distributed
STREAM	all-purpose	stream and relations	C++	Client/Server
TelegraphCQ	sensor data	stream and relations	C	
Esper	all-purpose	stream only	Java	
Nile	all-purpose	stream only		

本研究で対象とする処理データは、バイタルセンサによって生成される高頻度データとし、プロトタイプシステムとして常時センシングしたバイタルデータをリアルタイム判定して不整脈を判定することを想定している。心拍データはミリ秒単位での取得が必要であり、高頻度データのリアルタイムに近い処理を実行するため、リアルタイム判定に DSMS を採用するのが適切であると考えた。また、オープンソース Java 実装の Esper をコアシステムとして採用し、開発を進めた。Esper は多目的利用を目的としており、先行研究の利用が可能な Java 実装である。Aurora における分散処理や、STREAM における Client/Server モデルは家庭におけるデータ処理には十分条件であって、複雑さの増大による理解度の低下が考えられたため、Esper を採用した。Esper のデメリットとして、DBMS との連携が挙げられるが、ストリームの判定条件の設定（フィルター処理による集約を含む）を工夫することで、データベースに遅延なく蓄積することが可能と考える。しかし、この手法では加工により本来のデータが失われるため、用途やデータの特徴に応じた利用方法が今後の検討課題として残っている。

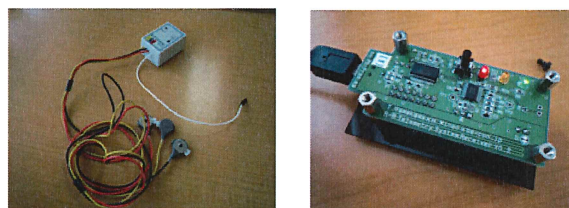


Figure 5. Wireless ECG system (left: transmitter, right: receiver)

2. 2 無線心電 R-R 間隔遠隔計測機 (心電 R システム)

バイタルセンサ向けデータストリーム処理への入力デバイスとして、心電図における R 波を検出する図 5 に示す無線心電 R-R 間隔遠隔計測機[19]を用いる。本節では心電図における R 波の特徴を述べ、続いて本デバイスの概要、他のデバイスとの比較について述べる。

2. 2. 1 心電 R 波

心電図は P 波、Q 波、R 波、S 波、T 波の波の重なりで表現される。その中で R 波は心臓の収縮に伴う波であり、心電図における最大振幅の波形として観察される。また、R 波はポンプの性能を計る指標であり、その利用用途は心拍数の導出根拠や心不全、不整脈、自律神経機能の低下、睡眠時無呼吸症など多岐にわたる。

2. 2. 2 概要

本デバイスは、受信機と送信機から構成される。受信機は PC とシリアル接続することでデータを取得する。送信機は心拍 R 波検出タイミングでの内部タイマー値データを送信する。ユーザはこのタイマー値の前後関係より心拍判定に有用な心拍 R-R 間隔を求めることが可能である。送信機から受信機への送信は無線電波帯域 315MHz 帯で行われる。シリアル COM ポートを使用した受信では通信速度 9600BPS、ビット長 8Bit で通信する。送信モードとして、2 つのデータ送信モードを持ち、一つは 100 ミリ秒ごとに状態を通知するモードであり、他方は R 波検出タイミングでのみデータ送信するモードである。タイミングを図 6 に示す。本システムでは両モードに対応したビュー表示を可能とする。

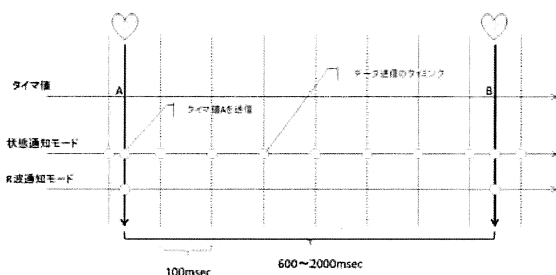


Figure 6. Overview of R-R interval in an ECG

2. 2. 3 他デバイスとの比較検討

本デバイスで測定する心拍は全身で測定可能な脈拍と比べ、心臓の動き直に測定するものであって、病気発見における精度の高さが期待される。また、医療利用に必要とされるミリ秒単位でのデータ取得が可能である。

