

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia Eletrônica

PROTOTIPAGEM DE RECEPTOR TTE PARA COMUNICAÇÃO NA MINERAÇÃO

Autor: Wallysson Bruno Araujo Monteiro
Orientador: Dr. Leonardo Aguayo

Brasília, DF
2015



Wallysson Bruno Araujo Monteiro

PROTOTIPAGEM DE RECEPTOR TTE PARA COMUNICAÇÃO NA MINERAÇÃO

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Dr. Leonardo Aguayo

Brasília, DF

2015

Wallysson Bruno Araujo Monteiro
PROTOTIPAGEM DE RECEPTOR TTE PARA COMUNICAÇÃO NA MI-
NERAÇÃO/ Wallysson Bruno Araujo Monteiro. – Brasília, DF, 2015-
35 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr. Leonardo Aguayo

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2015.

1. COMUNICAÇÃO. 2. RECEPTOR. I. Dr. Leonardo Aguayo. II. Uni-
versidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. PROTOTIPAGEM DE
RECEPTOR TTE PARA COMUNICAÇÃO NA MINERAÇÃO

CDU 02:141:005.6

Wallysson Bruno Araujo Monteiro

PROTOTIPAGEM DE RECEPTOR TTE PARA COMUNICAÇÃO NA MINERAÇÃO

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Eletrônica.

Trabalho aprovado. Brasília, DF, 25 de junho de 2015:

Dr. Leonardo Aguayo
Orientador

Dr.
Convidado 1

Dr.
Convidado 2

Brasília, DF
2015

Resumo

A mineração é uma atividade utilizada há muito tempo que contribuiu economicamente até os dias atuais. Porém o sistema de extração de minérios apresenta muitos problemas, dentre eles a comunicação entre o interior da mina e o meio externo. A comunicação empregada na mineração atualmente depende de uma estrutura vulnerável a acidentes. Quando ocorrem acidentes na lavra e o sistema de comunicação é danificado não há outra forma do mineiro requisitar auxílio externo. Sendo assim o trabalho tem como objetivo em criar um dispositivo de comunicação fácil manuseio e que não dependa de uma estrutura fixa. Sendo assim este trabalho visa à criação de um protótipo de um receptor TTE (through-the-earth), que efetua a comunicação sobre as rochas.

Palavras-chaves: TTE (through-the-earth). Lavra subterrânea. Acidente. Comunicação. Receptor.

Abstract

Key-words: Sensor Network. Communication Underwater. Attenuation. Transmitter. Receiver.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Prototipo de comunicador TTE Lockheed Martin(YARKAN et al., 2009)	21
Figura 2 – Modelo de comunicação TTA	22
Figura 3 – Modelo de transmissão e recepção sem fio.(FOROOSHANI et al., 2013)	23
Figura 4 – Processo de comunicação pelo modelo TTE.(FOROOSHANI et al., 2013)	24
Figura 5 – Comparação entre OFDM x FDM (ALBUQUERQUE, 2014)	25
Figura 6 – Subportadoras OFDM no dominio da frequência (CORRÊA, 2012) . .	26
Figura 7 – Representação de um sinal OFDM com relação a frequência e o tempo(ALBUQUERQUE 2014)	26

Lista de abreviaturas e siglas

TTW	<i>Through the Wire</i>
TTA	<i>Through the Air</i>
TTE	<i>Through the Earth</i>
PED	<i>Personal-Emergency-Device</i>
VLF	<i>Very Low Frequency</i>
ULF	<i>Ultra Low Frequency</i>
ULF	<i>Extreme Low Frequency</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i>
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>
PAPR	<i>Peak to Average Power Ratio</i>
CTC	<i>Convolutional Turbo Codes</i>
BTC	<i>Block Turbo Codes</i>
SNR	<i>Signal-to-Noise Ratio</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivo específico	17
2	METODOLOGIA	19
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	Comunicação na Mineração	21
3.1.1	Through-the-Wire (TTW)	21
3.1.2	Through-the-Air (TTA)	22
3.1.3	Through-the-Earth (TTE)	23
3.2	Demodulação do Sinal	24
3.2.1	Modulação OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)	24
3.3	Código Corretor de Bit Erro	27
3.4	Decodificador	28
4	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	31
4.1	Caracterização	31
4.2	Ferramentas	31
4.2.0.1	Materiais	31
4.2.0.2	Circuito Programável	32
5	CONCLUSÃO	33
5.1	Conclusão	33
5.2	Cronograma	34
	REFERÊNCIAS	35

