

アクティブバックライトによる液晶テレビの省電力化と画質の改善

Louis Kerofsky, Jon Fairhurst

Sharp Laboratories of America, Inc.

原論文

- “Brightness Preservation for LCD Backlight Dimming”, Sharp Technical Journal Vol 95 February 2007
- “LCD Backlight Selection through Distortion Minimization”, Proceedings of the 14th International Display Workshops December 5 - 7, 2007
- “Temporal Filtering In LCD Backlight Modulation”, SID Symposium Digest Vol. 39, 903-906 (2008)
- “Methods of measurement for the power consumption of audio, video and related Equipment”, International Electrotechnical Commission, IEC 62087:2008(E)

エネルギー節約に対する関心により、テレビの消費電力削減への取り組みが行われるようになった。シャープは画質を改善しながら液晶テレビの平均消費電力を抑える技術を積極的に開発してきた。バックライトは、液晶テレビの電力消費の最大部分を占めている。チューナなどの構成要素とは異なり、ディスプレイが大型化するとバックライト電力も大きくなり、テレビの電力に占める割合も大きくなる。アクティブCCFL*1バックライトを用いた液晶テレビの省電力化と高画質化に対する取り組みと、消費電力測定方法に関する最新動向を紹介する。

【省電力化と高画質化】

図1はバックライト調整値の時間変化を示すが、平均消費電力は、CCFLバックライトを、画像に応じてフレーム間で変化させることにより抑えることができる。

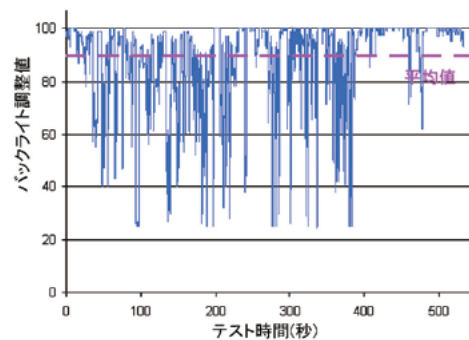


図1 バックライト調整値の時間変化

シャープの新AQUOS CCFL*1製品のR, G, Dシリーズは、上述のバックライト制御と画像処理のための最新技術を採用しているが、幾つかの要素が組み合わせられている。バックライト切換制御のための輝度補正処理、シーン切換検出、およびフィルタ処理である。最新のAQUOSシステムにおいてこれらの要素がどのように関連し合っているかを図2に示す。それぞれの要素は以下に詳細に説明する。

輝度補正技術(図2のオレンジ色の部分)

輝度補正技術は液晶バックライトの輝度低下を補償するために開発された。輝度補正技術は、液晶ディスプレイとバックライトの数学的モデルを利用して、低下させたバックライトで100%のバックライトと同じ出力を生み出すために必要な画素への補正量を計算する。例えば、バックライトを低下させた時に、画素を増加させて液晶ディスプレイの出力を一定に保つ。ここで重要なことは、完全に補償できない画素値に対して、クリッピングによるノイズを防ぐことである。

バックライト選択技術(図2の水色の部分)

画質が上述の輝度補正技術により大きく影響される一方で、バックライト選択技術は液晶ディスプレイの使用電力を左右する。輝度補正技術の効果は表示される画像とバック

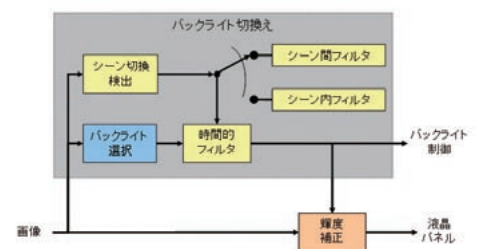


図2 最新バックライト制御技術

*1 CCFL
Cold Cathode Fluorescent Lamp. 液晶バックライトに使用する冷陰極管

クライトレベルの両方に依存する。バックライトが明るいとコントラストを減少させ、逆にバックライトが暗いとハイライトを薄暗くする。バックライトレベルの選択はこれら2つの要素の最適制御である。バックライト選択技術は歪み最小化アルゴリズムを使用して、画像の内容に応じてこの判断を行う。液晶本来のコントラスト比、バックライト、輝度補正の効果、および画像を含む歪み関数が、各フレームにおいて最小化されることにより、ハイライト輝度の保持だけでなく、暗い場面での高いコントラスト比が達成できる。

