

時系列補間クエリのための センサデータベースシステムの設計と実装

荒井 健次[†] 白石 陽[†] 高橋 修[†]

公立ほこだて未来大学[†]

1 はじめに

近年、無線ネットワーク技術とセンサデバイス技術の発展によって、様々な小型無線センサデバイスが開発されている。小型無線センサデバイスから無線センサネットワークを通して提供されるセンサデータを管理するためのシステムとして、センサデータベースシステムが注目されている[1][2]。この中でデータベース管理システム（以下 DBMS）を用いてセンサデータベースシステムを構築する手法が存在し、この場合アプリケーションは DBMS にアクセスすることでセンサデータを取得し、利用することができる。しかし、センサデバイスとアプリケーションが独立して動作する場合、センサデータの計測間隔によってはアプリケーションが必要とする時刻のセンサデータが存在するとは限らないといった問題がある。以上より、アプリケーションの要求する任意の時刻におけるセンサデータを補間するセンサデータベースシステムが必要とされている。

2 関連研究

本研究で対象とする無線センサネットワークについて説明する。センサネットワークは各センサデバイス製品でそれぞれ独自に形成されることが多い[3]。これらのセンサデバイス製品はセンシングと取得データの送信を行う子機（センサノード）と、PC と接続しセンサデータの集積を行う親機（センサゲートウェイ）の 2 種類のセンサデバイスを用いてセンサネットワークを形成する。川島ら[4]はこのようなセンサネットワークを用いたセンサデータベースシステムの実現方式を提案し、実装も含めて例を示している。

MauveDB[5]は DBMS 内部に登録されているセンサデータに対して補間処理を自動実行するためのビューを構築・保持する機構を持つセンサデータベースシステムである。一度構築したビューは保持されている限り繰り返し参照可能であるため、ビューの対象となっているセンサデータに対する問い合わせを行う際は効率が良い。しかし、アプリケーションがあるセンサデータの補間結果を得る場合、あらかじめそのセンサデータを対象としたビューを定義する必要があることから、アプリケーション側の問い合わせ手順が複雑化するという問題がある。

3 提案手法

最初に、本研究で取り組む課題について説明する。DBMS で

Design and development of a sensor database system
for time series interpolation query
Kenji Arai[†], Yoh Shiraishi[†], Osamu Takahashi[†]
[†]Future University Hakodate

センサデータの管理を行う場合、多様なセンサデータのデータ登録形式を統一することは困難である。登録形式のパラメータ数を増加させ冗長化することで対応可能ではあるものの、その場合はデータの登録や更新を行う際の負荷が問題となる。また、そのような複雑なデータ格納形式を持つテーブルに対して検索処理を行うには多くのパラメータの指定が必要となる場合があり、透過性が損なわれる可能性がある。さらに、時刻を指定してセンサデータを検索する場合、第 1 章で述べたような問題が発生する。以上を解決するために本研究では、時系列補間結果を取得するための問い合わせを行う「時系列補間クエリ」を定義し、それを実行するためのセンサデータベースシステムを設計・実装する。そのために、①新しいクエリ形式（時系列補間クエリ）と、②透過的な検索処理を実現するテーブル構造、③これらの動作結果から得られたセンサデータに対して補間処理を実行した結果を返す機構の 3 点が必要とされる。

3.1 時系列補間クエリ

提案システムは時系列補間クエリを受け取った際、それを内部の DBMS が解釈できる SQL に変換・実行する。指定した時刻のセンサデータが得られない場合は時系列補間処理を行い、その結果をアプリケーションに返す。これによって任意の時刻におけるセンサデータの補間を行う。表 1 に時系列補間クエリの書式を示す。

センサデータの種類や位置、時刻情報などの抽象的なパラメータを引数とすることで検索に必要なパラメータ数を単純化すると共に、内部のテーブル構造をアプリケーションから隠蔽することで透過性の高い検索処理を実現する。

表 1. 時系列補間クエリの書式

GETSENSOR	時系列補間クエリのヘッダ
TYPE=...	センサ種類
NODE=...	センサ識別ID
TIMESERIES=...	開始時刻, 終了時刻
SAMPLE=...	補間データ数
LOCATION=...	位置情報
INTERPOLATION=...	時系列補間パラメータ

3.2 システム構成

本研究では次の 3 つのモジュールをシステムに導入する。

- I. Sensor Data Register (センサデータを登録するテーブル管理機構)
- II. Query Converter (時系列補間クエリの実行機構)

