

## 故障に対してユーザ側の耐性を高める デジタル家電アーキテクチャ

嶋田 創<sup>†</sup> 三輪 忍<sup>††</sup> 富田 眞治<sup>†</sup>

近年の技術の進歩を反映したデジタル家電が猛烈な勢いで普及しているが、従来の家電よりも劣る点がある。その1つに、通信状況や機器が不調な時でもぎりぎりまでエラー訂正によって正常な信号を再生するために、従来の家電と比較すると、故障や通信途絶の前兆をつかみにくい点がある。このような突然の故障や通信の途絶は、ユーザ側にその機器への不満を募らせ、結果として、機器への信頼を低下させることになる。

本論文では、デジタル家電において通信状況や機器が不調時に、その様子をほのめかすことによって、ユーザが事前に故障や通信途絶に対して心の準備をとれるアーキテクチャを提案する。これにより、ユーザのデジタル家電への信頼感が増加させることができる考える。

### A Digital Appliance Architecture Which Increases User Side Robustness

HAJIME SHIMADA,<sup>†</sup> SHINOBU MIWA<sup>††</sup> and SHINJI TOMITA<sup>†</sup>

Digital appliances which reflects recent technology improvements are bursting in public. But there are some disadvantage in current digital appliances compared to conventional appliances. One of the problem is that it is hardly to detect forerunner of a trouble or disconnection of communication. They uses error correction technique if the appliance is disorder or the communication condition is bad so that it works quite correctly before breakdown or communication disconnection. These sudden actions increase user's complaint and decreases dependency for the appliances.

In this paper, we proposes an architecture which implies disorder or bad communication condition. By these informations, the users can prepare mental preparedness for breakdown or communication disconnection. We think that this architecture improves dependency for the appliances.

#### 1. はじめに

近年の半導体技術、高密度実装技術、無線通信技術、ソフトウェア実装技術の進歩を反映した、デジタル家電が猛烈な勢いで普及している。これらの家電では、技術の進歩の恩恵を受け、高精細な映像、小型の筐体、多チャンネルなど、従来の家電と比べもとまらないほどエンターテインメント性が増している。

しかし、従来の家電よりも悪化している点もある。良く問題とされる例として、従来の家電よりも起動時間が増加した点や操作時の反応速度が低下した点が挙げられる。これは、多機能の実現のために従来の家電に搭載されているものよりもはるかに肥大化したプロ

グラムや、エンコードされて圧縮されたデータの取り扱いなどによって発生していると考えられる。

この従来の家電よりも悪化した点の中で、我々が着目したのは通信状況や機器が不調な時の挙動である。デジタル家電の故障は唐突な物が多い。これは、図1(b)に示すように、経年劣化等によって発生する軽微なエラーを誤り訂正符号で訂正するために故障の予兆が見られることはなく、訂正が不可能となる閾値を越えて初めて機能停止となるからである。また、似たような問題として、デジタル方式で無線通信を行ったり放送を受信するデジタル家電では、電波状況の悪化時に予兆をそれほど見せずに通信や放送が切断される点がある。これは、電波状況の悪化時に徐々にノイズが載るといふ分かりやすい形で電波状況の悪化がユーザに示される、従来のアナログ方式の無線通信や放送の受信を行う家電に対して、利便性が悪化したと言える。

そこで、我々はこのような故障の仕方、通信/放送の中断の仕方をしないデジタル家電のアーキテクチャ

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究所  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>††</sup> 京都大学大学院法学研究所  
Graduate School of Law, Kyoto University

