

3

Variações Propostas Sobre os Códigos LT

É comum, a partir da modificação de um código conhecido, obter-se novos códigos com características semelhantes e bom desempenho. Há diversas técnicas que podem ser aplicadas a um código a fim de modificá-lo, como o alongamento e o puncionamento. Neste capítulo são abordadas algumas propostas de modificações dos códigos LT, sempre visando a melhoria de seu desempenho.

Primeiramente, na Seção 3.1, é feito um aprofundamento no estudo iniciado em [Paiba08] dos códigos LT bidimensionais. Algumas idéias de variações sobre estes códigos são abordadas. No intuito de melhorar o desempenho, propõe-se algumas configurações diferentes daquelas utilizadas em [Paiba08].

Já na Seção 3.2, sugere-se uma série de variações aos códigos LT convencionais. Por apresentar menor complexidade e melhores resultados, o código convencional utilizado é o sistemático e a distribuição de graus é a Sóliton Robusta Melhorada Truncada (DSRMT), mostrada na Subseção 2.3.3.

3.1

Variações Sobre os Códigos LT Bidimensionais

Acreditando que os resultados obtidos em [Paiba08] podem ser aprimorados, propõe-se algumas variações nas configurações usadas naquele trabalho. Primeiramente, é necessário fazer um estudo sobre a configuração da matriz LT utilizada. Em [Paiba08], utilizou-se nas simulações uma matriz LT de dimensões 1000×1000 . Outras matrizes LT, de dimensões 500×1000 , 1000×500 , 250×2000 e 2000×250 , foram consideradas, e as alterações nos resultados observados.

Assim como a variação do tamanho das matrizes LT, outras combinações dos valores dos *overheads* horizontal (ϵ_H) e vertical (ϵ_V) utilizados também podem ter influência nos resultados dos códigos LT bidimensionais.

As distribuições de graus utilizadas em [Paiba08] são a Sóliton Robusta

Melhorada (DSRM), para o código LT vertical (LT_V) e a Sóliton Robusta Melhorada Truncada (DSRMT) para o código LT horizontal (LT_H), que é sistemático (SLT). Propõe-se a obtenção dessas DG's para valores de k diferentes do valor k da matriz LT de dimensões $k \times k$. Ou seja, deve-se encontrar a distribuição de graus para um bloco de tamanho λk , com λ inteiro maior que um, e utilizá-la em blocos de informações de tamanho k . Nos resultados apresentados na Seção 4.1, usa-se uma matriz LT 1000×1000 e aplica-se a ela DG's obtidas para $k = 1000, 2000, 5000$ e 10000 . Como as DG's são obtidas para valores de k maiores que 1000, obviamente que aqueles graus $d_i > 1000$ têm seu valor truncado para $d_i = 1000$, neste exemplo.

Finalmente, também com a intenção de melhorar o desempenho dos códigos LT bidimensionais, propõe-se o uso de dois códigos LT sistemáticos (SLT-SLT), em substituição à configuração utilizada em [Paiba08] (SLT-nSLT), na qual é utilizado como LT_H , um código LT sistemático e, como LT_V , um código LT não-sistemático. Os resultados apresentados na Seção 4.1 mostram uma comparação entre a taxa de apagamento de símbolo (TAS) das duas configurações, para duas situações distintas de combinações dos *overheads* ϵ_H e ϵ_V . Na mesma Seção 4.1 é mostrada a comparação entre o esquema SLT-SLT a esquemas convencionais formados por um código LT sistemático.

3.2

Variações Sobre os Códigos LT Convencionais

Além das variações sobre os códigos LT bidimensionais sugeridas na seção anterior, nesta tese também aborda-se algumas variações sobre os códigos LT sistemáticos convencionais. Tais propostas de variações estão nas subseções a seguir.

3.2.1

Códigos LT Sistemáticos Concatenados Serialmente

O primeiro estudo de variações sobre os códigos LT sistemáticos é uma concatenação serial (SLT_{CONC}) feita conforme ilustra a Figura 3.1 a seguir.

