

# 携帯電話で構成したセンサネットワークにおける 統計量集計のための通信制御方式の実証実験の評価

西村 康孝<sup>†</sup> 茂木 信二<sup>†</sup> 吉原 貴仁<sup>†</sup>

株式会社 KDDI 研究所<sup>†</sup>

## 1. はじめに

複数の携帯電話から携帯電話網を通して収集したセンサデータの合計値や平均値、最大値等の統計量は、センサの検知対象の事象の巨視的な特性や傾向を知るうえで有益な情報となる。これまで筆者らは、携帯電話にあらかじめ備わる加速度や騒音等を検知するセンサを使ったセンサネットワークを通してセンサデータの統計量を集計する際に、集計した統計量の誤差を許容範囲内に抑制しつつ、携帯電話網の使用帯域を低減可能とする通信制御方式を提案している[1]。本稿では、提案方式を実装したシステムを用いて実証実験を実施した際の評価結果について報告する。

## 2. 通信制御方式の概要

各端末は携帯電話網を用いて、インターネット上のサーバへセンサ情報を送信し、サーバがその情報を集計して統計量を算出する。提案方式は所望の統計量の種類と、統計量の誤差の許容範囲を指定すると、各携帯電話の冗長な送信を抑制しつつ、所望した統計量を許容範囲内の誤差で集計できる。

提案方式は、携帯電話の冗長な送信を抑制するため、サーバが過去の履歴から統計量の将来の推移を予測し、統計量の予測精度が許容範囲外となる時刻を携帯電話の次の送信時刻と決定する。そして、決定した時刻を携帯電話に通知し、携帯電話はその時刻までセンサ情報の送信を控える。

さらに、携帯電話のセンサ情報が突発的に変動した場合に生じる統計量の誤差を低減するため、携帯電話は自身のセンサ情報の推移を予測し、実際の推移が予測推移から逸脱していないかを定期的に確認する。逸脱を検知し、さらに、その逸脱により生じる統計量の誤差が許容範囲以上であれば、サーバが決定した時刻より前であってもセンサ情報を送信する。

## 3. 実証実験の概要

提案方式の有効性を実証するため、提案方式を実装したシステムを用いて、ショッピングモールにて2010年12月18日～19日に実証実験を

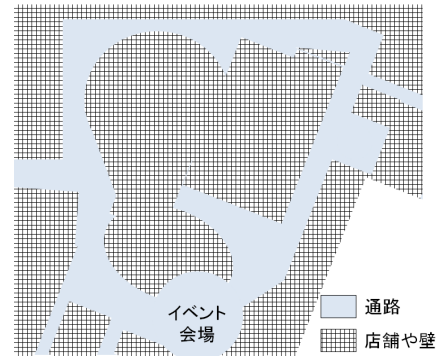


図 1: ショッピングモールのフロアマップ

実施した。実証実験では、統計量として合計値を選択し、複数の子供たちが歩いた距離の合計値が増加するに従い、バーチャルクリスマスツリーが成長するイベントを開催した。イベント1回につき10名の子供が参加し、合計8回のイベントを開催した。

イベントで利用したショッピングモールのフロアマップを図1に示す。フロアは通路沿いに1周することができる。1週の距離は約300mであった。イベントでは、まずアプリケーションを起動した携帯電話を10名に各1台渡す。次に、ショッピングモールのフロア内に隠れている人が扮装したトナカイ5頭を探すために、子供たちは一斉にイベント会場から出発し、通路を各自自由に歩行する。そして、1頭以上のトナカイを発見した子供は順次イベント会場に戻り、全員が戻った時点でイベントを終了する。イベント毎にイベント時間は若干異なるが、各イベント10分程度であった。歩行範囲はショッピングモールの通路に限定し、店舗や他の階への移動はなしとした。

## 4. 実証実験を通じた提案方式の評価

### 4.1. 実証実験の測定方法

全8回のイベントにおいて、子供たちに渡した携帯電話を通して歩行距離を集計し、その合計値を算出した。その際の測定データを基に、提案方式の有効性を携帯電話の送信頻度と統計量の誤差の観点から評価する。評価指標を以下に定義する。

(送信頻度) 携帯電話1台当たりの単位時間の送信回数[回/秒]。

(統計量の逸脱率) サーバが予測した統計量と、

Evaluation on Experiment of Communication Control for Collecting Statistical Information in Sensor Network composed of Mobile Phones  
Yasutaka Nishimura, Shinji Motegi, and Kiyohito Yoshihara  
KDDI R&D Laboratories Inc.