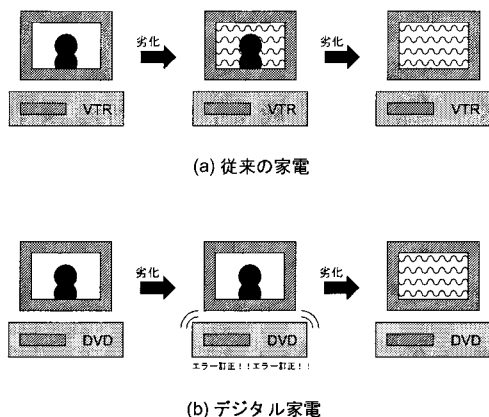


図1 デジタル家電と従来の家電の動作の違い

を提案する。このアーキテクチャでは、誤り訂正が不可能となる点ぎりぎりまでクリアな出力を出すのではなく、不調ならばその様子をほのめかす出力をすることを基本とする。例えば、不調による軽微なエラーが誤り訂正によって隠蔽され、誤り訂正が不可能となった時に唐突に機能停止が起きるように感じることを緩和するため、経年劣化や粗悪光学メディアによる誤り訂正の増加をノイズの増加でユーザに知らせることを提案する。同時に、不調を知らせるためにノイズを継続的に載せているユーザからの支持を得られないため、ユーザにわかりやすい形で、ノイズの載らない出力に切り替えるユーザインタフェースを準備する。また、無線通信/放送においては、位相図中の多くの位置に値を持たせる情報量の多い直交振幅変調(64QAMなど)において、検出しやすい位置の情報のみを取り出して情報量の少ない直交振幅変調(4QAM)の信号とすると、同一のデータが低ビット・レートで取り出せる通信方法も提案する。

このような不調をほのめかすアーキテクチャにより、ユーザ側が事前に機器の故障を予測できる要素が大幅に増えるため、ユーザは故障に対する心の準備をする期間を与えられる。そのため、前兆なく突然壊れたり通信不能となることが多い従来のデジタル家電よりも、ユーザがその機器を安心して使用できると考える。

本論文の構成は以下の通りである。2節では提案するアーキテクチャの詳細、および、その実装の案について述べ、最後に3節でまとめる。

## 2. 故障に対してユーザ側の耐性を高めるアプローチとその実装案

1節で述べたように、本アーキテクチャでは機器の調子や電波状況が悪い時には、その調子が悪いことを早期にほのめかすことを基本とする。本アーキテク

チャは機器自体の信頼性の向上はつながらない。しかし、故障時におけるユーザ側の不満感/喪失感を軽減することによって、ユーザ側に故障を容認させる雰囲気を持たせることが可能となる。これによって、ユーザ側の故障への耐性を向上させることができ、その結果として、デジタル家電への信頼感を向上させることができると思う。

以下、アプローチの案と実装案について述べる。

### 2.1 ノイズ挿入による劣化提示

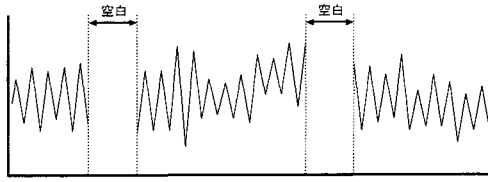
1節で説明したように、提案するアーキテクチャでは、誤り訂正が不可能となる点ぎりぎりまでクリアな出力を出すのではなく、不調ならばその様子をほのめかす出力をすることをを行う。これは、エラー訂正が増加してきた場合に、図1(a)のように従来の家電でよく見られる、ノイズの載った画像を提示する形で行う。これにより、ユーザは機器の経年劣化の様子を知ることができ、同時に、故障に対する心の準備をする時間を与えられる。結果として、故障による機器停止へのユーザ側の耐性を向上させることができると言える。

エラー訂正が行われている場合に常に出力にノイズが載っているという点は、故障寸前まで正常な信号を出力できる従来のデジタル家電に対して欠点となる。この点については、出力にノイズが含まれている場合に機器に衝撃を与えるとそれを検知し、従来のデジタル家電と同様に故障寸前まで正常な信号を出力する。この状態は、次にその機器を利用する時まで維持される。このような、「機器に衝撃を与える」という、従来の家電の不調時にしばしば使われる方法を動作モードの切り替えに利用することにより、デジタル家電に慣れない世代でも親しみを持ってデジタル家電を使えるようになる。なお、稀に、機器に衝撃を与えた瞬間に劣化が進行して、機器を故障させてしまう場合が考えられるが、多くのユーザはこのような形で機器を故障させてしまう場合、その故障を容認してくれると考える。