本デバイスの類似機器として、TOSHIBA のハートペット [28]、OMRON の携帯心電計 [25]、WIN ヒューマンレコーダーの HRS [24] が挙げられる。TOSHIBA、OMRON 製品はリアルタイム計測ではなく、不定期にユーザが計測することによる。WIN はリアルタイムモニタリングに対応しているが、データ判定をすることができない。よって、心拍データをリアルタイムに取得し、データ判定に利用することができる無線心電 R-R 間隔遠隔計測機を利用する。

2. 3 センサを用いたヘルスケアシステム

2. 3. 1 関連研究

センサを用いたヘルスケアシステムは、健康状態や生活習慣の把握、お年寄りの監視などアプリで研究されている。[15] ではバイタルセンサから収集されたデータを無線でリアルタイムにサーバへと蓄積するシステムを作成している。また、[14] ではバイタルデータのリアルタイム処理を行う。処理プラン作成は box-arrow diagram によりグラフィカルに作成することができる。バイタルデータ収集に関する研究には、[16, 17, 18] など挙げられ、バイタルデータを用いた個人識別やデータベースにおけるコンテキストに関する研究が進められている。

2. 3. 2 既存ヘルスケアサービス

現在、タニタのからだカルテ [30] や Google Health [26] のようないくつかのヘルスケアサービスが提供されている。その多くは Web との連携を実現しており、ユーザが測定したデータをインターネット経由でサーバへ蓄積していくものである。そして、蓄積されたバイタルデータを分析し、アドバイスする健康維持・増進へ向けたサービスである。しかし、バイタルデータをリアルタイムに測定し利用するサービスは見られていない。

2. 3. 3 関連研究と比較した考察

ヘルスケアサービスは現状、リアルタイムデータを利用したサービスは見られず、蓄積によるアドバイスサービスが中心である。しかし、今後はセンサの普及に伴いリアルタイムでデータ取得が可能な環境が整備されると考えられ、リアルタイム処理が必要である。リアルタイムヘルスケアの研究は、健康監視や人物監視、行動記録など様々な観点があり、それぞれのターゲットアプリを意識した検討が進められている。心拍データによる不整脈判定アプリを想定するとき、データ処理のリアルタイム性や信頼性に加えて、処理結果の利用アプリの拡張性が重要になる。

3. バイタルセンサ向けデータストリーム処理システム

3. 1 概要

バイタルセンサによって生成されるデータは、高頻度でありリアルタイム性の高いデータである。本研究ではバイタルデータの中でも、無線心電 R-R 間隔遠隔計測機によってセンシングされる心電 R 波を入力に使い、ストリーム処理システム Esper を採用することで、不整脈リアルタイム判定システムを研究開発する。

3. 1. 1 不整脈

不整脈判定には、心電図の P 波のほか QRST 波などの波形から判定される。中でも R 波は最大振幅であることもあり、様々な不整脈の最初の判定に用いられる。手順としては R 波の間隔 (RR 間隔) を調べることで不整脈の有無を調べ、さらに QRST 波を調べることで不整脈の具体的種類を調査できる。判定条件分岐を図 7 に示す[27]。

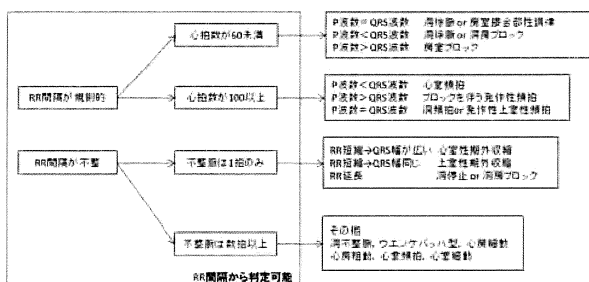


Figure 7. Algorithm of arrhythmia analysis

3. 2 機能定義

このような不整脈判定を行う上で必要となる機能要求の検討を行った。データストリームを取得する、DSMS ルールを管理する、イベントを出力する、ビューを表示する、の4つのユースケースを検討し、それぞれについて必要機能を優先度などから評価した。機能一覧を表 2 に示す。

