

情報量の最大化に基づく指向性センサの方向制御

我妻 裕樹† 阿部 洋丈† 岡部 正幸†† 梅村 恭司†

† 豊橋技術科学大学 情報工学系 †† 豊橋技術科学大学 情報メディア基盤センター

1 はじめに

近年、ホームセキュリティシステムや高齢者の見守りシステムを個人宅に導入する事例が増えてきている。これらのシステムでは、あらかじめ屋内外に各種センサを設置して周囲の情報を収集し、集めた情報を元にして異常検知を実現している。これらのシステムで用いられるセンサは指向性を持っている場合が多い。したがって、センサの検知方向がシステムの異常検知性能を左右する重要な要素となる。

そこで、本研究では複数個の方向制御可能な指向性センサから構成されるシステムを考え、それらのセンサから得られる情報を基により良いセンサの検知方向を見つけ出す手法を提案する。また、センサの検知方向の「良さ」を評価するための尺度として、全体のセンサから得られるデータの平均情報量 [1] について検討する。

2 方向制御可能な指向性センサシステム

方向制御可能な指向性センサシステムの主要な構成要素として、データを取得する複数のセンサノードと、データの収集とセンサの方向を制御するサーバ PC がある。センサノードは LEGO MINDSTORMS NXT を用いて作製されており、サーボモータによる方向制御や Bluetooth による通信が容易に実現できる。

今回製作したセンサノードを図 1 に示す。センサノードは、人物を検知するセンサとして焦電型赤外線センサを 2 個搭載しており、センサの検知角度は可変である。センサから得られるデータは、検知領域内で人が動いている時は 1、動いていない時は 0 という 2 値のデータである。センサノードは焦電型赤外線センサによって取得したデータを Bluetooth を用いてサーバ PC へと送信する。また、センサの検知方向はサーボモータで制御され左右 360 度可変となっており、サーバ PC から Bluetooth を用いて制御される [2]。サーバ PC はセンサノードから Bluetooth を用いて送られてきた焦電型赤外線センサデータを収集・記録する。また収集したデー

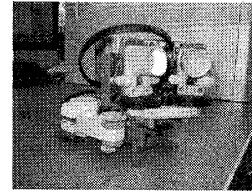


図 1: 方向制御可能な指向性センサノード

タに基づいて、各センサノードの最適な検知方向を算出し、実際に方向を制御する。

3 センサの検知方向の評価尺度

センサのより良い検知方向を見つけ出すためには、センサの検知方向の「良さ」を比較可能にするための評価尺度が必要となる。本研究では、次に示す 2 つの観点からセンサの検知方向を評価する。

- 人物の動きを観測できる検知範囲が広い
- 詳細に人物の位置を特定できる

これら 2 つの観点に当てはまる場合により大きな値をとる評価尺度として、センサから得られたデータの持つ平均情報量 (エントロピー) を提案する。ここでは、 N 個のセンサからなるシステムにおいて、各センサについて一定周期でサンプリングしたデータを考える。

システム内のすべてのセンサから得られるデータについての平均情報量を定義する。単一のセンサの出力値の集合 S は $S = \{0, 1\}$ である。平均情報量を計算する際のシンボルとして全 N 個のセンサの出力値の組を考え、シンボルの集合 S^N を以下のように定義する。

$$S^N = \underbrace{\{0 \dots 00, 0 \dots 01, 0 \dots 10, \dots, 1 \dots 11\}}_{N \text{ 個}}$$

全時刻におけるセンサ出力値の組のうち、 $s \in S^N$ と等しい値を持つ組の数を $c(s)$ とする。これより、システム内のすべてのセンサから得られる平均情報量 $H(S^N)$ は以下の式で表される。

$$H(S^N) = - \sum_{s \in S^N} \frac{c(s)}{M} \log_2 \frac{c(s)}{M} \quad (1)$$

提案した $H(S^N)$ が妥当な評価尺度であるかを検討する。 $H(S^N)$ の値が大きくなるのは以下のような場合である。

Direction Control of Directional Sensors Based on Entropy Maximization

† Yuki Wagatsuma

† Hirotake Abe

†† Masayuki Okabe

† Kyoji Umemura

Department of Information and Computer Sciences, Toyohashi University of Technology (†)

Information and Media Center, Toyohashi University of Technology (††)

