2J-01

スマートフォン画面覗き見検知手法の提案

劉 振豪†， 中島 毅†
芝浦工業大学大学院理工学電気電子情報工学専攻†

1. はじめに

ノートパソコン，スマートフォン，タブレットなどのモバイル端末の急速な発展に伴い，モバイル製品は人々の生活の中でますます人気が高まっている．しかし，個人のデバイスは公共の場所でよく使用されるようになり，プライバシーの覗き見の問題が発生している．

本論文では，スマートフォンユーザが，さまざまな利用シーンで他人による画面の覗き見を検知し防止対処を可能にするための覗き見検知システムを提案する．このシステムは，カメラモジュールからの画像を処理し，背後の人の両目とその向きを検出し，覗き見かどうかを判定する．本システムの特長として，画質の向上モジュールの導入により，暗い環境下や比較的遠い位置からの覗き見の認識精度を上げることを狙っている．

2. 従来研究

Lian らはスマートフォンのカメラモジュールを使用して，覗き見者を検出し，画面のプライバシ保護手順をアクティブにする方法を提案している[1]．画面のプライバシ保護では，超音波距離センサによって測定されたユーザどの距離と，光センサによって測定された．環境の明度から画面の明度を適応的に調整する方法を採っている．Lian らはさまざまな比較実験を実施し，検出精度や処理速度などの評価結果を得ている．特に屋外などの通常の光条件では，1 メートルの覗き見者は 85%以上の F 値で両目を検出できる．しかし，低照度で距離が 0.4m を超える場合は検出精度が急速に低下する．従来研究は覗き見検知の可能性を示しているが，実用化に対して以下の課題がある．

課題 1）低照度環境では精度が低い
課題 2）両目検出のみでは，覗き見を判定には不十分

本研究は従来研究を改善して，以下の要求の達成を目指す．

要求事項：

- 照度: 100 ルクス
- 検知時間: 1 秒以内
- 検出精度: 1m 以内 F 値は 90%以上

Proposal of peep detection method for smartphone screen
†Liu Zhenhao・Shibaura Institute of Technology
†Nakajima Tsuyoshi・Shibaura Institute of Technology

照度 100 ルクスは街灯下の照度に相当する[2]．また，一般人が文字の読み速度は 1 分間約 402 文字約 6 文字/秒[3]ので，検知継続時間が 1 秒以内なら，その覗き見者はまだ内容を読んでいないと判定することとした．

本システムは，まず現在のシーンの照明条件が十分かどうかを判断する．照明条件が基準値より悪い場合は，先に低照度画像強調法を実行し，補正画像を取得する．次にアイトラッキングアルゴリズムを使用して画像内の目を取得する．低照度画像強調法では，「色空間変換」と「ウェーブレット画像融合」技術を使用する．

3. 提案手法と手順

3.1 提案手法の処理手順

モバイルデバイスのプロセッサパ性能と消費電力を考慮すると，リアルタイムビデオ処理はメモリ(RAM)と消費電力を大幅に占有するため，ユーザエクスペリエンスに悪影響を及ぼす．したがって，我々は，静止の画像を撮影して処理することにした． 1 秒ごとに画像を撮影し，画像の明度を判断する．明るさは不十分なら，低照度画像強調法を使う．提案手法の手順を図 1 に示す．

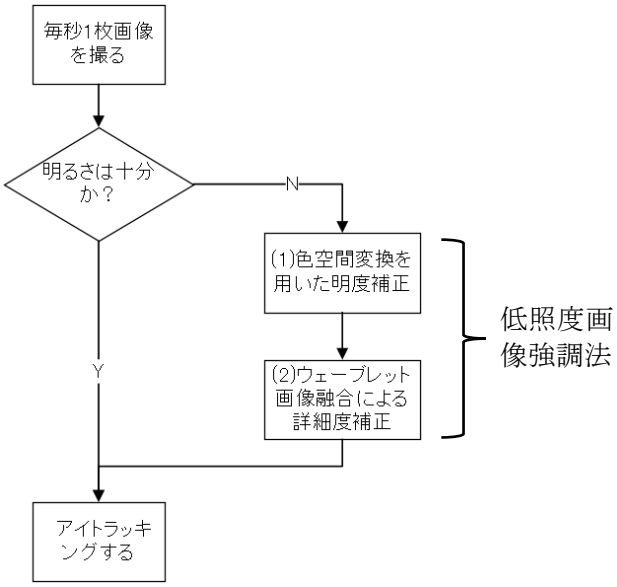

図 1 提案手法の手順

3.2 低照度画像強調法

RGB 色空間では，画像の色相 h，彩度 s，明度 v が

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

交差しないため，色と明るさを効果的に分離することができない． RGB の 3 つのチャネルを強調して画像の明るさを調整するだけで，画像の色相に影響を与える可能性がある．HSV 空間は，RGB 空間よりも人間の色の知覚を表現するのに適しているだけでなく，色相，彩度，明度を効果的に分離し，色相と彩度，明度をほぼ直交させることができる．これにより，後続のトゥルーカラー画像の強調に大きなメリットがもたらされる．