Table 2. DSMS requirement for vital data processing

ユースケース		機能	優先度
データストリーム入力	1-1	心拍データ受信	1
	1-2	バイタルデータ受信	3
	1-3	受信ストリーム変更	2
	1-4	センサ追加	3
	1-5	ストリーム情報管理	3
DSMS のルール管理	2-1	ルールの設定	1
	2-2	ルール更新GUI	2
	2-3	不整脈判定	1
イベント出力	3-1	リアルタイム表示	1
	3-2	Web サービス連携	3
	3-3	データ蓄積	2
ビュー表示	4-1	データストリーム表示	1
	4-2	アクション表示	1
	4-3	ビュー選択	3
	4-4	データストリーム選択	2

以降ではユースケースごとに機能要求、非機能要求、制約などを説明する。

3. 2. 1 データストリーム入力

データストリーム入力ユースケースの主な機能は、心拍データ受信とラッパープログラムによるデータ変換である。本システムは入力データストリームに無線心電 R-R

間隔遠隔計測機から取得される心電 R 波データを受信する。送信機の内部タイマ値で与えられる 16 進数の R-R 間隔時間、心拍数などへの変換が必要である。

データストリーム入力における拡張性は入力処理とイベント判定処理の切り分けによって考えるべきである。入力データストリーム数はセンサ追加に伴い増減する。しかし、データ受信処理はセンサの種類への依存が大きく、共通度が低い、センサ種類ごとに対するデータ変換処理が必要であるため、ストリーム入力部分で汎用性を持たせることは難しい。ただ、イベント判定処理を行う DSMS へ必要ストリームのみを送信すること、ラッパーを追加するメカニズムを用意することでセンサ追加によるデータストリーム入力の拡張性は高まると考える。このように入力と判定の依存度を下げた設計にする必要がある。

3. 2. 2 DSMS ルール管理

ルール管理ユースケースにおける機能は、ルール設定と不整脈判定である。しかし、バイタルデータを用いる本システムにおいて、ユーザーレベルでルールの詳細を設定することは困難であると考えられる。ここで考えるルール設定とは判定ルールの有効・無効の切り替えや判定結果の送信先設定 (リスナー設定) などに限定される。

また、本システムでは DSMS として採用した Esper 上において不整脈判定を行う。不整脈判定ルールの分岐及び心電 R 波を用いた判定可能範囲については図 7 に示したが、本システムでは心拍 RR 間隔が規則的な場合において、心拍数 100 以上と心拍数 60 未満について判定することとした。前者は心室頻拍、ブロックを伴う発作性頻拍、洞頻拍、発作性上室性頻拍の疑いがあり、後者は洞徐脈、房室接合部性調律、洞房ブロック、補充調律、房室ブロックなどが考えられる。この不整脈判定のボーダーは個人差によるところがあるため、動的に変更できることが望ましい。

3. 2. 3 イベント出力

イベント出力ユースケースでは、ユーザ指定の判定結果利用アプリの呼出しやデータのリアルタイム表示機能が必要である。リアルタイム表示機能については、心拍データのリアルタイム表示と心拍異常状態の通知を行う。イベント出力に伴うアクションについては、リアルタイム表示ほかに、メールや Twitter やメッセージャーが想定される。

このイベント出力ではイベント (アクション) の拡張性が求められる。これまでの入力、判定に比べイベント出力は拡張に対する期待が大きい。特に、ユーザ設定で後付でアプリケーション呼出しを設定することや判定結果の利用アプリの変更などが考えられる。複数アクションが判定結果を利用できるように設定できることが必要である。

3. 2. 4 ビュー表示

ビュー表示は心拍数、鼓動のアニメーション、異常状態、R 波形、R-R 間隔変動の 5 情報を表示する。心拍データが到着する都度、リアルタイムに近い情報で更新される。無線心電 R-R 間隔遠隔計測機には、送信されるデータのタイミングによる 2 つのデータはモードがある。R 波検出タイミングでの通知は共通であるが、一方は加えて 100 ミリ秒ごとの状態通知を行うことが可能である。その際、R 波検出データの送信は割り込みとして発生する。

