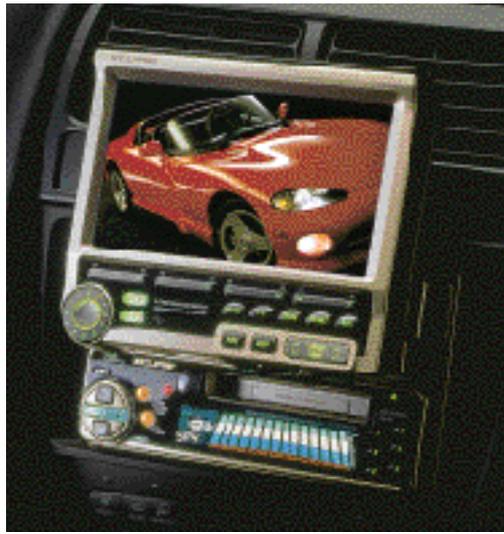


車載TV受信画質改善技術

Technology for Improving Image Resolution in Car-Mounted TV Sets

橋本 順次 *Junji Hashimoto*
高山 一男 *Kazuo Takayama*



要 旨

近年、カーナビゲーションの普及とリンクした車へのテレビの装着率が大幅に向上している。しかし、走行中には建物や高架等による電波の反射や遮断が生じ、その結果、テレビの受信映像は大きく乱れ、非常に見づらくなるのが現状である。従来はダイバーシティアンテナのみによる受信画質改善が主流であり、積極的な画質改善技術を駆使した車載用TV受信機は未だ登場していない。

今回、当社ではこの技術課題の解決に取り組むべく、受信したベースバンドのテレビ映像信号（ビデオ信号）をデジタル化し、独自の信号処理を施すことにより受信画質を改善する車載対応技術を開発した。

更に、デジタル信号処理部はカスタムLSI化することにより、製品への搭載を実現した。

本稿では開発した方式、基本原理、効果について述べる。

Abstract

In the last few years, the spread of car navigation technology has led to a sharp increase in the number of TV sets mounted in automobiles. However, incoming radio waves are deflected or blocked by buildings a moving car passes. Received pictures are very frequently garbled and difficult to make out. Previously, the main remedy was reliance on a diversity reception antenna, since no car-mounted TV set has been developed that incorporates stronger technology for improved picture quality.

However, we have addressed this technological issue by successfully developing an image-enhancement technology for use with car-mounted TVs. Our new technology involves digitizing TV picture signals (video signals) of the received base band, and reading the signals with a proprietary signal processing method.

We have built the digital signal processor into a custom LSI, which has made it possible to mount the system into the product.

This paper discusses the basic principle by which the system was developed, and the results obtained.

1. はじめに

日本でのカラーテレビ放送方式（NTSC方式）が採用されて40年近く経った現在においてもテレビは、「情報伝達の王様」として君臨している。

家庭用TV受信機では、特にデジタル化技術の進歩によりワイド化・大画面化・高画質化が一段と進んでいる。一方、車載用TVでは、画面サイズ5～8インチ程度の液晶TVが主流であり、カーマルチメディア化（カーナビゲーション等）にリンクしたTV需要が大幅に増加してきており、今後も車載用AV機器としてTVは重要なメディアの1つであるといえる。

しかし、地上波TV放送受信における車載用TVでは移動環境における急激な電界変動によって起こる画質劣化が大きな技術的課題となっており、今だ根本的には改善されていないのが現状である。

従来から採用されているダイバーシティアンテナのみでは、車の走行中等に発生する高速フェージングに対してはその効果が不十分である。特に、常時TV映像を視聴できる後席用TVが搭載されているシステムでは、走行中でも安定したTV映像を映し出すことが望まれる。