Ambos os codificadores da Figura 3.1 utilizam códigos SLT e o *overhead* total em termos dos *overheads* $(1 + \epsilon_1)$ e $(1 + \epsilon_2)$ dos códigos componentes é

$$(1 + \epsilon_{\text{CONC}}) = (1 + \epsilon_1)(1 + \epsilon_2). \quad (3-1)$$

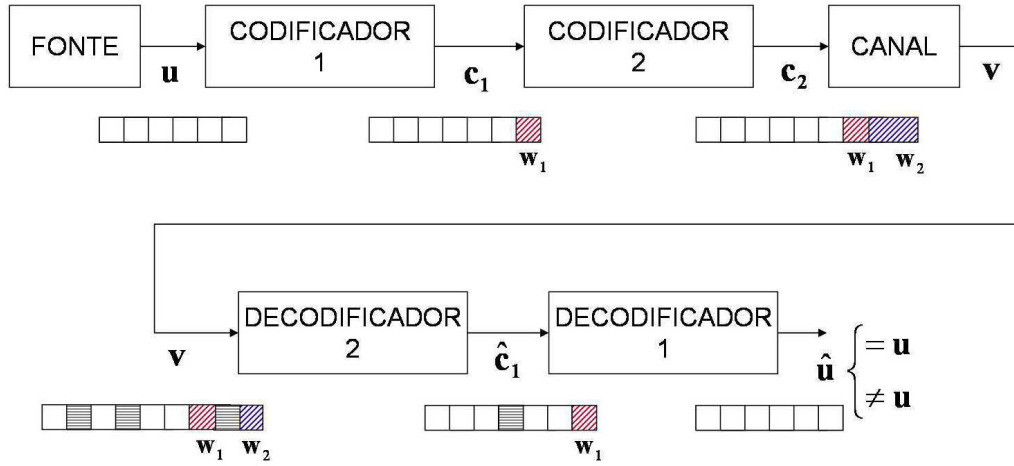


Figura 3.1: Sistema de transmissão utilizando dois códigos SLT concatenados de forma serial (SLT_{CONC}).

A Figura 3.1 permite observar que o bloco de informações $\mathbf{u}$, após passar pelo **codificador 1**, sistemático, recebe um bloco de paridade $\mathbf{w}_1$ e se transforma em $\mathbf{c}_1$ que, por sua vez, se transforma em $\mathbf{c}_2$ após receber o bloco de paridade $\mathbf{w}_2$ no **codificador 2**. Na saída do canal BEC, tem-se $\mathbf{v}$, que passa pelo **decodificador 2** e passa a ser $\hat{\mathbf{c}}_1$, ou seja, o vetor com a estimativa dos símbolos que compõem $\mathbf{c}_1$. Após a decodificação do **decodificador 1**, recebe-se o bloco $\hat{\mathbf{u}}$ que será idêntico a $\mathbf{u}$ se o processo de decodificação tiver sucesso ou diferente de $\mathbf{u}$, caso a decodificação falhe. É importante ressaltar que:

$$\begin{aligned} |\mathbf{w}_1| &= \epsilon_1 \cdot |\mathbf{u}| \\ |\mathbf{w}_2| &= \epsilon_2 \cdot |\mathbf{c}_1|, \end{aligned} \quad (3-2)$$

onde, generalizando, entende-se que $|\mathbf{y}|$ é a dimensão do vetor $\mathbf{y}$ e ϵ_1 e ϵ_2 sejam, respectivamente, os *overheads* dos códigos SLT presentes nos codificadores 1 e 2.

Em conjunto com a concatenação serial acima mostrada, também é proposta uma iteração extra no processo de decodificação ($\text{STL}_{\text{CONC-ITER}}$). Esse processo está mostrado na Figura 3.2. Nela, percebe-se que o bloco $\hat{\mathbf{u}}$, na saída do **decodificador 1**, retorna ao **decodificador 2**. Este, por sua vez, realiza uma outra decodificação, fazendo uso de $\mathbf{w}_2$, previamente armazenado. Como resultado, tem-se o bloco $\hat{\hat{\mathbf{u}}}$. Os resultados mostrados na Figura 4.7 comparam os esquemas SLT, STL_{CONC} e $\text{STL}_{\text{CONC-ITER}}$ para dois valores de ϵ_{CONC} .