3. 3 設計方針

無線心電 R-R 間隔遠隔計測機(心電 R システム)と Esper を利用して、不整脈検出に加え、心拍のリアルタイム表示を行うバイタルデータ向けデータストリーム処理システムを研究開発する。図 8 に要求を踏まえたシステムアーキテクチャを示す。ユースケースの通り大きくデータストリーム入力、ルール設定、アクション実行、リアルタイム表示の 4 つのパートから構成され、入力には無線心電 R-R 間隔遠隔計測機の心拍データを、アクション実行前には心拍データのリアルタイム表示を利用する。入力データは現状態通知モードによる 100 ミリ秒ごとのデータ送信を利用する。設計指針としてはリアルタイム性の確保と拡張性を意識した設計を指針とした。

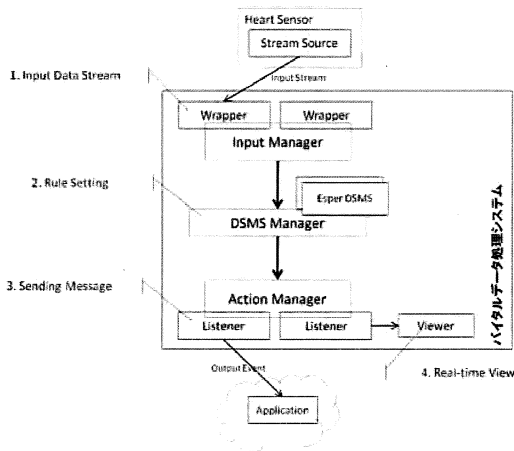


Figure 8. Overview of vital data processing system

```

(1)
insert into BeatData
select * from HeartBeat
where state = 2

(2)
Insert into ErrorData
Select * from HeartBeat
Where state = -1
    
```

Figure 9. Sample of event rule description

Esper のイベント設定について述べる。Esper は SQL ライクなルール記述が可能である。Esper に与えられるル

ル例を図 9 に示す。(1) では where 節を用いて 100 ミリ秒毎の状態を含むデータから R 波検出タイミングデータのみを抽出している。Esper はこのような判定状態 (Statement) をフィルターとしたパイプ&フィルターのアーキテクチャであり、フィルターの連なりとしてイベント判定が行われる。図 10 には不整脈判定のための Esper 設定の様子を示す。心拍データはそのデータの状態を利用して判断され、R 波検出タイミングのデータはそのタイミングでの心拍数などに応じたアクションが呼び出される。

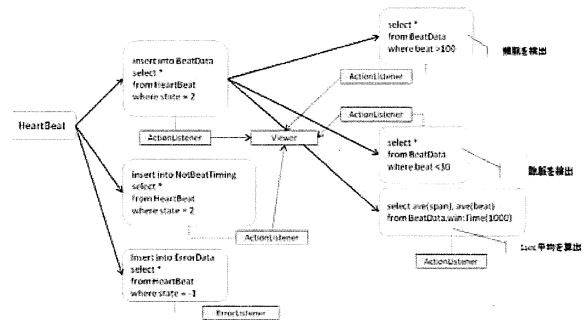


Figure 10. Decision tree

4. 第 4 章プロトタイプの実装

4. 1 実装環境

プロトタイプでは無線心拍 R-R 間隔遠隔計測機からリアルタイムに近い状態で収集したバイタルデータを入力として、不整脈判定を行うシステムを開発した。環境は WindowsXP、Intel Core(TM) Duo CPU、メモリ 1. 0G バイトの小型ノート PC を使用した。開発言語は先行研究の再利用性などを考慮し Java1. 6、統合開発環境 Eclipse 3. 6. 1 (Helios)を利用した。以下、前章で検討した機能について、GoF デザインパターンやアーキテクチャを利用した実装を説明する。

4. 2 実装機能

4. 2. 1 データストリーム入力

データストリーム入力部分のクラス図を図 11 に示す。本ユースケースにおける機能は心拍データ受信とデータ変換であった。入力された心拍データは Serial クラスによる受信処理と StreamWrapper を心拍センサ向けに実装した HeartWrapper によって処理される。HeartWrapper では VitalData クラスを継承した心拍データ HeartBeat オブジェクトへと変換される。今後、他のセンサを追加利用する場合を考慮し VitalData クラス、StreamWrapper インタフェースを利用した。