このような背景から、当社では「車載用TV受信特有の受信障害を軽減し、より見やすい映像を提供する」ことを開発の狙いとして、技術開発を推進してきた。

今回、方式の検討からカスタムLSIの開発までを完了し、実用化に至った。

本稿では、画質改善方式とその効果を中心に紹介する。

2. 車載用TVの受信画質の現状と従来技術

2.1 車載用TVにおける受信障害

放送局から発射されたテレビ放送波はまっすぐに進む性質を持っているので、障害物がなければ直接アンテナに到来する。この電波だけ受信できれば、非常にクリアな映像を楽しむことができる。

ところが、車というのは移動するものであり、放送局と車載アンテナの間にはいろいろな障害物（ビルや山等）が時々刻々と変化しながら現れる。

その結果、車載アンテナには放送局からの直接波と障害物で反射した複数の反射波や回折波など、いろいろな波が到来する。それぞれの波の経路は到達距離が異なるので、車載アンテナへはそれぞれの位相がランダムの状態を入力される。もし位相が同相であれば受信電界は強めあって大きくなるが、もし逆相であれば弱めあって非常に小さくなってしまう。このような伝送路を特にマルチパス伝送路といい、電界が弱くなってしまふことをフェージングがあるという。図-1に移動受信における電波伝搬のモデルを示す。車はほぼ波長ごとに存在する弱電界点を高速で通過するのであるから、例えば40 km/hで走行している場合、TV放送波のチャンネル1（映像搬送波周波数91.25MHz）を受信している場合は約3 Hzの頻度で、チャンネル62（映像搬送波周波数 765.25MHz）を受信している場合は約28 Hzの頻度で、フェージングが発生することになる。

このように、車での走行中ではゴースト（多重像）やマルチパス（多重路伝搬による選択性フェージング）と呼ばれる受信障害が非常に短い時間間隔で非周期的に発生する。これらの受信障害により、映像のつぶれ、同期の乱れ、色ずれ、色消え等が発生し、非常に見づらい映像となる。また、放送局から発射されるTV放送波のサービスエリア外では弱電界となり、ノイズに埋もれた表示映像となる。

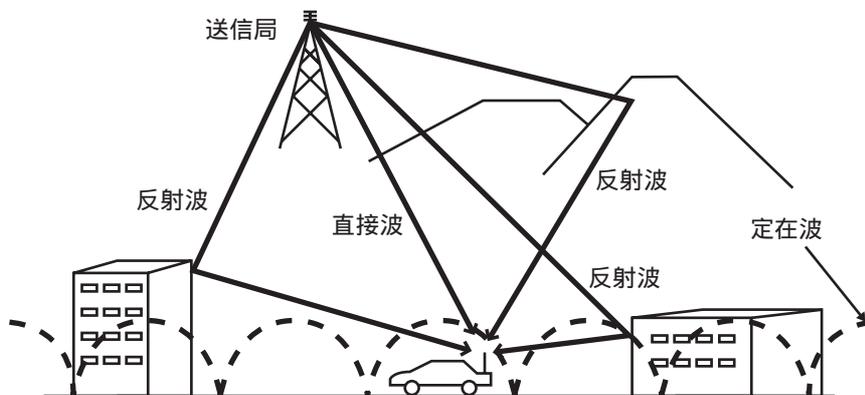


図-1 移動受信における電波伝搬のモデル

Fig.1 Radio wave propagation model in mobile reception

一般にマルチパス妨害による影響は、信号伝送に必要な周波数帯域が広いほど大きい。TV映像信号はその帯域が約4.2 MHzあり、マルチパス妨害による影響を強く受ける。

2.2 従来の受信画質改善

従来は複数（通常は4本）のアンテナを同時にマルチパスの影響を受けないように車両に配置し、受信状態に応じて最適なアンテナを選択するダイバーシティアンテナ方式を採用している。

