

Implementação em SDR de Técnicas de Sincronismo de Símbolo em Sistemas de Telecomunicações

Gabriel Cozer Cantu, Roberto Wanderley da Nóbrega

Engenharia de Telecomunicações – Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC)
88.103-902 – São José – SC – Brasil

`gabriel.cc@aluno.ifsc.edu.br`, `roberto.nobrega@ifsc.edu.br`

Abstract. *Symbol synchronization is a fundamental step in most digital communication systems. This work considers the implementation of symbol synchronization algorithms using the GNU Radio software-defined radio (SDR) platform.*

1. Introdução

O sincronismo, em seus diversos aspectos, é fundamental para o correto funcionamento de qualquer sistema de comunicação de dados. O problema do sincronismo de símbolo consiste em obter no receptor uma réplica do relógio utilizado no transmissor. Em outras palavras, o receptor deve ser capaz de estimar adequadamente o início e o final de cada símbolo [SKLAR, 2001].

A necessidade da utilização de sincronizadores de símbolo se dá por um fator de fundamental importância em uma comunicação: o meio de transmissão. Devido às características térmicas e imperfeições do tipo de conexão entre extremos, o meio de transmissão adiciona um ruído branco gaussiano (AWGN, do inglês *additive white gaussian noise*) e atrasos imprevisíveis ao sinal transmitido. Para que os efeitos adicionados no sinal pelo meio de transmissão sejam minimizados, é necessário um processo de filtragem através de um filtro casado, que faz com que o nível de sinal seja maximizado em relação ao nível de ruído, além de uma técnica de sincronismo, para que o receptor consiga identificar o mesmo sinal emitido pelo transmissor.

As técnicas de sincronismo de símbolo podem ser divididas em duas categorias: os sincronizadores de malha aberta (ou sem realimentação) e os sincronizadores de malha fechada (ou com realimentação) [ABRANTES, 2007]. Como exemplos de sincronizadores com realimentação, existem o método de Gardner, o sincronizador Early-Late e o sincronizador Mueller & Müller. Um sincronizador com dispositivos quadráticos é um exemplo de sincronizador sem realimentação.

Os sincronizadores de malha fechada são implementados através de detectores de erros de temporizações (TED, do inglês *timing error detector*) [MENGALI, 1997], cuja finalidade é gerar uma equação de erro que auxiliará o receptor a selecionar os melhores instantes de amostragem do sinal, e fazer com que o receptor consiga observar o mesmo sinal gerado no transmissor. A Tabela 1 mostra as equações de erro dos sincronizadores com realimentação. A Figura 1 mostra a simulação utilizando o software GNU Octave [GNU OCTAVE] dos métodos de Gardner com e sem símbolos decididos.

Tabela 1. Métodos de sincronismo e suas respectivas equações de erro

Método de sincronismo	Equação de erro
Early-Late	$e = y_{adiantado} - y_{atrasado} $
Early-Late com símbolos decididos	$e = \text{sign}(y_{atual}) * (y_{atrasado} - y_{adiantado})$
Early-Late NDA	$e = y_{atual} * (y_{atrasado} - y_{adiantado})$
Gardner	$e = (y_{anterior} - y_{atual}) * y_{half}$
Gardner com símbolos decididos	$e = y_{T/2} * (\text{sign}(y_{anterior}) - \text{sign}(y_{atual}))$
Mueller & Mueller	$e = (\tau_{anterior} * y_{atual}) - (\tau_{atual} * y_{anterior})$

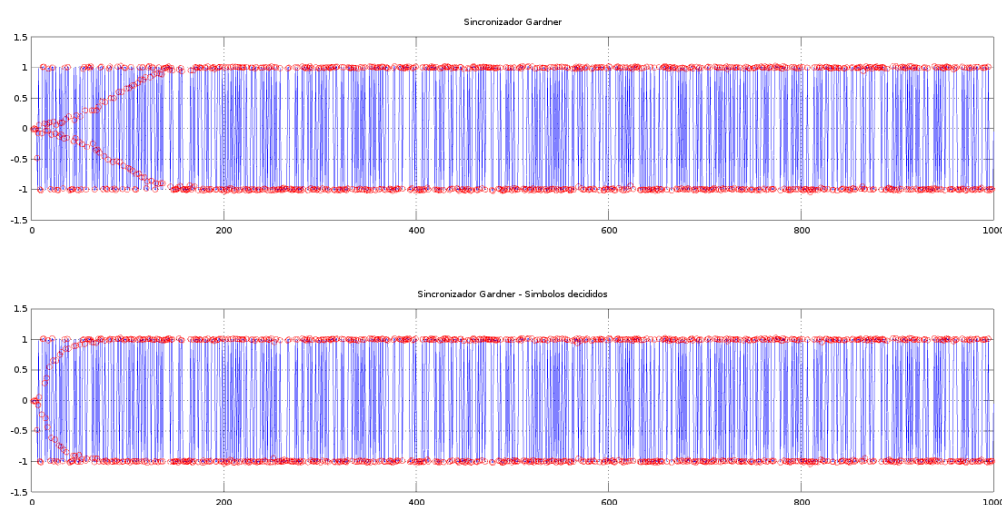


Figura 1. Resultado da simulação utilizando os método de Gardner com e sem símbolos decididos.