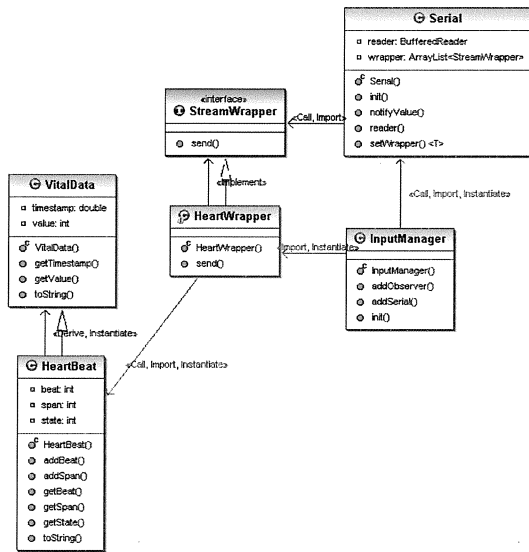


Figure 11. Class diagram of data stream input block

また、データストリーム入力の拡張性はセンサ各々の変換処理に違いがあるため困難であった。そこで本システムではオブザーバーパターンを用いた入力処理（入力ラッパー）と判定処理（DSMS マネージャー）の切り分けにより、センサ追加に対応している。ユーザはセンサ追加の際、Wrapper を追加する必要がある。DSMS マネージャーは判定に必要なデータストリームの入力ラッパーだけにオブザーバー登録することで、動的に必要なストリームのみを受信することができる。データストリーム入力部分のシーケンス図を図 12 に示す。

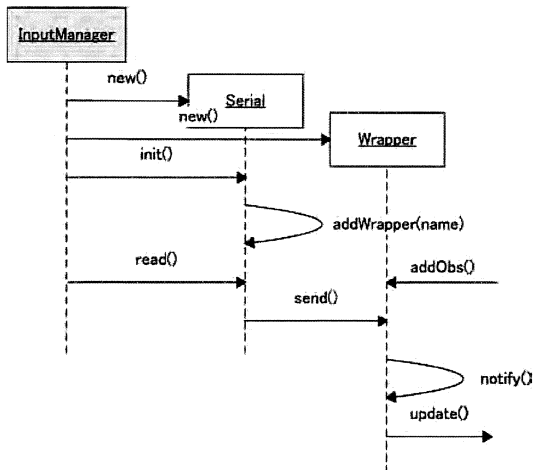


Figure 12. Sequence diagram of data stream input block

4. 2. 2 DSMS ルール管理

DSMS ルール管理はルールの有効・無効の切り替えや判定結果の送信先の設定などが必要である。これは DSMSManager クラスで管理される。前章にて不整脈判定

ルールに Esper DSMS での記述について述べたが、このクラスでは Esper DSMS を保持し、DSMS に対する操作を管理する。ルール管理に関するクラス図を図 13 に示す。データ取得ではデータストリーム入力の Wrapper に対して、オブザーバー登録しデータを取得し、イベント結果通知に関するリスナー登録を受け付ける。DSMS ルール管理でのシーケンス図を図 14 に示す。

