



デジタル・ディテール・エンハンスメント (DDE)

赤外線画像システムでは、システム性能がその検知距離で分類されることがよくあります。ユーザが、どのくらい離れたところにある人間や車両などの対象物を見分けられるか、ということを知りたい、という事は、セキュリティや監視システムを検討する上ではごく自然な事です。しかし、実際には、監視対象が、理論的には検知距離内にいたとしても、その対象を実際に見つけ出す事ができるか否か、という事は一寸難しい問題になります。よく見過ごされがちなことは、高ダイナミックレンジのシーンが引き起こす問題です。システム自身が十分な分解能を持っており、監視対象を認識することができても、ユーザがこの監視対象が信号スパンの中にどれだけ取まっているかを正確に判断できないと、ユーザに対してそのターゲットが有効に表示されない、ということです。これが原因で検知に非常に時間がかかってしまい、場合によっては事象の一部がそのまま検知されないままになってしまいます。

DDEとは?

FLIR Systems では、高ダイナミックレンジのシーンにおいても、コントラストの低い対象物を見つけるための強力なアルゴリズムを開発しました。このアルゴリズムは、デジタル・ディテール・エンハンスメント (DDE)と呼ばれる映像補正技術です。DDEは、高ダイナミックレンジでも画像の詳細をそのまま維持する事が可能な高度なノンリニア画像処理アルゴリズムです。DDEにより画像処理を実施すると、オリジナルの画像の全ダイナミックレンジと一致し、極端な温度差、ダイナミック性のある現場のシーンでも詳細部分を区別することができます。

高ダイナミックレンジが問題となる理由

その答えは、人間の視覚の限界と標準的なビデオインタフェースの限界にあります。人間の目は、画像のグレースケールを約128階調(7ビット)までしか識別することができません。故に、各赤外線カメラは14ビット信号(15,000階調を超えるグレースケール)内の情報を人間が識別可能な7ビット信号にマッピングする必要があります。さらに、エンドユーザが仮に人間でなくても(例えば、映像センサーなど)多くのアナログおよびデジタルビデオインタフェースでは、ダイナミックレンジを効果的に256階調のグレースケールに制限するのに8ビット値が必要になります。

DDEは単にヒストグラムを平坦化したものか?

単なる平坦化とは異なります。ヒストグラムの平坦化(HE)およびそのバリエーションの多くは、「画面上において多数存在する温度範囲に対してはダイナミックレンジが高く、画面上であまり多く存在していない温度範囲に対してはダイナミックレンジが低い」という理論で機能しています。それに対してDDEでは、対象となる温度範囲にかかわらずすべての詳細部分を均等に強化します。このことは、温度の低い部分が画面上の大多数であったとしても、それを背景に持つ温度の高い小さな対象でも、鮮明な詳細表示を行うことが可能であることを意味します。

理論的比較例: 理論的な5つのターゲット($\Delta T=200mK$)から成る画像を使用してリニアAGC、HE、DDEの画像を比較します。これらの3つの画像には、5本セットのバーのターゲットが隠れています。各ターゲットの温度は、背景より約200mK温度が高くなっています。標準的なAGCアルゴリズムでは、画像は改善されませ

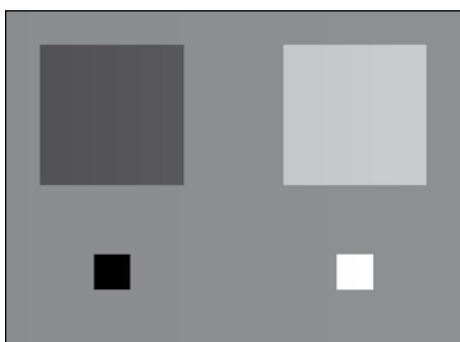


図1: 標準AGC - ターゲットが隠れている

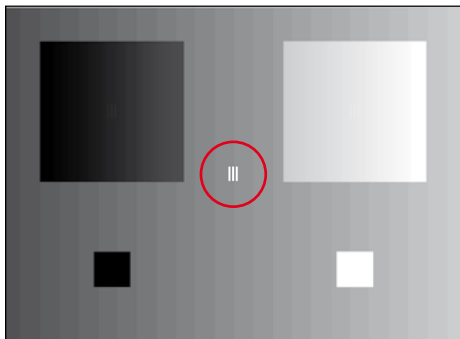


図2: HE - 1つのターゲットだけが表示されている

標準的なAGCアルゴリズムでは、画像は改善されません(図1)。図2の画像は、ヒストグラムの平坦化によって改善されていますが、この画面上において支配的なダイナミックレンジである中央のターゲットのみが表示されます。