シーン切換検出時におけるフィルタ処理 (図2の黄色の部分)

アクティブバックライトシステムの重要な課題は、時間的なノイズ*2の除去である。図1に見られる高周波領域のバックライト出力変動は、効果的な輝度補正処理により大部分取り除くことができる。黒レベル変動は、時間的ローパスフィルタをバックライト信号に適用することにより、除去することができる。フィルタ処理の欠点はバックライトの応答性の低下であるが、シーン切換検出を使用することで、暗い場面で目に見える黒レベル変動をブロックしながら、シーンが変化する際の急速な入力変化に対しバックライトの迅速な応答を可能にする。現在と過去のフレームヒストグラムを比較し、シーン切換検出を行う(式1)。差分を用いて、シーン内またはシーン切換にわたりフィルタ処理の選択を行う。

$$D(H_1, H_2) = \sum_i \sum_j (i-j)^2 |H_1(i) - H_2(i)| |H_1(j) - H_2(j)|$$

式1 相関的ヒストグラム差分

シーン切換における視覚マスキングにより、目に見える時間的なノイズを発生させずに、バックライトの応答性を高めることができる。

画質

これらの技術の組み合わせにより、バックライトの平均消費電力の削減だけでなく高画質化も達成でき、輝度の低下と時間的なノイズの除去が可能になった。暗い場面でバックライトを下げ、輝度補正アルゴリズムを適用することで、最高20,000:1の高いダイナミックコントラスト比が達成され、暗い場面での黒つぶれも除去された。視野角の拡大とより深い色の飽和度という、さらなる画質の向上も得られている。

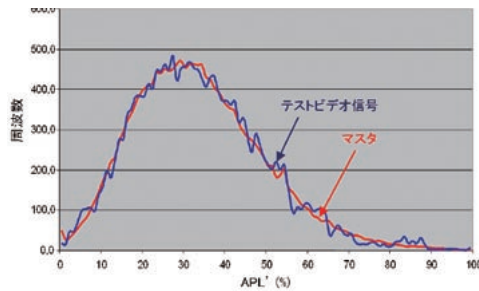


図3 ブロードキャストビデオ信号のAPL'

【消費電力測定方法に関する最新動向】

最近まで、テレビの動作時消費電力は静止映像信号のみで測定されていたが、プラズマや調整可能なバックライト搭載液晶などのフラットパネルの消費電力の測定に対しては、正確さが欠けていた。そこで、EPA*3 エナジースターを含むポリシーメカは、現実のテレビ消費電力を反映する測定法の必要性を唱え始めたため、シャープからIEC*4内に新たなテレビの消費電力測定法を開発するプロジェクトを提案した。IECの新規格のコアとなったのは10分間のブロードキャストループである。プロジェクトチームは、200時間以上のゴールデンアワーの放送を5カ国から集め、その内容のAPL' *5を測定して目標のAPL' ヒストグラムを決定し、図3に示すブロードキャストループを編集した。

新IEC規格はテレビメーカー(液晶およびプラズマ)、政府関連機関、および環境保護団体の支持を受け、米国のEPA エナジースターによって採用され、欧州連合、オーストラリア、およびニュージーランドでも採用されつつあり、2008年9月にIEC 62087:2008 (E) が発行された。

シャープの省電力化技術は、消費者が実際にテレビを視聴する状況を再現したIEC 62087に基づいて測定しても、10パーセント以上消費電力を削減することが確認されている。

【結論】

CCFLバックライト変調により液晶テレビの動作時消費電力を抑える技術を開発し、電力削減が10パーセント以上であることが実証された。いくつかの課題を克服することができ、20,000:1という高いダイナミックコントラスト比も達成した。今後は、この省電力化技術を、携帯電話、ノートPC、車載機器などの他のバックライトディスプレイへ応用していく予定である。

(和訳: Advanced Technology Planning, SLA)

*2 時間的なノイズ

フリッカなど時間の経過によって変化するノイズ

*3 EPA

United States Environmental Protection Agency

*4 IEC

International Electrotechnical Commission.
動画向けのテレビ消費電力測定規格を最近標準化した

*5 APL'

Average Picture Level.
ビデオの各フレームを平均した画像の輝度