1 Introdução

1.1 Contextualização

A partir primeiro contato entre seres humanos foi concebida a primeira forma comunicação, iniciando-se de forma primitiva , por meio de contatos visuais, auditivos e até mesmo olfativos. Desta forma, a história da comunicação e a humana sempre estiveram entrelaçadas. Com a comunicação presente no cotidiano humano, ela foi se aprimorando e criando novos formatos possibilitando sua utilização em diversas condições.

Sendo assim, a comunicação sofreu diversas transformações ao longo do tempo tornando-se robusta e universal, criando de fato um sistema que pudesse ser utilizado em qualquer ambiente, mesmo em condições adversas. Neste documento vamos tratar da comunicação na mineração, ambiente que busca sempre melhorar seus sistemas de comunicação com o objetivo de evitar as condições adversas do ambiente.

A mineração é uma atividade exercida pelos seres humanos há alguns séculos, e que vem sendo utilizada até os dias de hoje. É uma prática que possui grande importância social, tendo em vista que movimenta de forma significativa a economia, pois consiste na extração de diversos minérios, como o alumínio e o silício, que são a base da matéria prima da indústria.

Há duas formas de execução da mineração, podendo ela ser feita em superfície denominada de lavra a céu aberto com a escavação feita sob a terra devido a fácil extração dos minérios em superfícies não profundas, e a subterrânea com o nome técnico de lavra subterrânea que consiste na criação de grandes galerias para a extração de minérios em grandes profundidades. Neste trabalho vamos focar na mineração subterrânea que extrai elementos muito importantes tanto economicamente quanto para a sobrevivência humana.

As lavras subterrâneas são locais de trabalho com condições muito precárias, pois há excesso de umidade (chegando a níveis superiores a 90), há também uma grande concentração de gases tóxicos que podem causar explosões, contaminações. Além de todas essas condições adversas o ambiente pode sofrer transformações que pode não ser suportado pela estrutura elaborada causando acidentes como deslizamentos, inundações, entre outros. (YARKAN et al., 2009)

Acidentes em lavras subterrâneas quase sempre impossibilita a saída dos trabalhadores até o início do trabalho de socorro. Como se tratam de perfurações o resgate sempre é delicado, pois não possui informações exatas sobre a localização, as condições de saúde e nem as físicas de quem está envolvido no acidente. Ainda existem casos em que há a necessidade de resgate rápido, pois a mina pode ter a presença de gases tóxicos ou até

mesmo fogo. Desta forma a comunicação deve ser realizada o mais rápido possível, mas muitas vezes o sistema de comunicação da lavra é afetado com o acidente e pode perder a sua funcionalidade. Sendo assim, há necessidade de criar uma comunicação entre o interior da lavra e o meio externo a prova de acidentes, esse sistema necessita de um aparelho que consiga enviar e captar um sinal enviado através das rochas e do solo. (PITTMAN; CHURCH; MCLENDON, 1985)

Neste contexto, esse trabalho de conclusão de curso tem por finalidade a criação de um protótipo, com a comunicação no formato TTE (Through-the-earth), essa implementação irá se iniciar com a criação de um receptor que irá receber as informações de um sinal pré-determinado proveniente de um transmissor que construído computacionalmente para testes. Caso há tempo hábil será iniciado a criação do transmissor para que em trabalhos futuros possa atingir um protótipo que possa abranger toda a comunicação subterrânea sem fio.