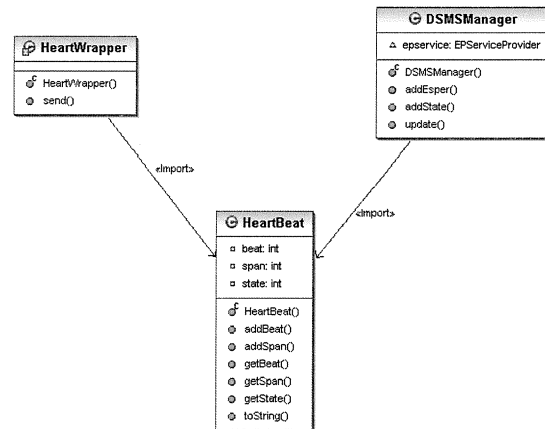


Figure 13. Class diagram of DSMS manager block

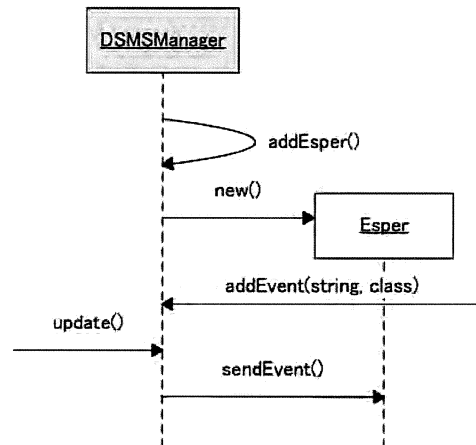


Figure 14. Sequence diagram of DSMS manager block

4. 2. 3 イベント出力

アクションイベントは DSMS のルールに関係づけられるリスナーの集合である。AbstractFactory パターンを利用した ActionFactory を利用することで、どのリスナーを利用するかを動的に変更できるようにした。また、ビューに Singleton パターンを適用することで、別リスナーによる同一ビューへの描画を行った。イベント出力部分のクラス図を図 15 に示す。

アクションは ActionFactory、ビュー表示 Viewer は ViewFactory でそれぞれ生成される。特にこのイベント出力はユーザからの更新や追加・削除が多く発生し、拡張性や汎用性が最も求められると考えている。同一データスト

リームを同一ルールで判定した結果は様々な利用用途があるためである。利用アプリケーションも今後変化していくことが考えられる。2 つの Factory で生成されたオブジェクトは DSMSManager へとリスナー登録されイベント結果が通知されるようになる。この様子を図 16 のシーケンス図に示す。

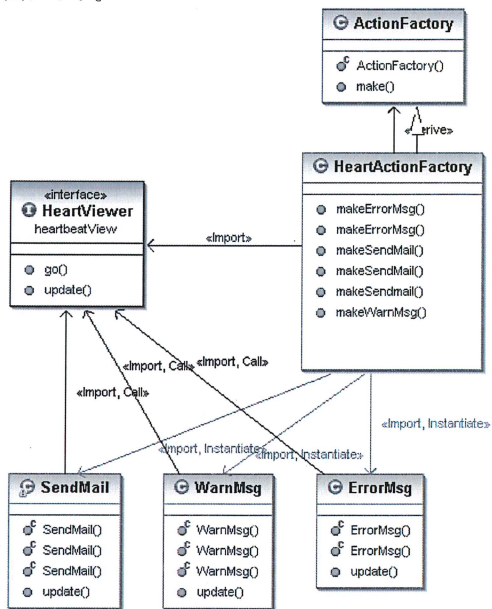


Figure 15. Class diagram of action block

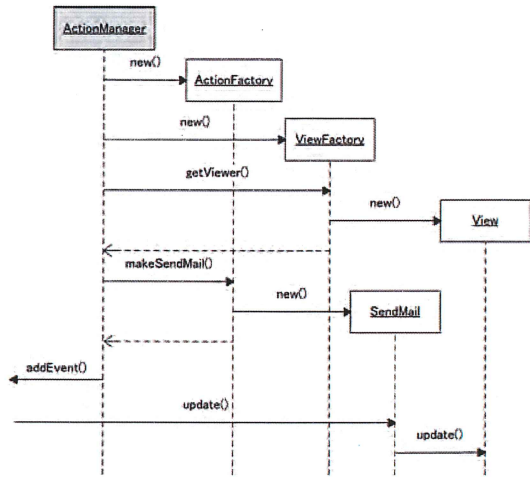


Figure 16. Sequence diagram of action block

4. 2. 4 ビュー表示

ビュー表示はデータ表示用のパネルと複数の Viewer から構成される。必要情報に応じて Viewer を選択する。Viewer の生成には Abstract Factory パターンと Singleton パターンを用いており、複数箇所からの同一ビュー更新に対応した。これにより、心拍のリアルタイム表示中のエラー表示および無線心拍 R-R 間隔遠隔計測機のデータ送信モードの違いによる取得データのの違いに対応した。クラス図を図 17 に、ビュー表示例を図 18 に示す。