Na Seção 4.2, é mostrado que essa iteração extra melhora consideravel-

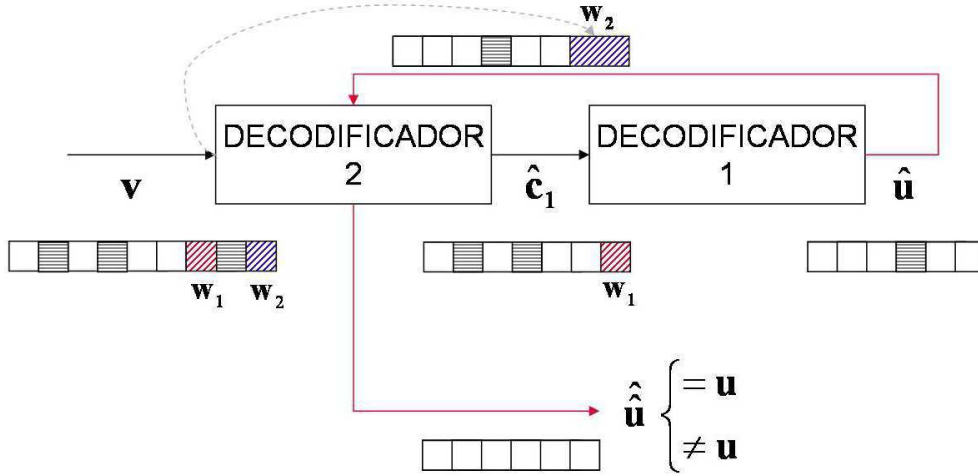


Figura 3.2: Processo de decodificação utilizando dois códigos SLT concatenados de forma serial com uma iteração extra ($\text{SLT}_{\text{CONC-ITER}}$).

mente o desempenho do esquema SLT_{CONC} . Por esse fato, é natural imaginar que outras iterações melhorem ainda mais os resultados. Porém, isso não é verdade. Foram realizados testes com outras iterações extras, mas os resultados não foram alterados. Então, para não desperdiçar esforço, os resultados mostrados nesta tese fizeram uso de apenas uma iteração extra.

Propõe-se variar a distribuição de graus Sóliton Robusta Melhorada Truncada (DSRMT) utilizada no esquema $\text{SLT}_{\text{CONC-ITER}}$, buscando ainda melhores resultados. Duas perturbações distintas na distribuição de grau de projeto são sugeridas,

$$d'_i = d_i - 1 \quad \text{se } d_i \geq 3 \text{ ou} \quad (3-3)$$

$$d'_i = d_i - 1 \quad \text{se } d_i \geq 4, \quad (3-4)$$

onde d'_i é o novo valor do grau d_i . Os esquemas que utilizam a primeira perturbação da DG, Equação 3-3, são identificados nesta tese por $\text{SLT}_{\text{CONC-ITER}}^1$ e aqueles que fazem uso da segunda perturbação, Equação 3-3, são identificados por $\text{SLT}_{\text{CONC-ITER}}^2$. Uma comparação entre os dois esquemas e também o $\text{SLT}_{\text{CONC-ITER}}$ é mostrada na Seção 4.2.

3.2.2 Códigos LT Sistemáticos Alongados (SLTA)

O alongamento (em inglês, *lengthening*) é uma, entre várias outras, técnica que pode ser aplicada a determinado código corretor de erro e, a

partir daí, obter-se um outro código com taxa diferente. Outras modificações largamente utilizadas são o puncionamento e o encurtamento dos códigos. A técnica de alongamento consiste em concatenar-se ao bloco $\mathbf{u}$ de símbolos de informações um bloco $\mathbf{z}$ contendo símbolos conhecidos tanto pelo codificador, quanto pelo decodificador. Como o foco desta tese está voltado para os códigos LT sistemáticos, propõe-se, então, a aplicação da técnica de alongamento em tais códigos. Isto significa que, após a codificação, pode-se extrair o bloco $\mathbf{z}$ de símbolos conhecidos e transmitir no canal apenas os símbolos sistemáticos (de informações) e os símbolos de paridade $\mathbf{w}$ gerados pelo codificador, conforme ilustra a Figura 3.3.