A primeira parte do trabalho de conclusão de curso vai focar na pesquisa bibliográfica a cerca do problema encontrado, a familiarização com ferramentas computacionais e os primeiros desenhos do protótipo a ser elaborado. A fase seguinte constituirá na descrição do protótipo, além da complementação das pesquisas bibliográficas para projetos posteriores.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho vem com o objetivo de criar um protótipo para a comunicação TTE (Through-the-earth), mas como há um tempo curto para a criação desse transceptor, o trabalho primeiramente será focado na concepção de um receptor, capaz de identificar um sinal transmitido, o tratar e retirar a informação enviada pelo transmissor na outra extremidade. Caso haja tempo para a continuação desse projeto será desenvolvido o transmissor ou a ideia segue para trabalhos futuros quanto a esse projeto.

1.2.2 Objetivo específico

Os objetivos específicos são:

- Realizar pesquisas bibliográficas a cerca do ambiente em questão, para verificar os sinais de acordo com as suas frequências e as profundidades alcançadas.
- Estudo da tecnologia existente no processo de comunicação na mineração, e os tipos de comunicação que geralmente são utilizados em caso de acidente.
- Estudo de codificação para altas e baixas taxas de transmissão, visando encontrar a taxa a alcançada pelo microcontrolador.
- Pesquisar os tipos de corretores de bit erro para a mensagem seja o mais próxima da mensagem enviada pelo transmissor.
- Escolher se haverá modulação ou não, no caso de haver modulação definir o melhor demodulador do sinal.
- Investigação da modulação escolhida, se ela atende os requisitos desejados.
- Perquisar os tipos de conversores que podem ser empregados ao sistema.

2 Metodologia

Este trabalho buscará uma metodologia a ser aplicada para alcance dos resultados esperados.

- O seu início se baseará no estudo bibliográfico do problema abordado, com isso serão encontradas as possíveis soluções para o protótipo e os métodos adotados para sua criação.
- Criar um cronograma a ser seguido para chegar ao protótipo ao final da segunda etapa.
- Preparação para a criação do protótipo desejado, realizando o estudo de viabilidade do projeto o custo que ele terá.
- E observar as possíveis dificuldades ao longo da produção do projeto.

Este primeiro documento tem como principal motivo o embasamento teórico acerca do problema a ser abordado ao longo de todo esse trabalho e as possíveis soluções teóricas. Buscando assim modelos de conversores A/D, filtros, escolha do microcontrolador para efetuar a demodulação a ser aplicado no sistema e o processo como um todo da recepção do sinal transmitido e a sua decodificação.

Este documento será organizado da seguinte maneira:

- Capítulo 01 - Neste capítulo é apresentado a introdução do tema abordado, os objetivos a serem atingidos.
- Capítulo 02 – Apresenta a metodologia que foi seguida e apresenta uma breve descrição do documento.
- Capítulo 03 - Fundamentação teórica sobre o problema abordado e as possíveis soluções a serem aplicadas na construção do protótipo proposto.
- Capítulo 04 – Descreve as etapas do sistema a serem construídas como um todo e pontua as ferramentas.
- Capítulo 05 – Trata das conclusões extraídas na primeira etapa do processo, apresenta o cronograma da segunda etapa e a perspectiva para trabalhos futuros.

3 Fundamentação Teórica

3.1 Comunicação na Mineração

Com a comunicação adotada em diversos segmentos, a mineração não poderia ficar de fora. O principal fator que contribuiu para sua implementação foi a necessidade de comunicação em casos de acidente. Alguns formatos de comunicação já foram implementados nesse meio, no entanto ainda não há níveis completamente satisfatórios quanto a sua efetivação, principalmente em casos extremos. Isso se deve por dois motivos - ou por terem sido danificados no momento do acidente ou por não possuírem o alcance externo a lavra. Tendo em vista essas adversidades, a academia está em busca de um sistema de comunicação portátil de fácil acesso que possa ser utilizado em qualquer local da lavra sem a ocorrência de prejuízos do sinal, por meio da sua recepção fora da lavra subterrânea.

Hoje em dia existem três modelos de comunicação possíveis entre pessoas que estão dentro e fora da lavra: Through-the-Earth (TTE), Through-the-Wire (TTW) e Through-the-Air (TTA). Cada uma destas comunicações possui particularidades e especificações de equipamentos distintas. Neste tópico serão apresentadas cada uma delas e suas particularidades.