図-2にダイバーシティアンテナ方式TVシステム構成を示す。

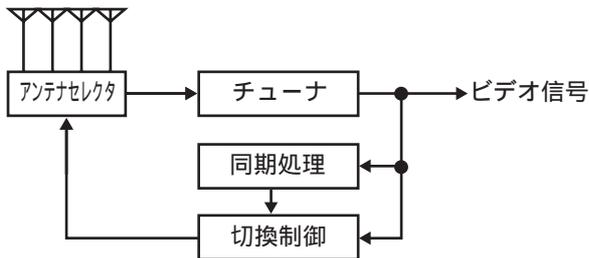


図-2 ダイバーシティアンテナ方式TVシステム
Fig.2 Diversity antenna mode TV-system

このダイバーシティアンテナ方式ではTV映像信号が表示されない垂直帰線区間に受信アンテナの切換え制御を行なっている。これは表示映像区間で受信アンテナを切替えると、画面上に切替えノイズ（白線ノイズ）を生じするためである。したがって、フェージング周期が垂直同期の周期（約16.7 msec）より短くなると追従できないという欠点がある。

同期処理回路では、劣化した映像信号からその同期信号成分を正確に抽出するためにカウントダウン方式と呼ばれる同期再生方式が多く用いられている。このカウントダウン方式では、水平同期信号はAFC（自動周波数制御）回路により安定化され、垂直同期信号は水平同期信号との周波数関係を利用したある種のカウンタ処理により安定化する方式である。

3. 家庭用TVにおける高画質化技術

放送系メディアは技術の進歩と多様化のニーズから著しい発展がなされた。家庭用テレビでは大画面化することにより、これまで画期的な放送方式とされていたNTSC方式（日本や米国等で放送されているアナログ放送方式）の弱点が画面上に妨害として現れ、この妨害をデジタルテレビ信号処理技術を駆使して除去する技術が開発された。放送局からの情報を最大限に活用し、最良の画質を得るために開発された技術である。

主な高画質化技術には3次元Y/C分離、順次走査（ノンインタレース）化、ゴーストキャンセラー、ノイズリデューサ等がある。これらの技術はすべてベースバンドの映像信号（ビデオ信号）に対するデジタル信号処理技術である。図-3にテレビ映像信号処理構成を示す。

TVチューナで検波・増幅して取り出されたビデオ信号をデジタル化し、ゴーストキャンセラーによりゴースト除去されたデジタルビデオ信号が生成される。その後Y/C分離回路に入力され輝度信号（Y）と色信号（C）とに分離される。分離されたY/Cセパレート信号はノイズリデューサ回路でノイズ低減処理され、走査線補間回路で順次走査化され、RGBマトリクス回路で原色のRGB信号に生成される。

3.1 ゴーストキャンセラー

都市部では約75%の受信点でゴーストが発生しているといわれており、これを除去することにより、かなりの高画質化が実現できる。図-4にゴースト除去の基本原則を示す。ゴースト伝送路の特性を $1+G(\)$ として表すと、受信側で $1/\{1+G(\)\}$ の特性をもつ等化フィルタを構成すれば総合特性をフラットにでき、ゴーストを除去できる。