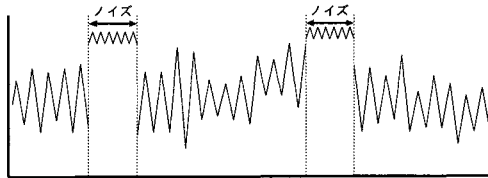
上記は機器の故障を例としたが、この手法がより効果を持つと考えられる用途に、記憶媒体の劣化の提示がある。近年、大切なデータを保存した記憶媒体が劣化してそのデータを喪失してしまう例がある。提案する手法によって記憶媒体の劣化を提示することにより、上記のような例を減らし、ユーザのデジタル家電への信頼感を向上させることができると考える。さらに、一部で問題となっている、大幅なエラー訂正を前提として動作する粗悪な記録媒体の問題に対しても、ユーザ側に記録媒体の良否を見分ける手段を提供できる。これによって上記の問題が緩和され、デジタル家電への信頼感を向上させることができると考える。

### 2.2 ノイズ挿入による空白時間の削減

2.1節のノイズの挿入は劣化状況の提示のみならず、人間側に音声等を補間させることによって、音声の認識能力を向上させることができる。これは、文献1)に



(a) 無音時を空白とする場合



(b) 無音時にノイズを入れる場合

図 2 障害による無音時へのノイズの挿入

記されているように、断続した音声が存在する場合、断続した部分を空白にするよりは、断続部にノイズを流した方が人間は音声を認識しやすいというものである。現在のデジタル家電では、再生すべき情報が何らかの理由で途切れた場合、図 2(a) のように、その部分は空白にして再生している。これに対し、我々は図 2(b) のように、この空白部分にノイズを挿入することを提案する。これにより、人間側での認識能力を向上するとともに、不調になるとノイズが入ることに慣れた世代にとって、その機器への信頼感を増やすことができる。ノイズが入ることに慣れていない世代にとっても、空白時間が、元の情報でも空白時間であったか、情報の途切れによって空白時間となったかのどうかの判別がつかようになるため、このようなノイズの挿入は意義があると考えられる。

### 2.3 高ビット・レートと低ビット・レートの情報を混在させたエンコーディング

現在のデジタル通信では、基本的に、高ビット・レートの信号は低ビット・レートの信号よりも通信障害に弱い。そのため、低ビット・レートの通信ができる状況でも、元のエンコーディングが高ビット・レートを前提としているために、ユーザ側には全く通信ができないように見える可能性があり、また、通信状況が漸次悪化する場合でも、ユーザ側からは突然通信不能となるように見える可能性がある。

そこで、通信状況の悪化で高ビット・レートの信号を正しくデコードできない場合、その信号を別のデコード方式でデコードすると、低ビット・レートの信号を得られるというエンコーディングを使うことを提案する。これにより、高ビット・レートの信号で通信ができない場合も低ビット・レートの信号で通信が可能に

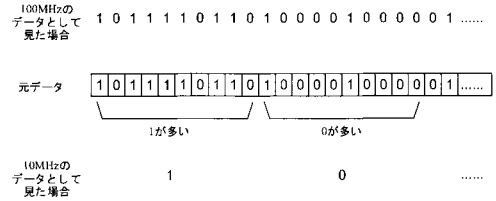


図 3 高ビット・レートの 2 値データ中への低ビット・レートの 2 値データのエンコーディング

なる。さらに、通信状況の漸次悪化時にもユーザ側から悪化の様子が分かり易く、ユーザは通信不能への心の準備ができるため、通信不能に対するユーザ側の耐性を向上させることができると言える。