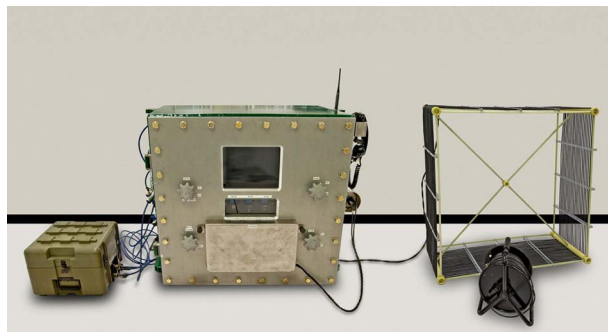


Figura 1 – Prototipo de comunicador TTE Lockheed Martin(YARKAN et al., 2009)

3.1.1 Through-the-Wire (TTW)

Esse tipo de comunicação consiste no envio de um sinal da superfície até o interior da lavra por cabos coaxiais, que estão ligados a um equipamento que distribui a informação no interior da mina e envia a resposta via wireless. Esse modelo de comunicação é chamado de híbrido ou semi wireless, pois parte do sistema funciona por cabeamento e outra de maneira sem fio.(ALBUQUERQUE, 2014)

O início desse modelo se deu por meio de testes sem nenhum embasamento teórico ou qualquer modelagem empírica. Pessoas envolvidas na implementação dessa técnica na

mineração descobriram que o modelo funcionava apenas para baixas frequências, na ordem de 10 MHz, podendo cobrir distâncias inferiores a 30 metros em uma mina vazia. Resultando no desenvolvimento da técnica monofilar no final da década de 60, com técnicas de segurança sendo desenvolvidas nas décadas posteriores o resultado hoje é um modelo usado em sistemas de transporte em curtas distâncias. (LIÉNARD; DEGAUQUE, 2000)

Nesse sistema há pontos que são desfavoráveis à sua utilização, entre eles: depender de uma infraestrutura fixa, capacidade limitada e baixa cobertura nas regiões onde se extrai os minérios. Sendo, portanto considerado um modelo frágil em caso de acidentes.

3.1.2 Through-the-Air (TTA)

A comunicação Through-the-Air (TTA) é feita de maneira sem fio (via wireless) podendo enviar informações como voz, vídeo ou até mesmo transferência de dados. Possui uma maior gama de aplicações do que a comunicação TTW, como o rastreamento dos mineiros e equipamentos ou controle de equipamento remoto.

A utilização desse modelo se deu no início dos anos 2000 com o desenvolvimento da comunicação digital de baixo alcance. A mineração logo incluiu esses produtos na lavra, visando a substituição do modelo já existente. O investimento foi direcionado a tecnologias como ZigBee e o RFID com baixa taxa de dados e UWB para altas taxas, tendo em vista que essas tecnologias ofereciam curto alcance, baixa potência e capacidade de posicionamento. Uma possível solução seria associá-los a uma rede WLAN, ,no entanto essa configuração não possui resultados satisfatórios nessa malha, sendo considerado o processo de comunicação por cabeamento mais confiável. (ALBUQUERQUE, 2014) (FOROOSHANI et al., 2013)

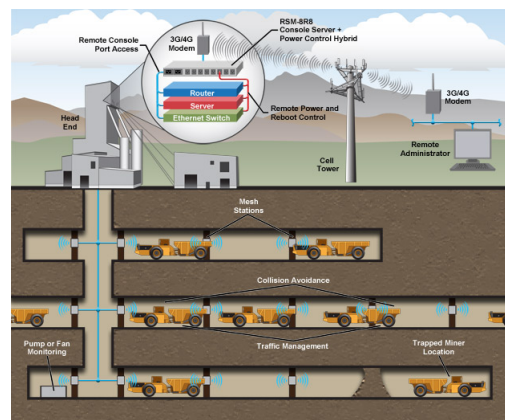


Figura 2 – Modelo de comunicação TTA

3.1.3 Through-the-Earth (TTE)

A mineração sempre teve como objetivo uma comunicação sem fio, tendo como melhor configuração de sistema a Through-the-Earth (TTE), baseada em troca de informações via wireless a partir de antenas localizadas dentro da lavra e na superfície externa a ela, utilizando as rochas como o canal de propagação do sinal. Como o meio exige a utilização de sinais de baixa frequência, os tipos de sinais utilizados são ELF (extreme low frequency) ou VLF (very low frequency), pois dentro da lavra apenas sinais de baixa frequência são utilizados, evitando assim valores muito altos de atenuação, pois sinais de alta frequência na lavra acumulavam muita atenuação perdendo a informação enviada.(FOROOSHANI et al., 2013)

