

# 高機能・高性能な実世界センシング技術の開発

梅村恭司, 阿部洋丈 (第4工学系, 情報環境コア)

## 1 はじめに

計算機応用技術やネットワーク技術の利用拡大に伴い, 実世界で発生している事象について従来よりも高精度なセンシングを行い, それを元にして従来よりも高性能なサービスや, これまでに無い新たなサービスを実現しようという様々な試みが多くの研究機関で進められている. 本研究室では, コピキタスセンサ分野, および, インターネット分野において, 既存の技術を超える新たなセンシング技術の開発を目指して研究活動を進めている. 本稿ではそれらの研究内容について報告を行う.

## 2 仮想コピキタスセンサの実現に向けた評価システムの構築 [1]

多数のセンサを用いて詳細なセンシングを行う場合, センシングそのものの難しさに加え, センサが多数であることが引き起こす運用上の難しさが顕在化する. たとえば, センサが多数ある場合, どれか1つのセンサが故障によって停止しているという状況は想像に難くない. しかし, それによってセンシングシステム全体が停止するということは一般的には許容されず, 何らかの応答を返すことがシステムに求められるだろう. 他にも, 物理的制約や経済的制約によって, システムが想定するような均等な配置ができない場合も十分考えられる.

そこで我々は, そのような問題をアプリケーションプログラムから隠蔽するためのミドルウェア層の設計・開発を進めている. 我々のミドルウェアは仮想コピキタスセンサ (*Virtual Ubiquitous Sensor*) という抽象化をアプリケーションプログラムに提供する. 仮想コピキタスセンサは, センシング対象領域の任意の位置に仮想的に設定されるセンサであり, その示度はミドルウェア層のソフトウェアによる補間によって与えられる.

我々は, 当研究室の天井に49個の音声用マイクを設置し, すべてのマイクから同時に音声データを取り出すことが出来るシステムを構築した. 各マイクの出力はUSB接続されたA/Dコンバータを介してPCにリアルタイムで送信され, PC上ではそれらの出力データを用いて様々な処理や可視化を行うことが出来る.

## 3 事前設定を必要としないイベント判別システムおよび異常検知システム [2]

ある2値センサ(1ビットの値を返すセンサ)が反応したという具体的な事象(または, それらの系列)を人間にとって意味のある抽象的な事象に引き上げるためには, それらの間の橋渡しをする規則が必要

となる. しかし, センサが多数の場合にはそれらの規則を人間の手によって漏れなく作成し維持することは容易ではない. また, 人間によって扱いの容易な有限状態オートマトンを用いて規則を記述した場合, 入力データ中のわずかなノイズに対して非常に敏感に反応し, その結果として判定誤りを頻繁に出してしまうという問題が生じる.

そこで我々は, 各センサ間の位置関係に関する事前の情報を全く用いずに, 学習のために採取した入力データから確率的モデルを構築する手法についての研究を行っている. 現状のモデルでは, 各センサ間で反応が得られる確率は互いに独立であるという仮定を置きながら, 時間圧縮・イベントの判別に必要な履歴数の推定・隣接センサの推定とその利用等のアイデアが盛り込まれている.

我々は, 当研究室内に赤外線人感センサを設置し, それらによって「ドアから入ってきた人間がどこに着席したか」を判別する問題を用いて評価を行った. また, 同時に「どこにも着席しなかった」=「異常」とし, 正常と異常を判別する問題を用いた評価も行った. 評価に際しては, 比較のために, 人間が作成した有限状態オートマトンを用いての判別も行った. その結果, どこに着席したかを判別する問題の正解率, および, 異常を判別する問題の false positive rate について提案モデルは非常に良好な結果をもたらした. しかしながら, 異常判定における false negative rate についてはまだ改善の余地があることが明らかになった.

## 4 CDMに基づくイベント判別 [3, 4]

我々は, 前述の問題(2値センサ群からの出力を用いたイベント判別)に対する別アプローチとして, 圧縮に基づく相違性指標 (*Compression-based Dissimilarity Measure*, 以降 CDM) に基づく手法の適用も検討している. CDMは, コルモゴロフ複雑性のコンセプトを元にした文字列の相違性指標であり, 直感的には以下のように説明される: 異なる二つの文字列を連結して圧縮した場合, それらの文字列の相違性が高いほど, 圧縮結果のバイト列のサイズが大きくなることが期待される.