ゴーストキャンセラーとは受信側で伝送系特性と逆特性をもつ等化フィルタを実現することであり、そのためのポイントは以下に示す2点である。

- (1) 伝送系の特性を受信側で検出

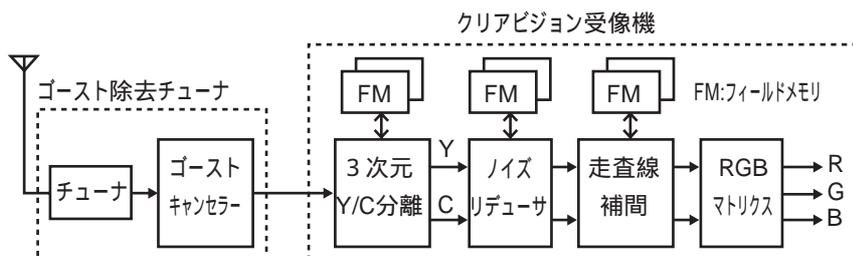


図-3 テレビ映像信号処理構成
Fig.3 Construction of TV-image signal processing

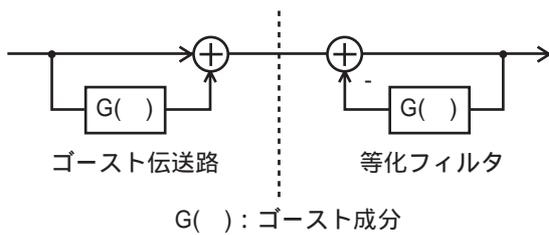


図-4 ゴースト除去の基本原理
Fig.4 Basic principle of ghost removing

(2) 伝送特性と逆特性をもつ等化フィルタを構成

上記(1)については放送局にて、あらかじめゴーストを除去するための基準信号(GCR)が垂直同期区間に挿入される。受信機側でこのGCR信号の時間差、レベル差を算出し、ゴースト波を打ち消す。

上記(2)についてはゴースト伝送路特性の逆特性を正確に実現できる等化フィルタとして、非巡回型と巡回型を併用したトランスバーサルフィルタが実用的に使われている。

3.2 3次元Y/C分離

テレビ映像信号処理では、Y/C分離回路の特性が画質を左右する最も大きな要因となる。3次元Y/C分離は水平-垂直区間周波数領域だけでなく、フレームメモリを使った時間周波数領域においても処理を施す方式である。一般に3次元くし形フィルタといわれる方式である。家庭用TVではその画面サイズが28インチ程度のものが主流であることを考慮すると、高画質化にはこの3次元Y/C分離は必須である。

3.3 ノイズリデューサ

画像のノイズ低減をリアルタイムで行なうものとして、ノイズリデューサがある。コアリングといわれる画像の微小ノイズ低減回路もその一つの方法であるが、SN改善量は2~3dB程度にとどまる。これに対してフレームメモリ(1枚分の映像信号を記憶するメモリ)を使用した方法では20dB程度までSN改善量が得られる。図-5にノイズリデューサの原理を示す。

映像信号をフレームメモリに記憶し、n枚のフレームの平均を求めると映像信号成分はフレーム間に変化がなければそのままの値になるのに対して、ノイズはフレーム間に相関がなく、電力で1/n、平均振幅で1/nに減衰することを利用する。しかし、フレームメモリは高価であるため、n枚のフレームメモリを用いた非巡回型フィルタに代わって、1枚のフレームメモリによる巡回型フィルタ構成にすることで実用化されている。

以上により、静止画部分ではノイズが低減されることがわかるが、現実には映像信号には動きがあるためにこのまま加算すれば動画部分で残像が発生してしまう。この残像を視覚上の妨害にならないようにするのがノイズリデューサの方式上のポイントである。ノイズリデューサの基本構成を図-6に、周波数特性を図-7に、SN改善量を図-8に示す。

動き検出部で映像の動きを検出して、係数Kを変化させ動画部での残像を軽減することができる。クロマインバータはNTSC方式テレビ信号の色信号がフレーム毎に位相反転しているため、これを一致させるものである。静