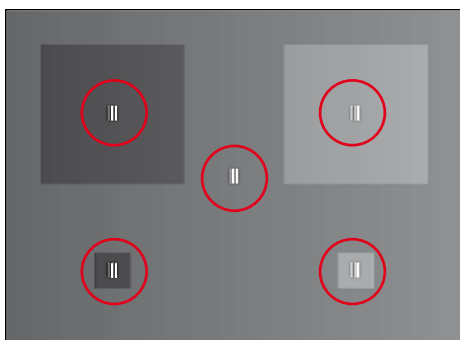


図3: DDE - すべてのターゲットを表示

FLIR SystemsのDDEアルゴリズム(図3)を使用すると、5つのターゲットがすべて同時に表示されます。さらにダイナミックレンジの特定箇所の画素数にかかわらず5つのターゲットのコントラストはすべて同一です。したがって、状況がどのように変化しても、それにかかわらずDDEの有効性が維持され、予測することが可能になります。

これまでのAGCアルゴリズムでは、極端な値は除去され、ダイナミックレンジは直線的に8ビット領域に割り当てられていました。ここでは、高ダイナミックレンジビデオでは、大きな改善効果を得ることができません。そこで、支配的な温度/放射レンジでは、ヒストグラムの平坦化を行うことでコントラストを向上させることが可能でした。但し、ターゲットがその支配的な範囲にない場合はどうなるのでしょうか。DDEでは、あらかじめ決められたコントラストの部分の詳細部分に割り当てます。コントラストの低い対象物が検出される可能性も画像全体に対して一定です。

実例: 高ダイナミックレンジ画像でコントラストの低いターゲットを見つけるには?

図4~7の一連の映像は、極めてコントラストの高いシーンを示したものです。ゲイン*とレベル**は、図5と6に示すようにコントラストの低い特別なターゲットを示すために手動で調整されています。



図4: 標準のAGCアルゴリズムが適用されたコントラストの高いシーン

図4は、標準のAGCアルゴリズム適用後のビデオ映像です。このアルゴリズムでは、ヒストグラムの中央部分に対してコントラストが極端に高くなる画素は省略され、信号が途中で切り捨てられます。動くターゲットは容易に観察できます。



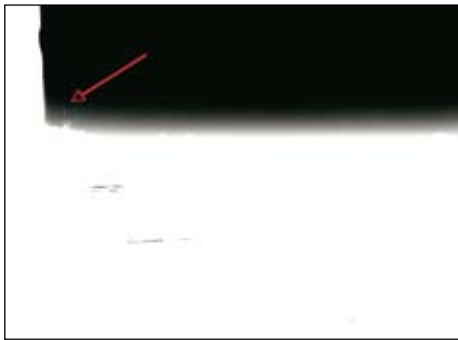


図5:ヘリコプターの検出を可能にする信号スパンの低域部
図5は、信号スパンの低域部を示したのですが、ここでは、映像の左上に上空を旋回するヘリコプターが検出できるようになっています。これは本来見えているはずのターゲットでした。図4では、ヘリコプターは見えていなかったことに注目してください。