我々は, 前述の着席判別問題を用いて, CDMに基づく判別の実現可能性を次のように評価した: あるデータが与えられたときに, 予め用意された学習データ群(各座席に着席した場合の文字列と, 着席位置のペア)と比較を行い, 最も低いCDMを与えた学習データとペアになっている着席位置を判別結果として出力する. なお, センサの出力は0と1で表し, 各センサの出力を決められた順番で連結したものを1セットとし, 連続した6時刻分のセットを区切り文字  $x$  を挟んで連結した文字列をシステムへの入力文

字列として用いた。

評価は、3種類のよく知られた圧縮方式 (ZIP, LHA, RAR) を用いて行われた、その結果、ZIP を用いた場合で約 80%の正解率を得ることができた。このことから、CDM に基づく判別は十分な実用性を持っていることが予想される。現在も、さまざまな条件下での実験を継続して行っている。

## 5 方向制御可能な指向性センサの自動調整 [5]

人間の動作をセンシングする目的で指向性センサ (赤外線人感センサなど) を複数設置する場合、あらかじめ適切な方向にセンサを向けておくことは一般に容易ではない。特に、時間帯や季節によって人の流れが変化するような状況では、すべての状況で適切に動作できる方向というものそもそも存在しない可能性もあり得る。そこで我々は、自律的にその方向を変化させる機構を備えた指向性センサを試作し、その方向の制御方法についての研究を行っている。

現在は、センサの向き「良さ」を評価するための指標として、ある時刻における全センサの出力ビットを規定の順番で連結したものを1つのシンボルとし、全センサによる集合をそれらのシンボルを出力する情報源として見なした場合のエントロピーを用いる。この指標を用いることによって、センシング対象の人間からより多くの情報量を得られる、つまり、より詳細な状態を把握できるようになることが期待される。

我々が試作したセンサノードは、垂直軸を中心として回転可能な2個の赤外線人感センサで構成されている。2個のセンサは、全く同じ方向ではなく、回転方向に少しだけずらして取り付けられている。センサノードは、その二つの異なるセンサの結果を比較し、より高いエントロピーが得られた方向に少しずつ向きを変更することで最終的に適切な方向を得ようと試みる。現在は、この方法によって得られた方向が具体的なセンシングアプリケーション (前述の着席判別問題、異常判定問題など) において良好な結果が得られるかどうかの評価を行っている。

## 6 プローブパケットによる瞬間最大スループット予測 [6]

大規模言語処理や大規模科学計算等の目的でのグリッドコンピューティングが普及しつつある。グリッドコンピューティングとは、インターネットなどの広域ネットワークを介して接続された複数のコンピュータクラスタを利用して計算を行うものである。コンピュータクラスタにおいては各ノードを接続する LAN 上での通信をいかに効率的にするかということが高速化のための鍵であった。グリッドコンピューティングにおいては、それらに加え、広域ネットワークを介した通信をいかに効率的にするかという問題にも取り組む必要がある。広域ネットワークは一般に多数

の利用者によって共有されている資源であり、最大スループットなどの特性は刻一刻と変化しているために効率的に利用することは難しい。

そこで我々は、グリッドコンピューティングにおいて、ネットワーク状況に応じた適切なタスクスケジューリングを実現するための基盤として、現在の最大スループットを推測する手法に関する研究を進めている。我々の手法は、プローブパケットと呼ばれる、ある程度の大きさを持ったパケットを試験的に流し、その転送に要した時間から最大スループットを推測するという手法に基づいている。

我々の現在の目的は、推測に用いるプローブパケットの適切なサイズを発見することである。適切なプローブパケットのサイズによる転送時間は、実際の最大スループットとの間に高い相関関係を持っているはずである。しかし、それらの分布は既知ではないために正確に相関の高さを求めることはできない。そこで我々はノンパラメトリックな統計手法に基づく相関係数を用いて適切なプローブパケットのサイズを発見することを目指している。

## 発表論文

- [1] 大堀達也, 菊地誠, 齋藤義文, 我妻裕樹, 阿部洋文, 岡部正幸, 梅村恭司. 仮想ユビキタスセンサにおける測定値補完のプロトタイプ. 情報処理学会第 71 年全国大会, 2009 年 3 月.
- [2] 藤原大輔, 阿部洋文, 岡部正幸, 梅村恭司. 人間の動作に対するアノマリ型異常検知システムの実装. 情報処理学会第 71 年全国大会, 2009 年 3 月. 学生奨励賞受賞.
- [3] 菊地誠, 阿部洋文, 岡部正幸, 梅村恭司. Compression-based Dissimilarity Measure (CDM) を用いた人感センサ情報の類似判定. 情報処理学会第 71 年全国大会, 2009 年 3 月.
- [4] 菊地誠, 阿部洋文, 岡部正幸, 梅村恭司. 圧縮に基づく尺度 (CDM) を用いた人感センサ情報の類似判定. 電子情報通信学会 2009 総合大会, 2009 年 3 月.
- [5] 我妻裕樹, 阿部洋文, 岡部正幸, 梅村恭司. 情報量の最大化に基づく指向性センサの方向制御. 情報処理学会第 71 年全国大会, 2009 年 3 月.
- [6] Chung-Han Lee, Toshio Hirotsu, Hirotake Abe and Kyoji Umemura. Evaluation of Relationship between Probe and Data Size for Network Throughput Prediction. In JSSST WIT2009, Furano, Hokkaido, Japan, June 2009.