複数の変調周波数光源と半球面ミラーを用いたライトカーテンの提案

権丈 雄亮^a 楊 世淵^a 芹川 聖一^a

^a九州工業大学

1. はじめに

危険区域・侵入禁止区域への立入りは、事故に繋がる恐れや侵入者による犯罪が懸念される。そこで、侵入防止を目的とした侵入者検知システムがある。侵入者検知システムの中には様々な手法を用いたものがあるが、光を用いたものが使用環境に最も影響されにくいため主流となっている⁽¹⁾。光を用いた侵入者検知システムは光源と受光部によって構成される。光源の光はレンズによって集光され、レーザ状の光となり離れた場所にある受光部に照射する。光源の光の遮断による出力電圧の変化により侵入者を検知している。しかし、このシステムは設置時に手で光軸の調整を厳密に行う必要があるため、任意に設置することが難しい。

そこで、本研究では光源、反射板、受光素子を用いた侵入者検知のためのライトカーテンを提案する。本システムは、反射板に半球面ミラーを用いることにより光軸の調整が不要になるため、任意に設置できる侵入者検知システムが実現可能となる。

2. 原理

2.1 侵入者検知システム

本システムの装置構成を Fig1 に示す。本研究では光源に赤色ハイパワーLEDを使用する。赤色ハイパワーLEDは指向性が低く、半球面ミラーは真上から見ると、底面に対して垂直方向 120[°]、水平方向 360[°]の周囲を映すことができる⁽²⁾。赤色ハイパワーLEDや半球面ミラーの特性により、光源が半球面ミラーより高い位置ならば、光源を任意に設置しても半球面ミラーで反射され、フォトダイオードで受光する。このとき、侵入者が光源－受光部間を通過すると、光源からの光が遮断され、フォトダイオードの出力電圧が低下する。出力電圧が閾値未満になると、人が光源－受光部間を通過したと判断し、警告音を鳴らす。なお、閾値は PSoC マイコンによって設定しており、光源は外乱光の影響を軽減させるため、10[kHz]に変調する。

2.2 閾値の設定

人が光源－受光部間を通過した時の出力電圧は低下するが、光源からの光を完全に遮断できない。そのため、光源－受光部の距離によって人が通過した時の出力電圧

Fig.1. General view chart of light curtain system.

にばらつきがある。このため、常に一定の閾値では誤作動を起こす。そのため後述の 3.1 節の実験を行う。その結果光源からの光を受光した時の出力電圧が、遮断時に 60%以下となることが分かる。本研究ではこれに少し余裕をもたせ、70%を閾値に設定する。

2.3 複数の変調周波数による信号処理

本研究では 10[kHz]、2.3[kHz]に変調した光源を使用する。信号処理回路では、10[kHz]、2.3[kHz]の信号を含むフォトダイオードの出力からフィルタ回路により、2.3[kHz]周波数成分の抽出、10[kHz]周波数成分の抽出を行っている。周波数の値をそれぞれ抽出することにより、複数の光源を使用することができる。

3. 実験

3.1 閾値の決定

光源からの光を受光した時の出力電圧を基準とし、遮断した時の出力電圧の比率を求める。そのため、遮断の有無によるフォトダイオードの出力電圧を測定する。実験環境は、暗室、蛍光灯下で行い。図 1 に示すように X 軸、Y 軸、Z 軸をとり、 θ_1 は 0[°]～75[°]の範囲を 15[°]毎に、 θ_2 は 0[°]～180[°]の範囲を 30[°]毎に、距離は、1[m]～5[m]の範囲を 1[m]毎に移動させ、すべての条件で測定を行う。

表 1 に光源の非遮断時を基準とする遮断時の比率を示す。最大の比率は 60[%]となった。

Table 1. Ratio when intercepting it based on non-intercepting source of light.

distance	1[m]	2[m]	3[m]	4[m]	5[m]
darkroom	54[%]	38[%]	43[%]	30[%]	29[%]
fluorescent	57[%]	34[%]	60[%]	41[%]	33[%]

Table 2. Recognition rate of intruder detection.

environment	darkroom	fluorescent
recognition rate	100[%]	100[%]

3.2 侵入者検知の動作検証

光源－受光部間を人が通過した時の侵入者検知の動作検証をする。3.1 と同様の環境下で、実験回数は各場所で 10 回とし、認識率を求める。

表 2 に侵入者検知の認識率の結果を示す。すべての環境下において認識率は 100[%]であった。

3.3 複数の変調周波数光源での測定

複数の変調周波数光源を点灯させ、それぞれの信号をフィルタで抽出し、測定する。複数の変調周波数光源を 10[kHz]、2.3[kHz]とし、光源－受光部間の距離を 1[m]とする。実験環境は、蛍光灯下で行う。フィルタをかける前の信号を Fig.2.(a)、2.3[kHz]の信号を Fig.2.(b)、10 [kHz]の信号を Fig.2.(c)に示す。

Fig.2.(a), (b), (c)より、2.3[kHz]、10[kHz]の信号を抽出することができる。これより、複数の光源が使用可能なため、Fig.3.のように設置し、検出範囲、検知精度をも向上可能である。さらに、光軸の区別が可能なので、侵入者の侵入した場所と大きさを判断することができる。

4. まとめ

本研究では、半球面ミラーを用いたライトカーテンシステムを提案し、動作検証を行った。検証結果より、任意に設置可能な侵入者検知システムを実現できた。さらに、複数の変調周波数光源を用いることで、侵入者検知領域の漏れを無くし、検知精度が向上した。

文 献

- (1) 株式会社キーエンス:「セーフティライトカーテン安全ガイドブック」, 2009-2010
- (2) 緑川直樹:「小型マルチカメラシステムを用いたロボットの全周囲映像提示のためのオンラインシミュレーション開発」, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2P2-B04, 2008

(a) Signal before current-filter circuit

(b) Signal of 2.3[kHz]

(c) Signal of 10[kHz]

Fig. 2. Signal of photodiode

Source of light

Fig.2. The intruder detection system in two or more sources of light and two or more light part of receiving.