

固定視野時系列画像を用いた夜間画像の画像強調と そのセキュリティ分野への応用

学位論文内容の要旨

近年, デジタルカメラなどの撮影機器が安価に入手することが可能になったため, 多くの場所に監視カメラや web カメラが設置されている. このような監視カメラで夜間に撮影された画像や映像は照明が不足し, 一様でない場合が多く, 昼間に撮影された画像と比較するとコントラストの低下が顕著で, その状況を理解することが難しい. それらの夜間画像を改善し画質を高めることで状況理解を容易にすることは重要な課題である.

本論文では, このような夜間画像を昼間に撮影された画像のように視認性の高い画像に改善する Denight 法を提案する.

画像のコントラストを改善する一般的な手法としてガンマ補正やヒストグラム伸長, トーンマッピングなどがあげられる. これらのコントラスト改善アルゴリズムは, 低コントラスト画像の改善や高ダイナミックレンジ画像のコントラスト改善を目的としており, 夜間画像のような元々の情報量が少ない画像の改善は必ずしもよく働かない.

夜間に明瞭な画像を撮影したい場合, 赤外線カメラを用いる方法がある. 撮影環境の照明が不足していても, 人物などがよく判別できる画像を取得可能な場合が多いが, 赤外線カメラではカラー情報を取得することができない. そこで, 赤外線カメラによる濃淡画像と CCD カメラによるカラー画像を合成して夜間画像を改善する手法も提案されている. しかし, これらの手法は, 赤外線画像とカラー画像を同時に取得するために特別なカメラや装置を必要とする.

夜間画像と昼間画像を統合することで夜間画像の改善を行う手法も提案されている. 夜間画像の重要な部分 (例えば, 画像中の車両や人物) に対応するマスク画像を生成し, そのマスク画像を重み関数として使用することで, 夜間の重要な情報を保存しつつ改善を行う手法や混合ガウスモデルや画像分割アルゴリズムを用いて夜間画像中の移動物体を検出し, その情報と昼間の背景画像を用いて夜間画像の改善を行う手法がある. 夜間画像中の移動物体部分などを分割抽出し, 画像改善を行う手法は, その分割が正しい場合は極めて有効であるが, その判断プロセスに誤りを含んだ場合, 結果として出力された画像は昼間と夜間が混在していたり, 移動物体が浮き出たりと, 不自然な画像が生成されてしまい, 視認性を低くしてしまうことがある.

提案の Denight 法は, 画像を照度と反射率に分解し画像の照度のみを操作することで, このような不自然な画像を生じさせにくい夜間画像の画像強調を行う手法である. 本手法は固定カメラが同一場所を終日観測し, そのシーンに関する大量のデータを獲得できていることを利用する. 具体的には, 画像を照度 I とテクスチャ成分と推定される反射率 R の 2 つのレイヤに分解して処理を行う. 改善対象となる夜間画像が与えられたとき, あらかじめ求めておいた昼間と夜間のそれぞれの背景

画像の照度を用いて夜間画像の照度を改善し、昼間の照度に近づけることで夜間画像の改善を行う。つまり、夜間の照度が不足している部分は高め、街灯などの照度が大きすぎる部分は抑えた改善後の照度 I と夜間画像の反射率 R をそのまま使用して Denight 画像を合成する。これにより夜間画像の詳細部分を保存した視認性の高い画像が得られるとともに、複数の画像を合成する際によく現れるエイリアシング、ハロ、ゴーストといった画質劣化現象を低減させることが可能である。

第 1 章では、本研究の背景と目的について述べる。ここでは本研究で対象とする夜間画像の画像強調技術について述べるとともに、その手法の概要を説明する。またセキュリティ分野への応用についても述べる。

第 2 章では、関連研究について述べる。ガンマ補正やトーンマッピングなどのコントラスト改善アルゴリズムのほか複数枚の画像を使用した低照度画像の画質改善手法、赤外線カメラを用いた夜間画像の画質改善手法を紹介する。

第 3 章では、夜間画像の画像強調手法である提案の Denight 法のアルゴリズムを説明する。ここでは背景画像の生成、輝度画像と色相の分離、照度と反射率への分解、夜間画像の照度改善および画像の再構成の各処理の詳細を説明し、実際に夜間画像に適用した結果について述べる。

第 4 章では、第 3 章で述べた Denight 法の夜間映像への拡張について述べる。本手法をそのまま夜間映像へ適用した場合、フレーム間でのちらつきが生じ視認性が低下してしまうことがある。この問題に対処するために時間方向の情報を利用してフレーム間のちらつきを低減する手法について説明する。また、実際に夜間映像に対して適用し、時間方向の情報を使用した場合と使用しない場合の結果と評価について述べる。

第 5 章では、本研究のセキュリティ分野への応用について検討する。ここでは本手法の監視システムなどへの応用を考えた場合の有効性と問題点について議論を行う。また、セキュリティ分野への利用を考慮すると、夜間画像の画像強調を行うだけでなく、夜間画像中に含まれる移動物体などの情報を監視者に知らせることも重要であるため、統計的検定処理による分布の類似性に基づくイベント検知の手法も併せて提案し、その実験結果について述べる。