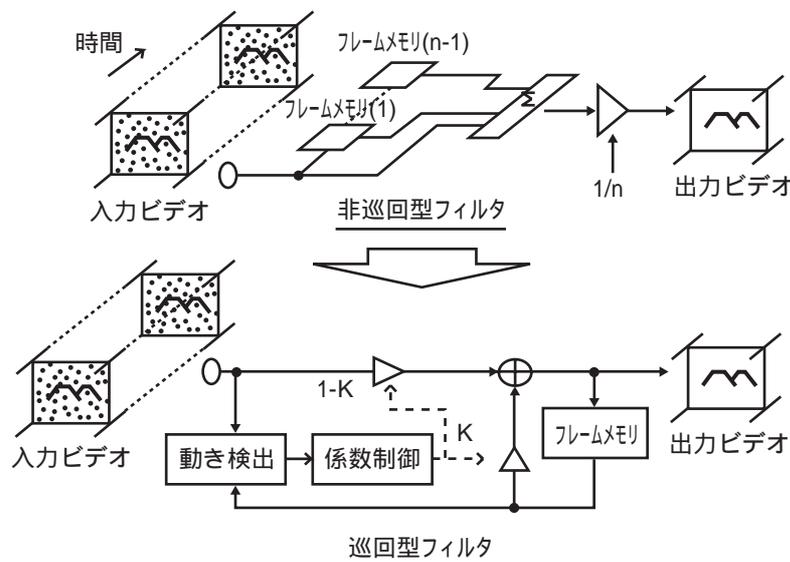


図-5 ノイズリデューサの原理
Fig.5 Principle of noise reducer

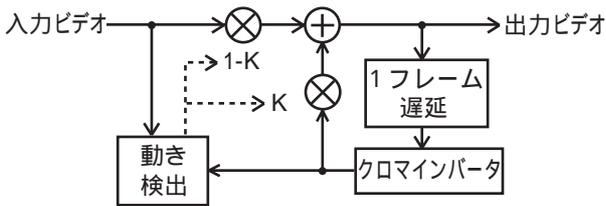


図-6 ノイズリデューサの基本構成
Fig.6 Basic construction of noise reducer

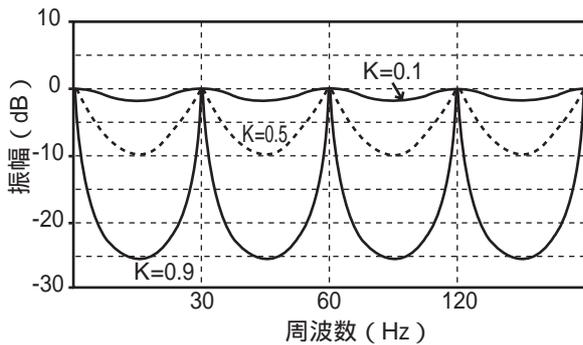


図-7 ノイズリデューサの周波数特性
Fig.7 Frequency characteristics of noise reducer

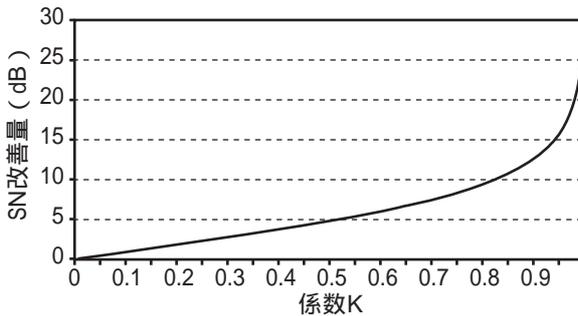


図-8 係数KによるSN改善量
Fig.8 SN ratio improvement due to the factor K

止画の場合、くし形の山の部分に映像信号成分があり、谷の部分にはノイズ成分のみがある。この谷の部分に減衰させることによりノイズが低減されることになる。理論的SN改善量 (dB) は次式で示される。

$$SN改善量 = 10 \log \left\{ \frac{(1+K)}{(1-K)} \right\}$$

(ただし、 $0 < K < 1$)

このノイズリデューサは、3次元Y/C分離回路でも使用している高価なフレームメモリが別に必要なことから、家庭用TVでも高級機種のみを搭載されている。家庭用TVでは画面サイズが大きいことから視覚上、残像が目につきやすく、また比較的受信電界が強く安定していることから係数Kを大きくできず、あるいは大きくする必要もなく、係数Kの固定パターン制御としている。

3.4 順次走査化 (ノンインタレース化)

現行のNTSC方式テレビ信号では走査線が525本あるが、これを2回にわけて (1本おきに) スキャンして1枚の映像を生成する飛び越し走査 (インタレース走査) を行っている。順次走査化は垂直解像度を上げるためやラインフリッカ等の妨害を少なくするための手法である。

4. 画質改善方式の開発

4.1 開発の狙い

前述のように、家庭用TVにおいては様々な高画質化技術が開発されているが、車載用TVにそのまま採用することはできない。

移動環境や搭載環境といった車載用TV受信の特殊性に対応できる高画質化技術の開発が必須である。特に、移動環境のもとでは受信電界の急激な変動が発生し、それにもともなう頻繁な表示映像の乱れや同期の乱れによる著しい映像品質の劣化がおこる。

