

TÉCNICAS PRÁTICAS PARA COMUNICAÇÃO DE MÚLTIPLOS USUÁRIOS EM ENLACE DESCENDENTE USANDO CÓDIGOS DE BLOCO PARTICIONADOS



Felipe Cinelli Barbosa – fcb@ieee.org
Prof. Max H. M. Costa

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

Agência Financiadora: Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Palavras-Chave: Códigos Particionados - Enlace Descendente - Comunicação Multiusuário

Introdução

Em telecomunicações é comum a transmissão simultânea de informações correspondentes a múltiplos usuários (i.e. multiplexação). Para aplicações desse tipo, a codificação *dirty paper* é um método útil e poderoso. Ele se utiliza do conhecimento das mensagens dos usuários para realizar uma codificação inteligente: ainda que o sinal enviado ao segundo usuário interfira no sinal do primeiro, consegue-se eliminar a interferência do primeiro sobre o segundo. A consideração de que as mensagens estão disponíveis no codificador corresponde a um caso típico de enlace descendente de telefonia, para o qual a utilização prática da técnica de *dirty paper coding* ainda é desafiadora, principalmente pelo fato do uso do conhecimento das outras mensagens para precompensação da interferência não ser trivial. Realizar um outro tipo de multiplexação, que não utilize informação lateral, pode apresentar valor prático.

Metodologia

O trabalho enfoca o estudo de técnicas de codificação baseadas em códigos de bloco lineares e dos chamados códigos de blocos particionados. Com isso, através de uma abordagem teórica e de simulação computacional no software MatLab, desenvolve-se uma metodologia prática de codificação adequada aos problemas de comunicação de múltiplos usuários em enlaces descendentes e se a compara com a técnica de *dirty paper* através de uma ilustração com imagens.

Resultados e Discussão

A ilustração com as imagens a seguir compara a técnica de *Quantization Index Modulation* (QIM), um exemplo simples de *dirty paper coding*, com a técnica proposta, a qual se utiliza do próprio código de correção de erros para realizar a multiplexação. Na ilustração com as imagens abaixo, o código de erros utilizado é um código Reed-Solomon.

QIM

Definindo a função f como sendo $f(\alpha) = \text{mod}(\alpha + T/2, T/2) - T/2$, e escolhendo-se um intervalo T de quantização adequado, constrói-se o sinal $\mathbf{x} = f(\mathbf{u} - \mathbf{s})$, sendo \mathbf{u} a imagem que se quer enviar juntamente com a interferência \mathbf{s} (a imagem hospedeira). O sinal recebido é, portanto: $\mathbf{y} = \mathbf{x} + \mathbf{s} + \mathbf{z}$, sendo \mathbf{z} o ruído devido ao canal. Aplicando a mesma função f na recepção de \mathbf{x} , é possível recuperar-se \mathbf{u} , apenas com a distorção provocada pelo ruído aditivo, mas sem qualquer interferência do sinal hospedeiro, conforme a expressão a seguir:

$$f(\mathbf{y}) = f(\mathbf{u} - \mathbf{s} - kT + \mathbf{s} + \mathbf{z}) = f(\mathbf{u} + \mathbf{z}), \text{ para } k \text{ inteiro.}$$