(1)色空間変換を用いた明度補正

本研究では，低明度及びぼやけによる，不十分な視覚効果の問題に取り組む．まず画像の低明度の問題を解決するために, RGB 空間を HSV 空間に変換し，RGB の三原色を直接処理するのではなく，画像の明度を独立して処理する．この際色相と彩度は変更しない．

HSV 色空間における対応する（h,s,v）値は次しきで表わすことができる:

$$h = \begin{cases} 60° & if\ max = min \\ 60° \times \dfrac{g-b}{max-min} + 0°, & if\ max = r\ and\ g \geq b \\ 60° \times \dfrac{g-b}{max-min} + 360°, & if\ max = r\ and\ g < b \\ 60° \times \dfrac{b-r}{max-min} + 120°, & if\ max = g \\ 60° \times \dfrac{r-g}{max-min} + 240°, & if\ max = b \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0, & if\ max = 0 \\ \dfrac{max-min}{max} = 1 - \dfrac{min}{max}, & otherwise \end{cases}$$

$$v = max$$

この HSV 空間において，画像の各画素の明度 v を 10 倍にする．

次に，画像を HSV 空間から RGB 空間に移す．具体的な操作は以下の通りである．

$$h_i \equiv \left\lfloor \frac{h}{60} \right\rfloor \quad (mod\ 6)$$

$$f = \frac{h}{60} - h_i$$

$$p = v \times (1 - s)$$

$$q = v \times (1 - f \times s)$$

$$t = v \times (1 - (1 - f) \times s)$$

各色ベクトル(r,g,b)について

$$(r, g, b) = \begin{cases} (v, t, p), & if\ h_i = 0 \\ (q, v, p), & if\ h_i = 1 \\ (p, v, t), & if\ h_i = 2 \\ (p, q, v), & if\ h_i = 3 \\ (t, p, v), & if\ h_i = 4 \\ (v, p, q), & if\ h_i = 5 \end{cases}$$

(2)ウェーブレット画像融合による詳細度補正

次に，画像のぼやけの問題を解決するためにウェーブレット画像融合を用いる．画像融合は，2 つ以上のセンサによって同時にまたは異なる時間に取得された画像シーケンスを幾何学的に登録する手法であり，特定のアルゴリズムを使用して各画像データに含まれる情報を有機的に組み合わせて，新しい高品質の画像を生成する．融合された画像は人間の視覚により適しており，画像のセグメンテーションや特徴抽出などの後続の画像処理を容易にする．

ウェーブレット変換法に基づく画像融合[5]は，最初に直交ウェーブレット変換によってソース画像を分解し, 低周波情報, 水平情報, 垂直情報, および対角情報をそれぞれ表す 4 つのサブ画像を取得する．次に，低周波サブイメージはさらに 4 つのサブ画像を分解する．次に，変換ドメインで特徴選択を実行し, 融合画像を作成する. 最後に, 融合された画像は逆変換によって再構築する[4].

本研究では，色空間変換で処理された画像をウェーブレット画像融合法を使用して，画像を高周波情報と低周波情報を含むサブ画像に分割し，シャープ化する．それによって画像の鮮明さを向上させる[6]. 最後に従来研究のようにアイトラッキングを使う．

4. まとめ

本論文は，Lian らの覗き見検知法の低照度環境下での低パフォーマンスを改善する手法を提案した．基準値より低照度の場合，色空間変換とウェーブレット画像融合を使用した低照度画質向上アルゴリズムを適用する．本手法は計算負荷が高いため，ビデオ監視ではなく，適切なサンプリング間隔の単一の画像を使用することを想定している．

参考文献

[1]Shiguo Lian, Wei Hu, Xingguang Song, Zhaoxiang Liu, "Smart privacy-preserving screen based on multiple sensor fusion",IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 59, No. 1, Feb 2013

[2]http://photon.scimuseum.kita.osaka.jp/publish/text/koyomi/66.html

[3]三輪 まり枝, "正常者の読み速度について-ロービジョン者との比較において",日本視能訓練士協会誌/26巻 ,1998.

[4]H. Demirel, G. Anbarjafari, C. Ozcinar and S. Izadpanahi, "Video resolution enhancement by using complex wavelet transform", Proc. 18th IEEE Int. Conf. Image Process., pp. -, Sep. 2011.

[5]T. Sun, C. Jung, P. Ke, H. Song and J. Hwang, "Readability enhancement of low light videos based on discrete wavelet transform", Proc. IEEE Int. Symp. Multimedia, 2017.

[6]R. Yan, L. Shao and Y. Liu, "Nonlocal hierarchical dictionary learning using wavelets for image denoising", IEEE Trans. Image Process., vol. 22, no. 12, pp. 4689-4698, Dec. 2013.

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.