実際の統計量との誤差が、許容範囲以上であった時間のイベント時間に対する割合[%]。実際の統計量は各携帯電話が測定した歩行距離の履歴を使って、実験終了後に計算する。

**(統計量の単位時間誤差)**サーバが予測した統計量と、実際の統計量との単位時間当たりの誤差[メートル]。

提案方式のパラメタ設定を述べる。誤差の許容範囲を 10 メートルとした。予測には最小二乗法を用いた。最小二乗法の次数、予測に使う履歴数はそれぞれ 2, 20 とした。

提案方式の評価を容易にするため、定期通信方式と比較する。定期通信方式では各携帯電話は予め決定した送信頻度でセンサ情報を送信する。提案方式と同様にサーバは履歴から将来の統計量を予測する。送信頻度は 0.1, 0.2[回/秒]とした。

#### 4.2. 測定結果

まず、子供たちの歩行の挙動を把握するため、3 回目のイベントにおける 10 人の歩行距離の推移を図 2 に示す。イベントが開始すると、子供たちは一定速度で歩いているわけではなく、止まったり歩いたりを繰り返しているのが見て取れる。420 秒を超えると、イベント会場に戻り歩行距離の増加が止まる子供が現れ始めている。600 秒を超えると全員が戻ってきていることが分かる。

続いて評価指標の測定結果を示す。各イベントにおける提案方式の送信頻度を表 1 に示す。各イベントにおいて若干のばらつきはあるが、全イベントの送信頻度を平均すると 0.095 であった。

統計量の逸脱率を図 3 にそれぞれ示す。横軸がイベントの回数、縦軸が逸脱率を表す。定期通信(送信間隔=0.1)、定期通信(送信間隔=0.2)の統計量の誤差は、それぞれイベント時間の内、15%、4%の時間帯で許容範囲 10 メートルを逸脱している。一方、提案方式は 1%の時間帯でしか許容範囲を逸脱していない。

統計量の平均誤差を図 4 に示す。横軸がイベントの回数、縦軸が単位時間誤差を表す。全てのイベントで、提案方式は定期通信より統計量の単位時間誤差が低減している。提案方式は定期通信(送信間隔=0.2)と比較すると、統計量の単位時間誤差を約 23%低減している。

#### 4.3. 評価

提案方式は定期通信(送信間隔=0.2)の半分の送信間隔であるが、統計量の逸脱率、統計量の単位時間誤差を低減している。これは、統計量の誤差を許容範囲内に抑えて統計量を集計した場合、提案方式は送信頻度を 50%以上低減できることを表しており、提案方式は有効と言える。

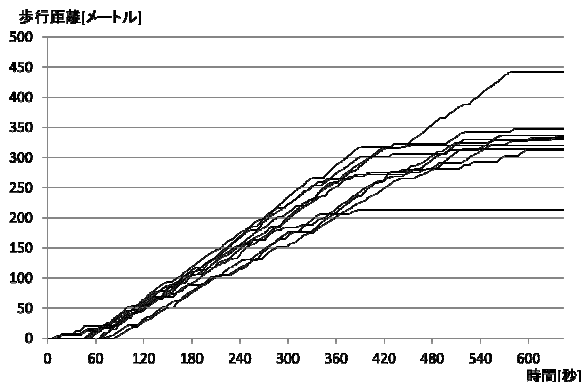


図 2: 歩行距離の推移

表 1: 提案方式における各イベントの送信頻度[回/秒]

1	2	3	4	5	6	7	8	平均値
0.099	0.090	0.103	0.089	0.107	0.112	0.092	0.067	0.095

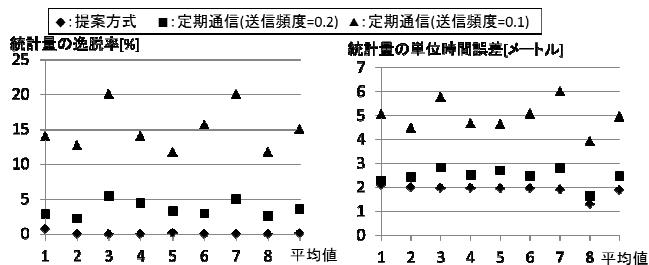


図 3: 各イベントにおける統計量の逸脱率

図 4: 各イベントにおける統計量の平均誤差

以上より、携帯電話を通して生のセンサ情報を集計する実環境において、提案方式の有効性が確認できた。提案方式の統計量の逸脱率が 1%であるのは、実環境における通信遅延や処理遅延の影響と考えられ、これらの遅延の影響を考慮した方式検討が必要である。

#### 5. おわりに

携帯電話で構成したセンサネットワークにおいて、許容範囲内の精度で統計量を集計する際に送信頻度を抑制可能とする通信制御方式を提案している。本稿では提案方式の有効性を評価するために実施した実証実験の結果を報告した。携帯電話を通して生のセンサ情報を集計する実環境において、ほぼ全ての時間帯において、統計量の誤差を事前に設定した許容範囲内に抑制しており、提案方式の有効性を実証した。実環境における通信遅延や処理遅延を考慮した方式検討が今後の課題である。最後に、日頃ご指導頂く(株)KDDI 研究所 秋葉所長と長谷川執行役員に感謝する。本研究の一部は総務省委託研究「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」の成果である。

#### 参考文献

[1] 西村他., “携帯電話を使ったセンサネットワークにおけるデータ送信制御方式の拡張検討,” FIT2010, 3K-6, 2010年9月。