このような悪条件下での地上波テレビ放送における受信映像の改善を図る。

4.2 車載対応技術の検討

家庭用TVにおける高画質化技術の車載用TVへの適用性を以下に述べる。

4.2.1 ゴーストキャンセラー

車載用TVには以下に示す理由からゴーストキャンセラーは適用できない。

- (1)除去に約3秒の時間を要する (波形等化演算)
- (2)過大ゴーストや弱電界に対応できない

同期分離の誤動作によるGCR信号検出不能

4.2.2 3次元Y/C分離

車載用TVではその画面サイズが6インチ程度であるため、3次元Y/C分離のような高精度な回路は必要ない。

4.2.3 ノイズリデューサ

車載用TV受信について、このノイズリデューサの手法を適用した場合、以下の理由から大きな画質改善効果が期待できる。

- (1)人間の視覚特性を考慮すると、弱電界受信時のようなSNの悪い映像が多いことや比較的小さい画面サイズであることから、同じ動き量に対しても大きな係数Kを割り当てることができる (SN改善量をより大きくできる)。
- (2)映像信号の劣化度合いに応じて、係数Kを可変することにより表示映像を最適制御することができる。

(3) 急峻な映像劣化（電波の遮断や強いフェージング等により同期乱れや色ずれ/色消えが発生）に対して、係数Kを大きくすることにより、安定した表示映像とすることができる。

4.2.4 順次走査化

順次走査化はノイズリデューサと同様に高価なフレームメモリが必要なことから、家庭用TVでも高級機種のみを搭載されている。画面サイズが6インチ程度の車載用TVでは、この順次走査化による画質の改善は望めない。

4.3 今回開発した画質改善方式

TV信号というのはフレーム間相関が非常に強い、つまり、「ある画素に注目すれば画面間ではその変化がほとんどない」という性質がある。この性質を利用したローパスフィルタがフレーム巡回型フィルタである。

今回は、画質改善方式としてフレームメモリを利用した巡回型フィルタを構成する適応型デジタルノイズリデューサ方式とした。当社が独自開発した本方式は車載TV受信環境に応じてフレーム巡回型フィルタの特性を最適に制御するものである。つまり、受信レベル及びその変化のしかたを検出するとともに映像の動き等を考慮し、常に最適なフィルタ特性を実現できるものである。

以下、本方式をVNR(Video-Noise-Reducer) と称する。

4.3.1 基本動作

図-9にVNR対応TVシステム構成を示す。

チューナより取り出されたベースバンドのテレビ映像信号（ビデオ信号）をVNR信号処理する。VNR信号処理部は受信したテレビ映像信号をデジタル化して信号処理する部分（適応フィルタ処理）と、受信状態を検出する部分（映像劣化検出）とからなる。VNR信号処理回路ではビデオ信号をAD変換し、適応フィルタ（フレーム巡回型フィルタ）に入力する。このフィルタ特性を電界情報及び受信したビデオ信号の乱れ度合いから適応制御する。

4.3.2 VNR信号処理回路

図-10にVNR信号処理回路の構成を示し、表-1にVNR信号処理部の仕様を示す。

表-1 VNR信号処理仕様

項目	仕様
量子化ビット数	8ビット
サンプリング周波数	14.31818MHz（バーストクロック）
画像メモリ	ラインメモリ×2(910×8×2ビット)：Y/C分離用 フィールドメモリ×2(2M×2ビット)：ノイズリデューサ用 フィールドメモリ×1(2M×1ビット)：ディレイ用
Y/C分離方式	3ライン適応型デジタルコムフィルタ
動き検出方式	1フレーム間差分方式
フィルタ係数の制御方式	電界状態（Sレベル）による適応制御
フィルタ係数用RAM/ROM	64×8ビット/64×8ビット
CPUインターフェース	4線式クロック同期式シリアル通信