最後に、第 6 章で本論文の結論と今後の課題・展望について述べる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 金 子 俊 一
副 査 教 授 五十嵐 一
副 査 教 授 小野里 雅 彦
副 査 准教授 田 中 孝 之

学 位 論 文 題 名

固定視野時系列画像を用いた夜間画像の画像強調と そのセキュリティ分野への応用

近年、デジタルカメラなどの撮影機器が安価に入手することが可能になったため、多くの場所に監視カメラが設置されている。このような監視カメラで夜間に撮影された画像や映像は照明が不足し、一様でない場合が多く、昼間に撮影された画像と比較するとコントラストの低下が顕著で、その状況を理解することが難しい。それらの夜間画像を改善し画質を高めることで状況理解を容易にすることは重要な課題である。

本論文では、このような夜間画像を昼間に撮影された画像のように視認性の高い画像に改善する Denight 法を提案した。

これまでに、画像のコントラストを改善する一般的な手法としてガンマ補正やヒストグラム伸長などがあげられる。これらの手法は、低コントラスト画像の改善を目的としており、夜間画像のような元々の情報量が少ない画像の改善は必ずしもよく働かない。また、夜間画像と昼間画像を統合することで夜間画像の改善を行う手法も提案されている。夜間画像の重要な部分に対応するマスク画像を生成し、それを重み関数として使用することで、夜間の重要な情報を保存しつつ改善を行う手法や混合ガウスモデルや画像分割アルゴリズムを用いて夜間画像中の移動物体を検出し、その情報と昼間の背景画像を用いて夜間画像の改善を行う手法がある。夜間画像中の移動物体部分などを分割抽出し、画像改善を行う手法は、その分割が正しい場合は極めて有効であるが、その判断プロセスに誤りを含んだ場合、結果として出力された画像は昼間と夜間が混在していたり、移動物体が浮き出たりと、不自然な画像が生成されてしまい、視認性を低くしてしまうことがあった。

提案した Denight 法は、画像を照度と反射率に分解し画像の照度のみを操作することで、このような不自然な画像を生じさせにくい夜間画像の画像強調を行う手法である。本手法は固定カメラが同一場所を終日観測し、そのシーンに関する大量のデータを獲得できていることを利用した。具体的には、画像を照度 L とテクスチャ成分と推定される反射率 R の 2 つのレイヤに分解して処理を行う。改善対象となる夜間画像が与えられたとき、あらかじめ求めておいた昼間と夜間のそれぞれの背景画像の照度を用いて夜間画像の照度を改善し、昼間の照度に近づけることで夜間画像の改善を行っている。つまり、夜間の照度が不足している部分は高め、街灯などの照度が大きすぎる部分は抑えた改善後の照度 L と夜間画像の反射率 R をそのまま使用して Denight 画像を合成している。

第1章では、本研究の背景と目的について述べた。ここでは本研究で対象とする夜間画像の画像強調技術について述べるとともに、その手法の概要を説明した。

第2章では、関連研究について述べた。

第3章では、夜間画像の画像強調手法である提案の Denight 法のアルゴリズムを説明した。ここでは背景画像の生成、輝度画像と色相の分離、照度と反射率への分解、夜間画像の照度改善および画像の再構成の各処理の詳細を説明し、実際に夜間画像に適用した結果について述べた。

第4章では、第3章で述べた Denight 法の夜間映像への拡張について述べた。本手法をそのまま夜間映像へ適用した場合、フレーム間でのちらつきが生じ視認性が低下してしまうことがある。この問題に対処するために時間方向の情報を利用してフレーム間のちらつきを低減する手法について説明した。

第5章では、本研究のセキュリティ分野への応用について検討した。セキュリティ分野への利用を考慮すると、夜間画像の画像強調を行うだけではなく、夜間画像中に含まれる移動物体などの情報を監視者に知らせることも重要であるため、統計的検定処理による分布の類似性に基づくイベント検知の手法を提案し、その結果について述べた。

第3,4章では、固定視野時系列画像情報を用いて夜間画像の画像強調を行う Denight 法について述べている。照度と反射率について物理的・光学的なものとは異なる点に留意が必要であること、結果の評価方法を工夫することを指摘したが、提案された手法は従来にない画像強調の手法を実験によりその有用性を示している点を評価した。

第5章では、分布比較によるイベント検知の手法について述べており、実験によりその有用性を示し、セキュリティ分野への応用が期待されることが示されている点を確認した。一方、Denight 法との関係性やアルゴリズムの詳細、各パラメータについての説明等をより具体的に論文中に記述することにより理解を容易にすることができるとの意見を述べた。

以上を要するに、著者は夜間画像の画像強調の手法やイベント検知の手法を提案し、実験によりその有用性を確認した。これらの手法は監視システムなどのセキュリティ分野への応用が期待される技術であり、本研究の成果は情報科学に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。