1つのフォトダイオードと複数LED照明を用いた位置検出法の提案

大西 康介^a 平野 誠大^a 楊 世淵^a

^a九州工業大学

1. はじめに

近年, 自律移動型ロボットに関して多くの研究がなされている。ロボットが自律移動するためには, ロボットが現在の自己位置を推定できなければならない。方法としては GPS やカメラを用いた自己位置推定法がある。GPS を用いた方法は通信可能な場所ならどこでも使用可能だが, 屋内では誤差が数十 m と大きい⁽¹⁾ため, 使用は困難である。カメラを用いた方法はあらかじめ建物内に多くの目印となるランドマークを設置し, ロボットには建物の地 Fig.データを与え, 膨大なランドマークデータベースを作成する必要がある。そして, ロボットに取り付けられたカメラでランドマークを観測すると, ロボットはその画像とランドマークデータを照合し, 地 Fig.中のどこに位置しているのか自己位置推定を行う。ランドマークは色や形の異なる特徴的な物である必要があるため, 使用可能な数は少ない。そのため, この方法は大規模な環境での使用や細かい位置検出が困難である⁽²⁾。また, 各ランドマークに関する認識ルーチンがそれぞれに必要なため, 利用者への負担が大きい。本研究では, 近年室内照明として急速に普及している LED 照明をランドマークとして用いることができる新たな位置検出法として, 1つのフォトダイオードと複数の周波数変調LED照明を用いた位置検出法を提案する。屋内のLED照明の数だけランドマークとしてLED照明を使用できるため, 従来法よりも使用できるランドマークの数が増え, 大規模な環境での使用やより細かい位置検出も可能となる。さらに, 従来ロボットに取り付けていたカメラのような高価な機器の代わりにフォトダイオードを採用したため, より低価格なシステムである。

2. 位置検出システム

我々が作成した位置検出システムの構成を Fig.1 に示す。システムは投光部と受光部で構成されている。

2.1 投光部

投光部は周波数変調された光を投光する。投光部は周波数変調回路とLEDで構成されている。周波数変調回路は各LEDを受光部で区別できるように異なる周波数に変調する。また, 周波数変調することで外乱光や他の照

Position Detection Using One Photodiode and Multiple LED Makers

Kosuke Onishi, Nobuhiro Hirano, Shiyuan Yang
Kyushu Institute of Technology

Fig. 1. Setup of the measurement system.

明などの光の影響を低減することができる。

2.2 受光部

受光部は1つのフォトダイオードとI/V変換増幅回路, A/D変換器, PCで構成されている。フォトダイオードは投光部からの光を受光すると, その受光量に応じた大きさの電流を出力する。I/V変換増幅回路はフォトダイオードからの微小な電流を電圧に変換し, 増幅する。さらに, 不必要な周波数帯域の信号を除去し, 外乱光の影響を低減する。増幅された電圧はA/D変換器でアナログ信号からデジタル信号に変換され, PCに入力される。その入力データは同時受光した複数LEDの光信号を含んだ合成波となっている。時間に関する信号のままでは各LEDから受光量が不明である。そのため, FFT演算によって時間に関する信号から周波数に関する振幅スペクトルへ変換する。FFT演算により, どの周波数の光を受光したのか判別することができる。受光した光の周波数から地 Fig.中のどこにロボットが位置しているのか検出することができる。また, 各周波数における振幅スペクトルの振幅はフォトダイオードでの受光量に応じて変動する。したがって, 各周波数における振幅スペクトルの振幅を検出し, 比較することにより, 各LEDとフォトダイオードとのより細かい位置関係を検出できる。

3. 評価実験

3.1 実験環境と実験方法

我々は位置検出の精度について検証を行った。実験環境は屋内の蛍光灯下である。本実験では, 3つのLEDを用いた。3つはLED1, LED2, LED3とし, それぞれ2.0 kHz, 2.5 kHz, 3.0 kHzに変調した。この値は蛍光灯の光の影響を受けないように設定した。

LEDとフォトダイオードの位置関係を Fig.2 に示す。

Fig. 2. Position of LEDs and the photodiode.

本実験では、LEDは50cm間隔で壁に設置した。LED1, LED2, LED3はそれぞれ-50cm, 0cm, +50cmに配置した。フォトダイオードは上下可動ステージに取り付け、フォトダイオードと壁との距離は2.0mとした。そして、フォトダイオードを+25cmから-25cmまで5cm動かす毎に位置検出を行った。この実験は3度行い、検出結果にばらつきがあるか、標準偏差を算出して検証した。

3.2 実験結果と考察

2.0 kHz, 2.5 kHz, 3.0 kHzにおける振幅スペクトルの振幅をFig.3に示す。標準偏差は最大で0.013Vであった。Fig.3より、LED2のように受光量が多すぎた場合、振幅スペクトルの振幅にほとんど変化が見られず、位置検出精度が低くなってしまふことが判明した。しかしながら、敢えて受光量の少ないLED1とLED3を位置検出に用いるパラメータに選定すれば、これらの振幅スペクトルの振幅はフォトダイオードの位置に応じて大きく変化するため、高精度な位置検出が可能であると考えられる。そこで、LED1とLED3を用いた位置検出の原理をFig.4に示す。また、位置検出の式を式(1)に示す。

$$y = \frac{V1 - V2}{V1 + V2 - 2Vmin} \times \frac{c}{2} \quad (1)$$

yはフォトダイオードの位置、V1はV2はLED1とLED3による振幅スペクトルの振幅、cはLED1とLED3の間隔である。位置検出結果をFig.5に示す。測定値と理論値はほぼ一致しており、最大誤差は2.70cm、最大誤差率は1.45%であった。これは従来法と比較しても高精度であるといえる。位置検出までにかかった時間はわずか55msecであった。これは、提案法は画像処理のような複雑な演

Fig. 3. Amplitude of the amplitude spectrum data.

Fig. 4. Principle of the position detection.

Fig. 5. Result of the position detection.

算がなく、簡単な四則演算で位置検出が可能だからだと考えられる。実験結果より、提案法は有効な位置検出法であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、1つのフォトダイオードと複数の周波数変調LED照明を用いた位置検出法を提案した。屋内のLED照明の数だけランドマークとしてLED照明を使用できるため、従来法よりも使用できるランドマークの数が増え、大規模な環境での使用やより細かい位置検出が可能となった。さらに、従来ロボットに取り付けていたカメラのような高価な機器の代わりにフォトダイオードを採用したため、より低価格なシステムとなった。今後は、フォトダイオードを複数にすることで、3次元位置検出への拡張や精度向上が期待できる。

文 献

- (1) Yoshino M, Haruyama S, Nakagawa M : "High-accuracy positioning system using visible LED lights and image sensor." 2008 IEEE Radio and Wireless Symposium. IEEE, pp.439-442, 2008.
- (2) Oe, Motoko, Tomokazu Sato, and Naokazu Yokoya : "Estimating camera position and posture by using feature landmark database." Scandinavian Conference on Image Analysis. Springer Berlin Heidelberg, pp.171-181, 2005.