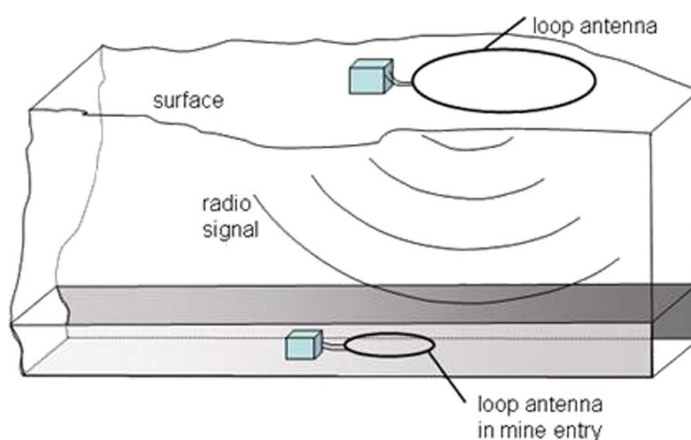


Figura 3 – Modelo de transmissão e recepção sem fio.(FOROOSHANI et al., 2013)

Devido a sua funcionalidade em casos de emergência a utilização dessa configuração é muito atrativa na mineração, pois mesmo que ocorra um desastre na lavra subterrânea o sistema não irá ser danificado como tem acontecido com os sistemas empregados na mineração atualmente. Isso ocorre porque as rochas propagam o sinal emitido, atingindo todos os níveis da lavra, sem a necessidade de haver qualquer tipo de cabeamento entre o interior da mina e a superfície.

Por um longo tempo esse tipo de tecnologia foi deixado de lado pelos estudiosos da mineração, pois os equipamentos desenvolvidos antes da década de 80 eram muito grandes e a transmissão feita em apenas baixas frequências. Com a modernização da eletrônica o assunto voltou ganhar destaque. A comunicação TTE pode ser feita “one way” (apenas ida) do interior da lavra até a superfície ou “two way” (ida e volta) que coloca em comunicação o interior da lavra e a superfície. O “two way” é utilizado com mais frequência, pois em situações de emergência existe um meio de comunicação que permite a obtenção das informações sobre a situação dos mineiros e o cenário do acidente, facilitando assim o resgate.(ALBUQUERQUE, 2014) (FOROOSHANI et al., 2013)

Hoje nas lavras existem dois tipos de comunicação baseado no modelo TTE em caso de acidentes sendo um feito por texto e o outro por rastreamento. Com o auxílio do

dispositivo pessoal de emergência (Personal-emergency-device – PED) é possível realizar a comunicação por meio de texto via sinais VLF/ULF para transmissão. Utilizando a comunicação do tipo “one way”.(FOROOSHANI et al., 2013)

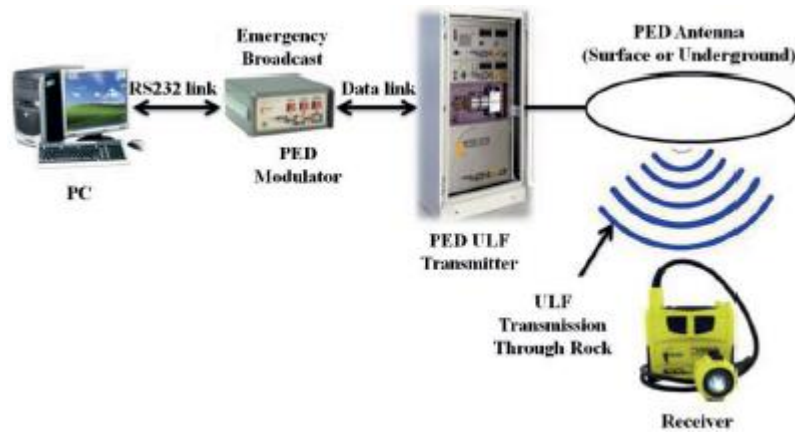


Figura 4 – Processo de comunicação pelo modelo TTE.(FOROOSHANI et al., 2013)