2. Solução proposta

Tradicionalmente, o sincronismo de símbolo era implementado em hardware, através de circuitos analógicos complexos. Com o avanço tecnológico, houve o surgimento da implementação digital das técnicas de sincronismo. Mais recentemente, os sincronizadores, passaram a ser implementados em rádio definido por software (SDR, do inglês *software-defined radio*), um novo paradigma na área de telecomunicações na qual componentes do sistema que tipicamente eram implementados em hardware são, em vez disso, implementados em software.

Apesar da importância de sincronizadores em sistemas de comunicação, uma das ferramentas mais populares para a implementação de SDR, o GNU Radio [GNU RADIO], contém apenas um sincronizador de símbolo implementado em sua biblioteca de funções, o sincronizador Mueller & Müller. A Figura 2 mostra o resultado na saída de um sistema de comunicação utilizando o sincronizador de símbolos *Early-Late*, implementado nesse projeto para a plataforma GNU Radio.

Sendo assim, neste trabalho foram implementados os demais algoritmos de sincronismo de símbolo na plataforma GNU Radio.

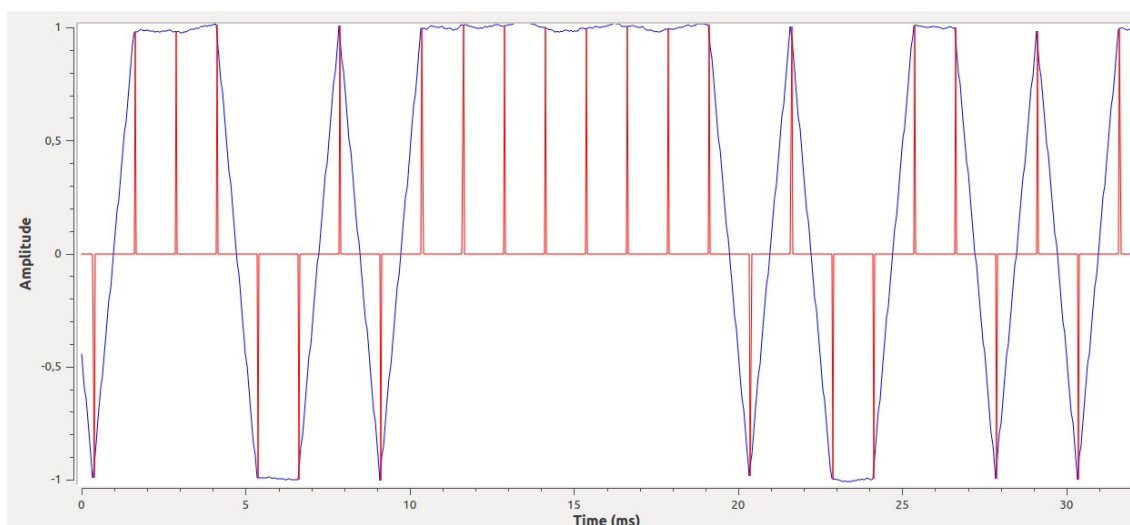


Figura 2. Resultado na saída de um sistema de comunicação, utilizado um sincronizador de símbolos Early-Late.

3. Considerações Finais

Neste trabalho foram implementados algoritmos de sincronismo de símbolo na plataforma GNU Radio, como os sincronizadores Early-Late, os métodos de Gardner e o sincronizador de malha aberta. A próxima etapa deste trabalho é a realização de uma análise detalhada de desempenho das técnicas em relação a probabilidade de erro de símbolo, velocidade de convergência dos sincronizadores e robustez quanto a variação de parâmetros do canal de comunicação.

Referências

- ABRANTES, Silvio A. *Introdução à Sincronização em Modulações Digitais*, 2007. Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto. Portugal.
- GNU OCTAVE. <<http://www.gnu.org/software/octave>>.
- GNU RADIO. <<http://www.gnuradio.org>>.
- MENGALI, Umberto, D'ANDREA, Aldo. *Synchronization Techniques for Digital Receivers*, 1997. Plenum Press, New York, EUA. ISBN 0-306-45725-3.
- SKLAR, Bernard. *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd Edition, 2001. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, EUA. ISBN 0-130-84788-1.