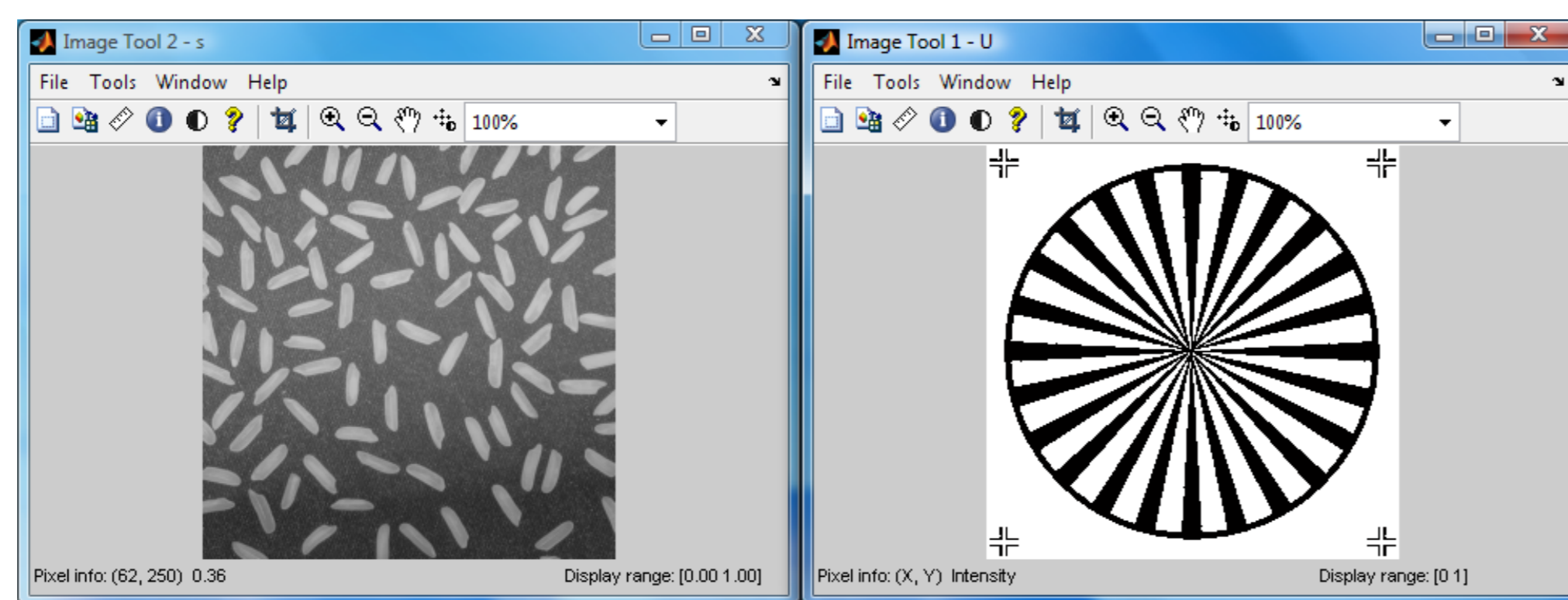


Fig. 1 – Imagens Transmitidas: hospedeira (esq.), marca d'água (dir.).