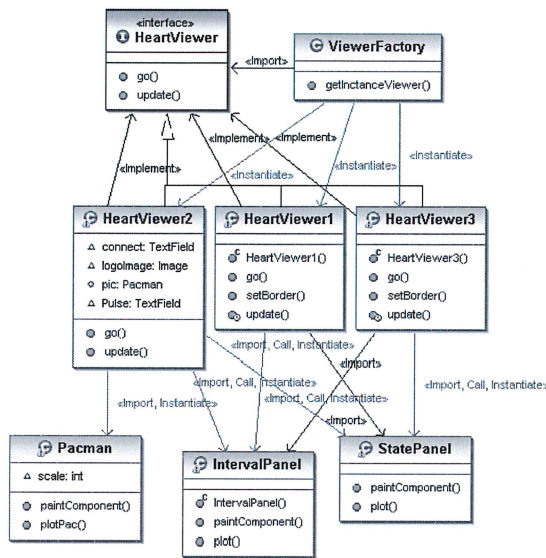


Figure 17. Class diagram of view representation block

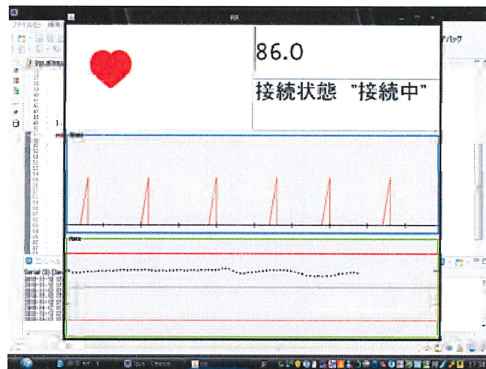


Figure 18. Display screen image

5. まとめ

本研究では、無線心電 R-R 間隔遠隔計測機によって収集された心拍データ及びデータストリーム処理システムを採用し、高頻度に大量データのリアルタイム処理を可能とするプロトタイプシステムを開発した。

第 1 章ではこれまでのヘルスケアを取り巻く背景や本プロジェクトの目的について述べた。第 2 章では関連技術としてセンサ処理手法を複数取り上げ、また、心電 R-R 間隔遠隔計測システムについて説明した。第 3 章と 4 章ではバイタルセンサ向けデータストリーム処理システムについて説明した。本システムでは動的に生成されるラッパーを用いたストリーム取得、イベントストリームのリアルタイムに近い表示、イベントアクションの動的な付加が可能である。データストリーム処理システムを用いることで、リアルタイムに近いデータ処理が可能となり、デザインパターンを用いることで、データストリーム入力及びイベント出力設定における拡張性を考慮した実装ができた。