もちろん、通信状況に応じてエンコーディングを変更する方法もある。しかし、この方法は基本的に、送信側と受信側がエンコーディングを変更するネゴシエーションが必要となるため、1 対 1 の通信への適用が前提となる。本提案は、送信側と受信側のネゴシエーションが不要となるため、放送への適用も可能となる。

以下、このエンコーディングの実装案をあげる。実装の基本は、高周波数の信号に載せられた高ビット・レートのデータを、低周波数の信号に載せられた低ビット・レートのデータという形でデコードすると、高ビット・レートと同一データを低ビット・レートとしたものが得られるという形とする。この低ビット・レートの信号の生成とエンコーディングは送信側が行う。図 3 では、100MHz の信号の連続する 10 値中の 0/1 値で、多くを占めた方を 10MHz の信号とした場合の 0/1 値とする案を載せる。図では、最初の 100MHz の信号の 10 値では 1 が多いため、これを 10MHz の信号とした場合は 1 となる。また、図 4 では、直行振幅変調 (QAM: Quadrature Amplitude Modulation) における実装案を示す。図 4 中の図は位相図であり、横軸は同相成分、縦軸は直交成分を示す。図の左は 64QAM で通信に使う点を示す。図に示されるように、多くの点を通信に使うため、受信側には高い分解能が要求される。そのため、通信状況が悪い場合、正常に通信できない可能性が高くなる。そこで、右図のように、64QAM 中の検出が容易な点に低ビット・レートのデータをエンコーディングする案を考える。なお、図中では 4 点を用いて 4QAM にすると記してあるが、これはあくまで例であり、図中の 4 点が必ずしも検出の容易な点とは限らない。

### 3. ま と め

現在のデジタル家電では、故障時や通信途絶の前兆をつかみにくい点がある。このような突然の故障や通信の途絶は、ユーザ側にその機器への不満を募らせ、

## 参考文献

- 1) M. Kashino, "Phonemic restoration: The brain creates missing speech sounds," *Acoustical Science and Technology*, Vol. 27, No. 6, pp.318-321, (2006)

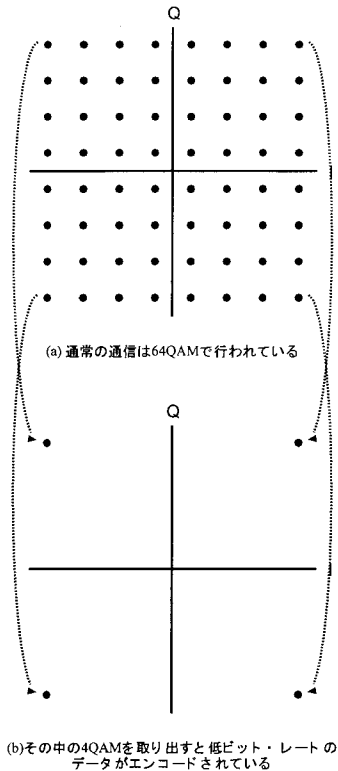


図4 64QAM 中への 4QAM のエンコーディング

結果として、機器への信頼を低下させることになる。本論文で、我々はデジタル家電において通信状況や機器が不調時に、その様子をほのめかすことによって、ユーザが事前に故障や通信途絶に対して心の準備をとれるアーキテクチャを提案した。これにより、ユーザのデジタル家電への信頼感を増加させることができる考える。

デジタル家電はどちらかというと、先進技術に興味がある人がユーザの中心であった。現在、2011年にアナログ放送が中止されることもあり、従来の家電で不自由がなかった人達にもデジタル家電が猛烈な勢いで普及している。これらの人の中には、デジタル家電ならではの、従来の家電よりも劣った挙動が我慢できない人も相当数存在すると考える。我々の提案するアーキテクチャは、このような人達のデジタル家電への信頼性を増やすという点からも、存在意義があると考えられる。

謝辞 本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究S(課題番号 16100001)による。