3.2 Demodulação do Sinal

A comunicação se baseia no envio e recepção de informações,. Muitas vezes essa informação encontra diversos problemas para ser transmitida, causados por diversos fatores que vão desde a incapacidade de envio pelo transmissor ou de recepção pelo receptor, a fatores externos ao transmissor e ao receptor como ruídos ou interferências. A fim de minimizar esses problemas encontrados os sinais começaram a ser modulados e demodulados.

A modulação pode ser feita de várias formas, pode ser feita a partir da variação da sua amplitude, da frequência ou até mesmo da fase. Cada uma possui suas particularidades como utilização para longas distância, outras possuem maior imunidade a ruídos, entre outras funcionalidades. Na mineração ainda não existe um modelo de maior eficiência devido às condições adversas impostas pelo canal ao sinal transmitido. Buscando um modelo de modulação e demodulação eficaz esse protótipo,tem como primeiro teste a demodulação OFDM, mas para que isso possa acontecer será emitido um sinal com esta modulação predeterminada.

3.2.1 Modulação OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

A modulação OFDM, vem a partir da FDM (Frequency Division Multiplexing) que é uma técnica baseada na multiplexação de diversos sinais para a transmissão em um mesmo canal, com cada sinal possuindo uma banda espectral própria. Como cada sinal possui a sua banda bem definida ela é dividida em N sub canais sem sobreposição. Com cada sinal possuindo sua subportadora, modulada e transmitida separadamente o

receptor realiza a demodulação de cada subportadora individualmente, buscando o sinal de banda base para a extração da informação. Como a técnica não faz sobreposição, evita a interferência entre elas, mas ao mesmo tempo ultrapassa a banda disponível inviabilizando este modelo.(ALBUQUERQUE, 2014)

Desta forma surgiu a modulação OFDM, que é realizada por meio da divisão ortogonal de frequência, técnica essa desenvolvida em meados dos anos 60 e 70, onde as pesquisas buscavam uma diminuição da interferência do ruído sobre os canais a frequências próximas. A ideia do sistema é criar diversas subportadoras cada uma com uma frequência distinta e ao mesmo tempo um banda estreita, contornado a ideia de enviar apenas um sinal com uma banda mais larga com informações pelo canal. Diferentemente do FDM, há sobreposição dos subcanais, ao mesmo tempo diminuindo a banda enviada.(CORRÊA, 2012)

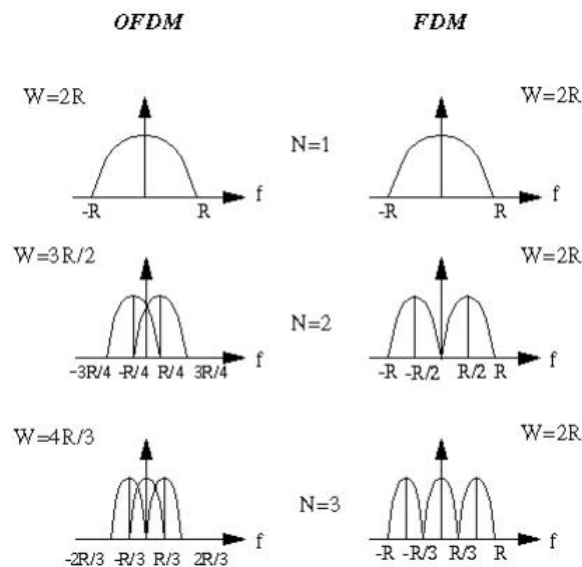


Figura 5 – Comparação entre OFDM x FDM (ALBUQUERQUE, 2014)