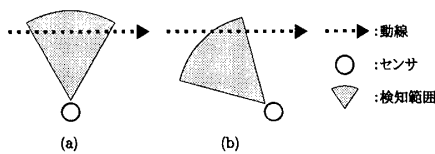


図 2: 単一のセンサの場合における検知方向の比較

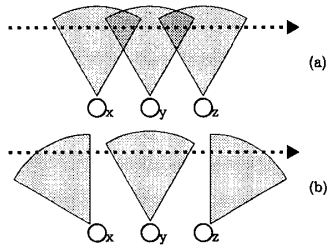


図 3: 複数のセンサの場合における検知方向の比較

- 各センサの出力が1である期間が長い（センサの出力が1である期間よりも0である期間の方が長くと仮定した場合）
- 複数のセンサが重複して反応しているため、出現するシンボル s の種類が多い

まず、図2に示すような状況を例にとって考える。人物の移動速度が(a)と(b)の場合で同じであるとすると、(a)の場合の方がセンサの出力が1になる期間が長くなる。また、(b)と比較して(a)のほうが人物の動きを観測できる検知範囲が広いことが分かる。よって、各センサの出力が1である期間が長ければ長いほど、人物の動きを観測できる検知範囲が広いといえる。

次に、図3に示すような状況を例にとって考える。各センサがそれぞれ単体で反応する(b)の場合には、「センサxの前を人が通過した」、「センサyの前を人が通過した」、「センサzの前を人が通過した」という3種類の情報が得られる。複数のセンサが重複して反応する(a)の場合では、(b)の場合に得られる情報に加えて、「センサxとyの間を人が通過した」、「センサyとzの間を人が通過した」という2種類の情報が新たに得られる。よって、複数のセンサが重複して反応するほうがより詳細に人物の位置を特定できる。

以上の議論より、 $H(S^N)$ の値が大きいほど、システム全体として見たときに各センサが良い方向を向いているといえる。

4 センサから得られる情報量の最大化

評価尺度 $H(S^N)$ の値を最大とするような、各センサの最適な検知方向を見つけ出す手法を考える。最も単純なものとして、各センサの可能な検知方向の全組み合わせについて $H(S^N)$ を求めるという手法がある。しかし、

可能なすべての検知方向とその組み合わせの数が膨大になり、現実的な時間内には各センサの最適な検知方向を見つけ出すのは不可能である。

そこで、情報量の値が各センサの検知方向に対して連続となると仮定し、山登り法によって各センサの最適な検知方向を見つけ出す手法を提案する。そのために、わずかに異なる2つの検知方向について実際に情報量を算出し、左右どちらがより情報量が大きくなるかを調べる。

提案手法を1つのセンサで実現しようとする、2方向に対するデータを2回に分けて別々に取得することになる。この場合には、2方向に対するデータは同時に取得されたものではないので、それぞれ異なる人物の動作を記録したデータであり、単純に情報量の大小を比較することができないという問題がある。そこで、2つのセンサを用いて、異なる2つの検知方向についてのデータを同時に取得するという方法を提案する。

5 まとめ

複数の方向制御可能な指向性センサを用いた人物検知システムにおいて、各センサのより良い検知方向を発見する手法を提案した。センサデータの平均情報量を検知方向の評価尺度とし、2つのセンサを組み合わせることで、山登り法で評価尺度が最大となる検知方向を発見するという方法である。この手法は、センサの配置を考える問題[3]の部分問題であるが、指向性を持ったセンサでは検知方向は非常に大きな要素を占めるため、實際上重要な問題である。

この方法で、少なくとも各センサが人物を観測できる方向を発見することが可能であると期待できる。

謝辞 この研究は、戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)の課題「インターユビキタスネットワーク情報基盤の研究」の成果である。また、平成20年度科学研究補助金課題番号(19500120)の研究成果を使用した。

参考文献

- [1] C. E. Shannon. A mathematical theory of communication. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.*, Vol. 5, No. 1, pp. 3-55, 2001.
- [2] 大庭慎一郎, 松原拓也. LEGO MINDSTORMS NXT グレープック. 株式会社毎日コミュニケーションズ, 2007.
- [3] K. Worden and A. P. Burrows. Optimal sensor placement for fault detection. *Engineering Structures*, Vol. 23, No. 8, pp. 885 - 901, 2001.