図6:ダイナミックレンジの中央の狭いスパンで画素サイズのターゲットが森の中に示されています。これは人間でしょうか。

図6:ダイナミックレンジの中央の狭いスパンで画素サイズのターゲットが森の中に示されています。これは人間でしょうか。

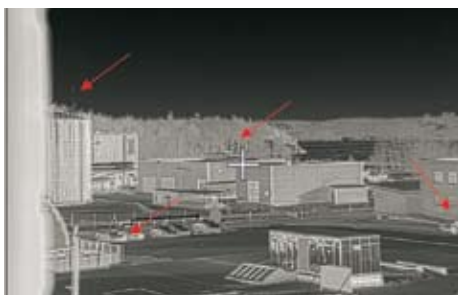


図7:DDE適用結果 - すべてのターゲットの同時表示

最後の図7は、FLIRのDDEアルゴリズムを使用してフィルタをかけた結果です。これで3つのターゲットがすべて同時に表示されました。ここに表示されているように画像内にはほとんど不要なノイズらしきものはありません。

* レベルを設定することによって表示範囲の中央の温度を調整することができます。画面に表示可能な中央点のシーンの温度設定をLEVELボタンで設定することができます。レベルを低く設定すると、可変グレースケールで低い温度のシーンが表示され、温度の高いシーンはすべてフルスケールになります(高い温度は白地に白)。レベルを高く設定すると、グレースケールで高い温度のシーンが表示され、低い温度のシーンは、ブランクで表示されます(ここでも高い温度は白)。

** ゲインを設定することで、ビデオ映像のグレースケールに割り当てられる温度範囲を調整することができます。カメラに表示されるシーンの温度範囲をゲインでコントロールし、LowからHighに調整が可能です。ゲインを低く設定すると、幅広い温度範囲が表示されますが(高ダイナミックレンジ)、シーンの温度の小さな変化は区別できなくなります(分解能が低い)。ゲインを高く設定すると、シーンの表示温度のわずかな変化が表示できます(分解能が高い)、対象温度範囲が非常に狭くなります。

実例2

ほとんどのセキュリティおよび監視アプリケーションでは、手動で調整を行うことなく素早くターゲットを検出できることが必須になります。対象となるものを検出するまでの時間を最小限に抑えるには、その可能性のあるすべての対象物を同時に表示する必要があります。ゲインやレベルの調整を手動で行わなくてもコントラストの低い対象物でも検出できることが必要になります。



図8:リニアAGC - 画像内の低コントラストの5つのカーソルを検出

図8に表示したビデオは、高解像度640 x 480 画素の検出器を使用してキャプチャしたもので、コントラストの高いシーンを示しています。ゲイン*とレベル**は、図9に示すようにコントラストの低い特別なカーソルを示すた

めに手動で調整されています。カメラがターゲットに必要な分解能で認識することができても、ユーザがこのターゲットが信号スパンの中にとりだけ取まっているかを正確に判断できないと、ユーザに対してそのターゲットが有効に表示されない、ということです。これでは、検出までにかかり時間がかかってしまいます。図10は、DDEが適用された画像を示しています。

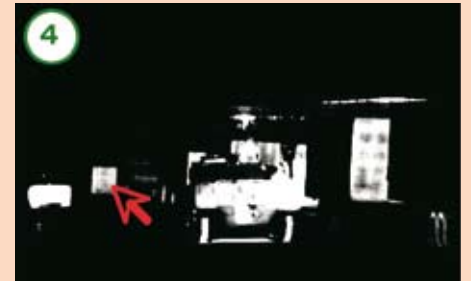
他の多くの輪郭強調補正とは違って、DDEは、周囲の状況の変化に対して柔軟です。実際にDDEを使用することで、どのような条件でも赤外線カメラで再現性の高い映像が得られ、ユーザは、それらの調整をすることなく、映像の監視に専念することができます。ができます。



図10:DDE - コントラストの高低にかかわらずターゲットを同時表示



図9:リニアAGC - ゲインとレベルを手動調整して低いコントラストのカーソルを表示



謝辞:本記事の共同執筆者のNicholas HögastenとRene Lindnerに謝意を表します。

詳細は、下記までお問い合わせください。

FLIR Commercial Vision Systems B.V.
Charles Petitweg 21
4847 NW Teteringen - Breda
Netherlands
電話: +31 (0) 765 79 41 94
ファックス: +31 (0) 765 79 41 99
メール:flir@flir.com

www.flir.com