Esse processo é um caso especial de transmissão de multiportadora, pois o sinal a ser emitido é dividido em um número N de subportadoras havendo a sobreposição das bandas emitidas. O OFDM é considerado uma técnica de modulação e de multiplexação ao mesmo tempo. Possuindo assim diversas vantagens da sua utilização como a resistência a interferência, robustez para mutipercurso, elevada eficiência espectral e minimização crosstalk. Com o seu alto poder de minimização da interferência e desvanecimento seletivo (Selective Fading) é uma opção muito popular em diversos segmentos como a broadcast de áudio e até mesmo em sistemas mais simples como o protocolo de enlace mais conhecido como ADSL.

Mas ao mesmo tempo em que é considerada boa a técnica, possui a ressalva de ter alta relação entre as potências de pico e media (PAPR – peak to avarage power ratio), esse problema reduz significamente a eficiência dos amplificadores de potência do enlace,

o que gera um fator limitante a sinais transmitidos não podendo ultrapassar a distâncias superiores a 200 km, caso não haja o processamento digital. (CORRÊA, 2012)

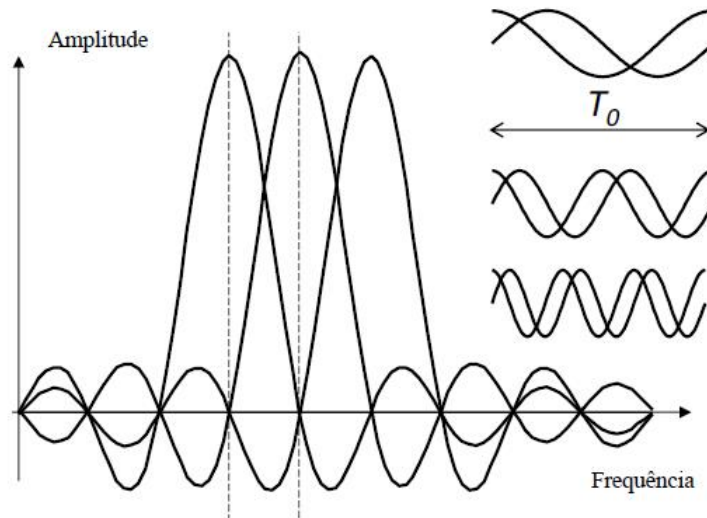


Figura 6 – Subportadoras OFDM no domínio da frequência (CORRÊA, 2012)

A figura 6 demonstra três portadoras OFDM no domínio da frequência. Nota-se que a técnica oferece excelente eficiência espectral, pois graças a mútua ortogonalidade entre subportadoras, estas podem ser alocadas com sobreposição entre si. (CORRÊA, 2012)

A tecnologia OFDM, possui um elevado grau de complexidade para sua implementação, suas funcionalidades sobrepõe as suas dificuldades a tornado um processo bem difundido na área das telecomunicações, combinada a eletrônica digital facilitando a codificação e a decodificação do sinal.

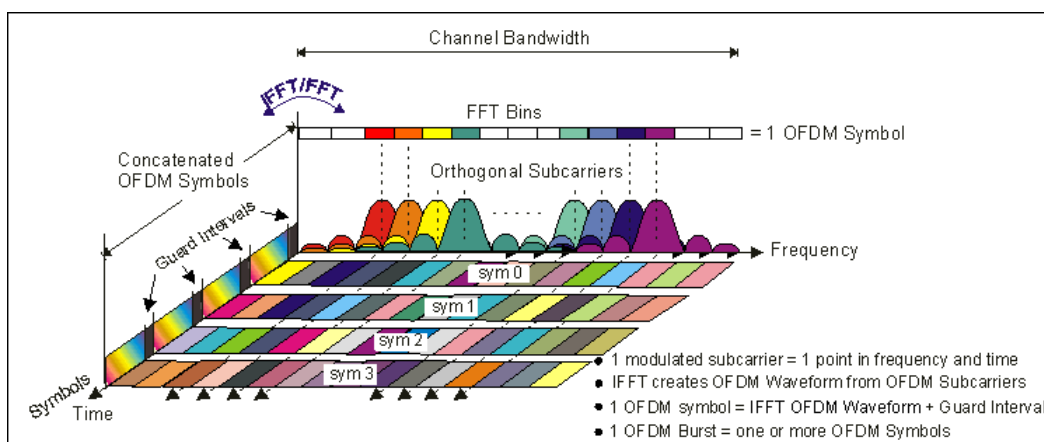


Figura 7 – Representação de um sinal OFDM com relação a frequência e o tempo (ALBUQUERQUE, 2014)