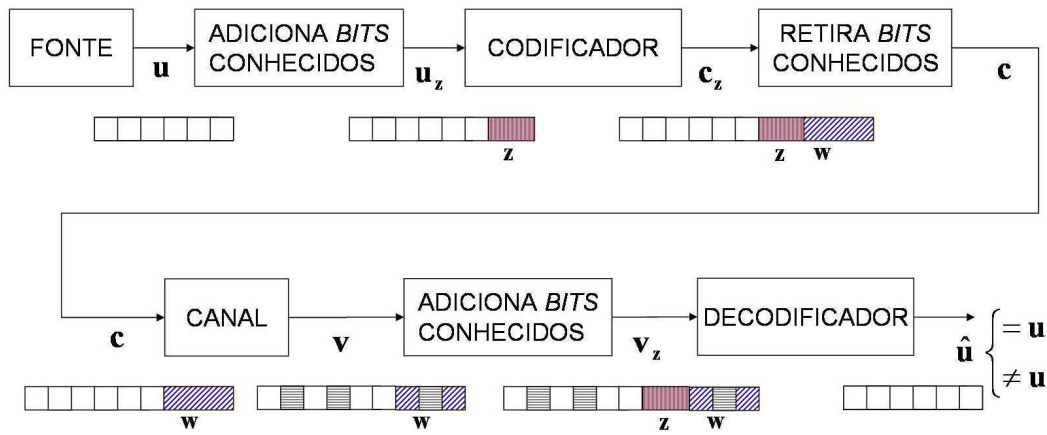


Figura 3.3: Sistema de transmissão utilizando um código SLTA.

Da Figura 3.3 obtêm-se o seguinte conjunto de equações:

$$|\mathbf{z}| = k\eta \quad (3-5)$$

$$|\mathbf{u}_z| = (1 + \eta)k = k + |\mathbf{z}| \quad (3-6)$$

$$|\mathbf{w}| = \epsilon'|\mathbf{u}_z| \quad (3-7)$$

$$|\mathbf{c}_z| = |\mathbf{v}_z| = |\mathbf{u}_z| + |\mathbf{w}| = (1 + \epsilon')|\mathbf{u}_z| \quad (3-8)$$

$$|\mathbf{c}| = |\mathbf{v}| = |\mathbf{c}_z| - |\mathbf{z}| = k(1 + \epsilon'(1 + \eta)) \quad (3-9)$$

onde k é o tamanho do bloco $\mathbf{u}$, η é o fator de alongamento que determina o tamanho do bloco $\mathbf{z}$ e ϵ' é um “*overhead* intermediário” aplicado sobre o bloco $\mathbf{u}_z$. É importante salientar que ϵ' não é o *overhead* total do sistema. Como o bloco de símbolos conhecidos $\mathbf{z}$ não é transmitido, o real *overhead* total do sistema é dado por

$$1 + \epsilon_{\text{SLTA}} = \frac{|c|}{k} = ((1 + \eta) \cdot (1 + \epsilon')) - \eta. \quad (3-10)$$

Como pode ser visto na Figura 3.3 o bloco de símbolos de informações $\mathbf{u}$, antes de ser codificado, é concatenado ao bloco de símbolos conhecidos $\mathbf{z}$, resultando no bloco $\mathbf{u_z}$. O bloco $\mathbf{u_z}$, então, passa pelo codificador e recebe o bloco de paridades $\mathbf{w}$, resultando em $\mathbf{c_z}$. Porém, antes de ser transmitido pelo canal, retira-se a parte correspondente ao bloco $\mathbf{z}$ de $\mathbf{c_z}$. Tem-se agora $\mathbf{c}$, que é transmitido através do canal BEC. Após o canal, tem-se o bloco $\mathbf{v}$ com alguns (possíveis) apagamentos. A ele é reinserido, agora pelo decodificador, o bloco de símbolos conhecidos $\mathbf{z}$, originando $\mathbf{v_z}$ na entrada do decodificador. Este, então, entrega em sua saída o bloco $\hat{\mathbf{u}}$ que será igual a $\mathbf{u}$ caso haja sucesso no processo de decodificação e diferente, caso haja falha. A aplicação da técnica de alongamento nos códigos LT sistemáticos, o que foi denominado de códigos LT sistemáticos alongados, resultou em melhorias no desempenho desses códigos em relação aos códigos LT sistemáticos não alongados (convencionais). Esses resultados podem ser observados no capítulo a seguir e são a maior contribuição desta tese no estudo das variações sobre os códigos LT.