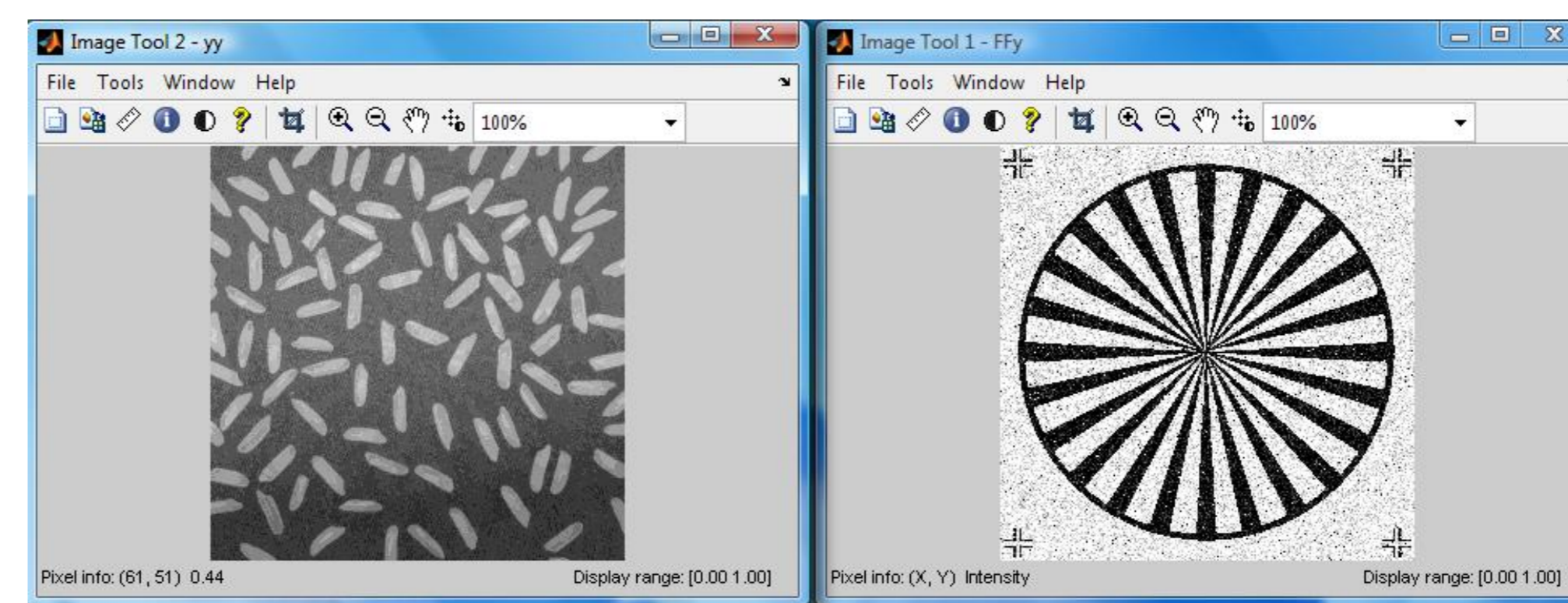


Fig. 2 – Imagens recuperadas: hospedeira (esq.), marca d'água (dir.).

Método Proposto

Definindo-se os polinômios $g_0(x)$ e $g_1(x)$ como sendo geradores dos códigos $C_0(n, k_0)$ e $C_1(n, k_0 + \theta)$, realiza-se a codificação de uma mensagem $m_0(x) \in \mathbb{F}_q^{k_0}$ fazendo seu produto com $g_0(x)$, o que produzirá o polinômio $c_0(x)$. Da mesma forma, a outra mensagem $m_1(x) \in \mathbb{F}_q^{\theta}$ (correspondente à outra imagem) é codificada pelo produto com $g_1(x)$, gerando $c_1(x)$. O sinal recebido é $\mathbf{y} = \mathbf{c}_0 + \mathbf{c}_1 + \mathbf{z}$, sendo \mathbf{z} o ruído aditivo do canal. A recuperação será feita em duas etapas. Na primeira, $(\mathbf{y} - \mathbf{z})$ deve ser obtido através de um algoritmo de correção de erros para o código C_1 . Em seguida, deve-se fazer:

$$m_0(x) = (\mathbf{y}(x) - \mathbf{z}(x))/g_0(x), \text{ caso se deseje } m_0.$$

$$m_1(x) = [(\mathbf{y}(x) - \mathbf{z}(x)) \text{ mod } g_0(x)]/g_1(x), \text{ caso se deseje } m_1.$$

As imagens recuperadas nesse caso serão idênticas às transmitidas se a quantidade de erros no canal for menor ou igual à capacidade de correção de erros do código C_1 escolhido.

Conclusão

A partir dos códigos de bloco lineares particionados foi possível elaborar um método de codificação que consiste em separar o espaço vetorial de um código de bloco linear corretor de erros em subespaços vetoriais, utilizando cada um deles para a codificação de um usuário diferente. É possível multiplexar diferentes mensagens em uma única palavra de código e recuperá-las independentemente. Para isso, o conhecimento das mensagens de diferentes usuários não é necessário, a condição é que haja sincronismo na multiplexação (i.e. na soma) das palavras codificadas dos usuários. Um fato importante consiste em que o método proposto pode ser utilizado para muitos usuários sem que haja prejuízo na divisão das taxas entre os usuários ou aumento na complexidade.

Bibliografia: C. Heegard, "Partitioned linear block codes for computer memory with "stuck-at" defects", *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 29, no. 6, pp. 831-842, November 1983.