今後はユーザ可用性の高いイベントルール設定、データ蓄積との連携についての検討が必要である。

参考文献

- [1] Arvind Arasu, Brian Babcock, Shivnath Babu, J. Cieslewicz, Mayur Datar, K. Ito, Rajeev Motwani, U. Srivastava, Jennifer Widom, "Stream: The stanford data stream management system, " 2004.
- [2] D. Abbadi, D. Carney, U. Cetintemel, M. Cherniack, C. Convey, S. Lee, M. Stonebraker, N. Tatbul, S. Zdonik, "Aurora: A New Model and Architecture for DataStream Management, " Brown Computer Science CS-02-10, August 2002.
- [3] M. A. Hammad, M. F. Mokbel, M. H. Ali, W. G. Aref, A. C. Catlin, A. K. Elmagarmid, M. Eltabakh, M. G. Elfeky, T. Ghanem, R. Gwadera, I. F. Ilyas, M. Marzouk, X. Xiong, "Nile: A query processing engine for data streams, " Intl. Conf. on Data Engineering, page 851, April 2004.
- [4] D. J. Abadi, Y. Ahmad, M. Balazinska, U. Cetintemel, M. Cherniack, J. H. Hwang, W. Lindner, A. Maskey, A. Rasin, E. Ryvkina, N. Tatbul, Y. Xing, S. B. Zdonik, "The design of the borealis stream processing engine, " CIDR, pages 277-289, 2005.
- [5] S. Chandrasekaran, O. Cooper, A. Deshpande, M. J. Franklin, J. M. Hellerstein, W. Hong, S. Krishnamurthy, S. R. Madden, V. Raman, F. Reiss, M. A. Shah, "TelegraphCQ: Continuous dataflow processing for an uncertain world, " CIDR, 2003.
- [6] M. Ali, W. Aref, R. Bose, A. Elmagarmid, A. Helal, I. Kamel, M. Mokbel, "NILEPDT: a phenomenon detection and tracking framework for data stream management systems, " VLDB'05, pages 1295-1298, 2005.
- [7] Natascha Petry Ligocki, Christian Lyra, Carmem Hara, "A Flexible Network Monitoring Tool based on a Data Stream Management System, " IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), Marrakech, Morocco, 2008
- [8] S. Babu, L. Subramanian, J. Widom, "A Data Stream Management System for Network Traffic Management, " Workshop Network-Related Data Management, 2001.
- [9] A. Arasu, M. Cherniack, E. Galvez, D. Maier, A. Maskey, E. Ryvkina, M. Stonebraker, R. Tibbetts, "Linear Road: A Stream Data Management Benchmark, " VLDB Conference, Sept. 2004.
- [10] L. Golab, M. T. Ozsu, "Issues in Data Stream Management, " SIGMOD Record Volume 32, Number 2, June 2003.
- [11] B. Gedik, H. Andrade, K. L. Wu, P. S. Yu, M. Doo, "SPADE: The System S declarative stream processing engine, " SIGMOD, 2008.
- [12] L. Girod, Y. Mei, R. Newton, S. Rost, A. Thiagarajan, H. Balakrishnan, S. Madden, "XStream: A signal-oriented data stream management system, " International Conference on Data Engineering, IEEE ICDE, 2008.
- [13] Anindya Datta, Sang H. Son, "A Study of Concurrency Control in Real-Time, Active Database Systems, " IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE ANDDATA ENGINEERING, VOL. 14, NO. 3, MAY/JUNE 2002.
- [14] A. Bar-Or, D. Goddeau, J. Healey, L. Kontothanassis, B. Logan, A. Nelson, J. V. Thong, "Biostream: A system architecture for real-time processing of physiological signals, " IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2004.
- [15] Milenkovic A., Otto C., Jovanov E., "Wireless sensor networks for personal health monitoring: issues and an implementation, " Comp. Commun. 29, 2521-2533
- [16] D. Jea, J. Liu, T. Schmid, M. Srivastava, "Hassle free fitness monitoring, " HealthNet Workshop at MobiSys, Breckenridge, CO, USA, 2008
- [17] N. Roy, G. Pallapa, S. K. Das, "A Middleware Framework for Ambiguous Context Mediation in Smart Healthcare Application, " IEEE Int'l Conf. on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), Oct 2007
- [18] Anuradha Annadhorai, Eric Guenterberg, Jaime Barnes, Kruthika Haraga, Roozbeh Jafari, "Human Identification by Gait Analysis, " HealthNet'08, June 17, 2008
- [19] 山川俊貴, "心拍を長時間観察できる小型低コスト遠隔計測システム, " JST 新技術説明会, 2010
- [20] 山田真一, 渡辺陽介, 北川博之, 天笠俊之, "データストリーム管理システム Harmonica の設計と実装, " 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 48, No. SIG14 (TOD35), pp. 91-106, 2007年9月.
- [21] 山田真一, 渡辺陽介, 北川博之, 天笠俊之, "ストリーム管理システムにおける複数永続化要求最適化手法", データ工学ワークショップ DEWS2007, 2007年2月.
- [22] 佐藤亮, 川島英之, 北川博之, "ペイジアンネットワークを用いた確率的データストリーム処理システムの提案", Journal of the DBSJ 7(1), 157-162, 2008-06.
- [23] Continua Health Alliance.
<http://www.continuaalliance.org/index.html>
- [24] WIN ヒューマンレコーダー,
<http://www.winhr.co.jp/index.html>
- [25] OMRON 携帯心電計.
<http://www.omron-portable-ecg.jp/>
- [26] Google Health, <http://www.google.com/health/>
- [27] ハート先生の心電図教室 ONLINE.
<http://www.cardiac.jp/>
- [28] TOSHIBA 心電図計測装置, <http://www.toshiba.co.jp/living/>
- [29] Esper DSMS, <http://esper.codehaus.org/>
- [30] タニタからだカルテ.
<http://www.karadakarute.jp/tanita/index.jsp>