III. Interpolation Processor (アプリケーションから独立した補間処理機構)

これらを含んだシステム全体のアーキテクチャと、3つの機構の説明を図1に示す。

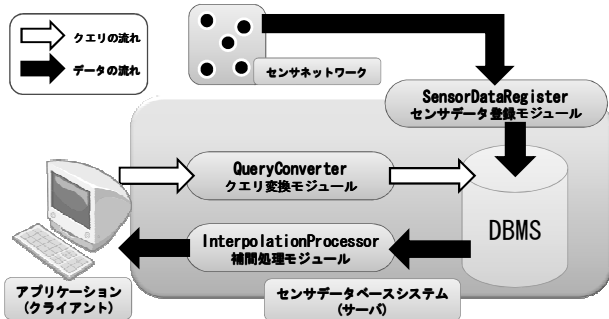


図1. システム全体のアーキテクチャ

3.2.1 Sensor Data Register

各センサゲートウェイから中継されるセンサデータを受け取り、DBMSに登録する機能を持つ。センサデータ登録モジュール (SDR: Sensor Data Register) はDBMS内にメタデータテーブルとセンサデータテーブルを形成して管理する。センサデータテーブルにはセンサデータの計測データが記録されており、メタデータテーブルにはテーブル名を一意とするセンサデータテーブルのメタデータが記録されている。SDRはセンサデータが登録されるべきセンサデータテーブルをメタデータテーブルから検索、または新規作成し、センサデータを登録する。

3.2.2 Query Converter

クエリ変換モジュール (QC: Query Converter) は時系列補間クエリの変換・実行処理を行う。SDRによって作成・管理される2種類のテーブルにアクセスし、時系列補間が必要なならば、それに基づいた検索を行う。

3.2.3 Interpolation Processor

補間処理モジュール (IP: Interpolation Processor) はQCによる検索の結果得られたセンサデータに対して時系列補間を行う。センサデータの時系列の性質 (計測間隔や変化量) によって適切な補間手法は異なると予測されるため、多種多様な補間手法を実装し、時系列補間クエリから任意に切り替え可能とすることでアプリケーションからの利便性を確保する。現在は MauveDB[5]でも利用されている時系列補間手法である3次スプラインを実装している。

4 実験

提案システムの実装を行い、時系列補間クエリの処理時間について基礎評価を行った。DBMSにはMySQLを利用し、各機構の実装はJavaを利用した。実際に複数台のSunSPOT[6]を用いて、1分間隔で温度・照度の計測を行った。

今回は検索対象となるセンサデータテーブル数を変化させることによる処理時間の変化を計測した。

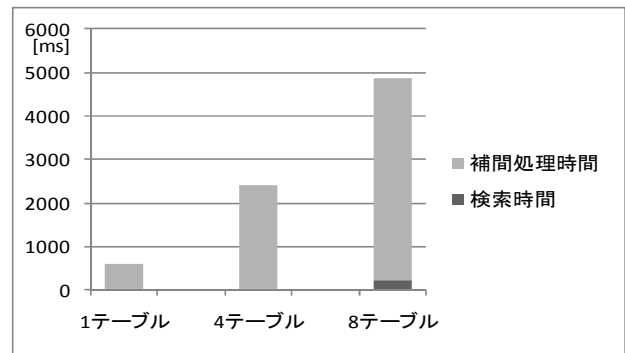


図2.1 時間分60件のデータから10件のデータを補間する際の時系列補間クエリの処理時間

5 考察

センサデータテーブルの増加に伴い、補間処理の時間が単純に増加している傾向が見取れる。これは処理がセンサデータテーブルごとに別々に実行されているためであると考えられる。但し、今回の実験ではテーブルに蓄積されているデータ全てを利用してスプライン処理を行っているため、現実的な実装方式であるとは言えず、今後の改善が必要とされる。今後はアプリケーションの実行環境を想定したサーバクライアント環境を構築し、時系列補間クエリを利用することによる処理時間や通信データ量の差を計測することが必要と考えられる。

6 おわりに

本研究では、アプリケーションからセンサデータの時系列補間結果を取得する際の効率的な問い合わせ方式として時系列補間クエリと、そのためのセンサデータベースシステムを提案した。今後、提案システムの有効性を検証するために実装を行い、時系列補間クエリを用いた際のデータ取得までの所要時間の計測や、サーバで補間処理を行う場合との比較を行い、提案手法の有用性について検証する。

7 参考文献

- [1] 川島英之, “ユビキタス・センサネットワークのデータベース技術”, 電子情報通信学会技術研究報告. USN (ユビキタス・センサネットワーク), Vol.107, No.53, pp.9-12, 2007
- [2] 白石陽, “センサネットワークのためのデータベース技術”, 情報処理, Vol.47, No.4, pp.387-393, 2006
- [3] 阪田史郎, 「センサネットワーク」, オーム社, 2006
- [4] 川島英之, 遠山元道, 今井倫太, 安西祐一郎, “センサデータベースシステム実現方式の一提案”, 情報処理学会研究報告. データベース・システム研究報告, Vol. 2003, No.71, pp.499-506, 2003
- [5] A. Deshpande and S. Madden, “MauveDB: supporting model-based user views in database systems,” Proc. of 2006 ACM SIGMOD, pp. 73-84, 2006,
- [6] Sun Microsystems, Inc, “Sun SPOT 無線センサーネットワークデバイス”, HTML, Available at “http://jp.sun.com/products/software/sunspot/”