チューナより取り出されたベースバンドのビデオ信号をAD変換し、ある一定時間ディレイしたデジタルビデオ信号をフレーム巡回型フィルタに入力する。このフィルタ特性を決定づける係数は専用メモリに格納しておき、電界強度を示すSレベル（IF-AGC電圧）によって適応制御される。つまり電界の状態によってフレーム巡回型フィルタ特性を変え、ノイズ低減効果を最適制御するものである。

アンテナに誘起される電波に強弱があると、映像検波出力（ビデオ信号）も同様に変動し、画面のコントラストが変化してしまう。IF-AGC回路はこれを補償するために設けられ、常に一定の映像検波出力を得るための回路である。つまり、入力電波が強い場合は利得を下げ、入力電波が弱い場合は利得を上げて、電波の強さによる変動が画面上に現れないようにしている。この利得を制御している電圧がIF-AGC電圧である。

動き検出回路は映像の動きを検出（1フレーム間差分による検出）する回路であり、検出時に係数Kをより小さくする（係数Kを0に近づける）ことにより残像を軽減させるためのものである。ディレイメモリは、電界変動に対するSレベルの応答と映像劣化検出の遅れをあらかじめ補償するためのものである。映像劣化検出部は急峻な電界変動やマルチパス等によって起こる同期乱れやSレベルの変化を検出する回路であり、検出時はノイズ

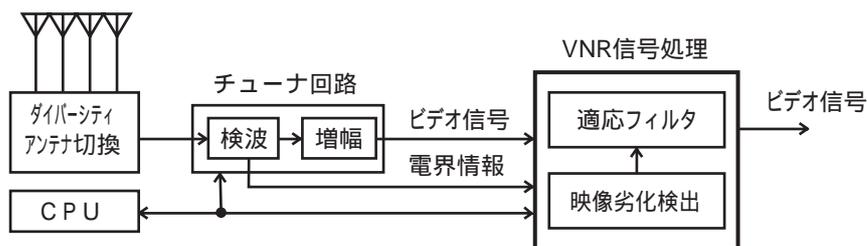


図-9 VNR対応TVシステム
Fig.9 TV system using VNR technology

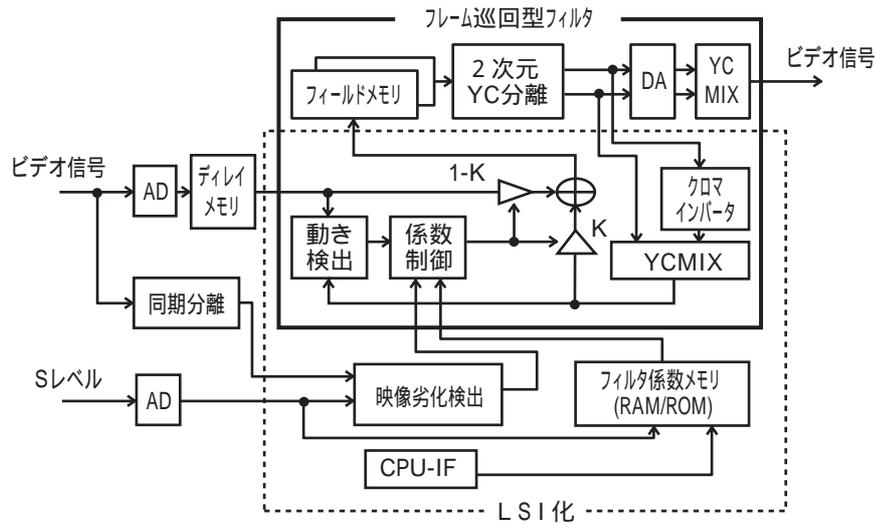


図-10 VNR信号処理回路の構成
Fig.10 Construction of VNR signal processing circuit

低減効果を大きくする（係数Kを1に近づける）。

図-11は、アンテナ入力レベルつまり電界に対する最適と思われるSN改善量特性の一例を示している。アンテナ入力レベルが約55 dBuV以上では電界が十分であることからノイズ低減処理を行わず、SN改善量を0 dBとし、55から25 dBuVの間では図に示すような曲線で適応制御する。弱電界の25 dBuV以下では残像を許容できる限界値として、SN改善率11 dB程度の固定制御としている。また、本方式では、残像とノイズ低減効果はトレードオフの関係にあることからユーザーの好みによって、この特性カーブを自由に設定できるようにした。

4.4 VNR信号処理用LSI

VNR回路を小型化するためにVNR信号処理構成(図-10)の内、そのデジタル信号処理部をカスタムLSI化(SQFP176ピン)した。本LSIはフレーム巡回型フィルタ、

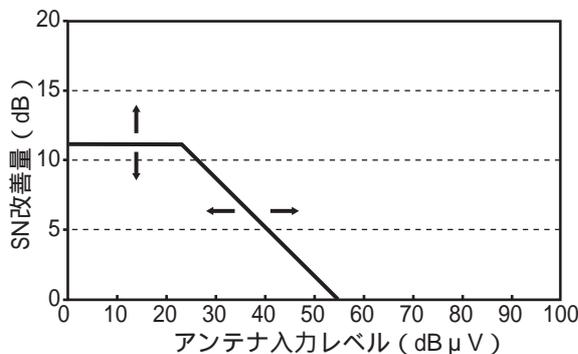


図-11 アンテナ入力レベル - SN改善量
Fig.11 Antenna input level VS SN ratio improvement

動き検出回路、係数用RAM/ROM、CPU-IF、映像劣化検出回路等を内蔵している。

4.5 VNRによる改善効果

受信電界に応じた最適なノイズ低減（最大SN改善：15 dB）制御と高速走行等（急峻な電界変動）時に生ずる急激な映像劣化を検出/補正することにより、違和感のない画質改善効果の有効性を確認した。表-2に改善効果を、図-12にVNRによる画質改善例を示す。主観的改善度は当社既存製品との比較評価によるものであり、その評価値は7段階評価尺度によるものである。改善効果について、その考察を以下に述べる。

- (1) 弱電界域での改善効果が最も大きく、従来映像として認識できなかった地域でも違和感なく映像表示される（受信サービスエリアが拡大）
- (2) 同期乱れはほとんどなくなる
- (3) 高速走行時のような急峻な映像劣化（映像のつぶれやちらつき等）が解消され、長時間の視聴でも目の疲労が少なくなる
- (4) 許容できる残像には個人差があり、ユーザーの好みによる設定機能は有効である

5. おわりに

今回開発したVNRは当社独自の車載TV受信画質改善技術である。本VNRの実用化により従来、車の移動環境によって頻繁に発生していた映像劣化をかなり改善できる。

また、VNRはベースバンドの映像信号処理を行なって



処理前



処理後

図-12 VNRによる画質改善例
Fig.12 Example of picture quality improvement due to VNR

表-2 改善効果

項目	改善効果
SN改善量	15dB
同期乱れ頻度	1/10以下
主観的改善度	1.3ランクUP

いるため、今後（2000年頃）予測されるデジタルテレビ放送にも柔軟に対応できるものである。

車載用TVにおいては、今後もさらにユーザーの高画質化ニーズが高まることが予想されるため、画質改善効果の更なるレベルアップを図っていきたい。

[参考文献]

- 1) 吹抜敬彦：
TV画像の多次元処理，日刊工業新聞社(1989)
- 2) 江藤良純、阿知葉征彦：
テレビ信号のデジタル回路，コロナ社(1989)
- 3) NHK放送技術研究所：
デジタルテレビ技術(1992)
- 4) クリアビジョン普及促進協議会：
クリアビジョンハンドブック(1990)
- 5) 菅原秀二、高山一男：
車載TV受信性能向上
富士通テン技報 Vol.14 No.1(1996)

筆者紹介



橋本 順次(はしもと じゅんじ)

1984年入社。以来カーテレビの新技術開発に従事。現在技術開発部に在籍。



高山 一男(たかやま かずお)

1976年入社。以来オートラジオ、カーテレビの新技術開発に従事。現在技術開発部次長。