3.3 Código Corretor de Bit Erro

Para o sucesso da comunicação sem fio há a necessidade de minimizar os erros impostos pelo sistema. A presença de canais é muito instável gerando erros de forma significativa no sinal, como, distorção, ruídos e interferências. Uma forma de amenizar esse erros é a utilização de sinais com baixa frequência, outro elemento que pode contribuir com o sucesso do sinal enviado é a adição, uma redundância apropriada aos bits de informação. Um exemplo muito comum em sistemas digitais são os bits de paridade que tem como função a detecção de um número ímpar de erros.

Com o meio de propagação do sinal contribuindo com erros, o protótipo terá a implementação de um código corretor de erro para diminuir ao máximo o número de erros inseridos pelo canal. Este tipo de código já está presente há algum tempo, sendo iniciado nos anos 40 pelo pesquisador Shannon com a publicação sobre o limite da capacidade do canal de comunicação. Esse modelo de código vem sendo estudado desde então pela área das exatas. Esse modelo é empregado até os dias de hoje em diversos segmentos, muitos deles presentes em nossas vidas diárias como telefone, televisão entre outros. (TRUONG, 2012)

Entre os estudiosos da área, destaca-se Richard Wesley Hamming que contribuiu de forma significativa na ciência da computação, para a correção de bit erro, criando o código de Hamming. Este processo consiste na verificação bit a bit com a necessidade de adicionar bits de redundância. A partir deste modelo foram feitos diversos códigos diferentes. Atualmente há diferentes tipos de códigos corretores de erro, divididos em quatro categorias: códigos de blocos lineares, códigos cíclicos, códigos convolucionais e código turbo.(TRUONG, 2012)

A codificação de blocos lineares atribuem a cada bloco de k bits de informação uma palavra código com n bits codificados, $n > k$. Um código assim formado é descrito na literatura como código de bloco (n,k) , sendo que a relação entre o número de bits de um bloco de informação e o número de bits da palavra código correspondente, k/n , é denominada taxa do código. Além da definição do código, quanto menor a taxa de um código, maior a sua capacidade de detecção e correção de erros. Essa detecção se torna mais atrativa para o protótipo em questão.

Outra maneira de efetuar esse processo é por meio de códigos cíclicos, que são derivados da codificação de blocos, porém sua maior aplicabilidade o torna mais popular. Diferentemente do processo de blocos os cíclicos são mais “manuseáveis” algebricamente, com polinômios, sem necessidade de recorrer a matrizes e vetores. O processo necessita das palavras de código sendo essas encontradas a partir de deslocamentos laterais da informação original, com esse processo simples para encontrar a palavra, há a possibilidade de trabalhar com códigos de ordens mais elevadas que os lineares. Por terem uma estrutura

bem definida facilita o processo de codificação.

A codificação convolucional, também chamada de codificação com memória, utiliza um processo que se difere dos apresentados anteriormente, pois não depende apenas do k bits iniciais mais também de k bits anteriores, sendo definida como o conjunto de palavras-código geradas pelo codificador para todas as possíveis sequências de informação. Nesse código o tamanho dos k bits da informação e dos n bits do código gerado são, em geral, pequenos. Este modelo tem como sua principal vantagem a fácil implementação com registradores de deslocamento.(BENCHIMOL; PIMENTEL, 2012)

Para alto desempenho foi criado o código turbo, considerado uma das maiores inovações na teoria de códigos corretores de erros. Esse modelo vem como uma decodificação interativa, com aplicações em dois formatos: uma com a concatenação de códigos convolucionais (CTC, Convolutional Turbo Codes), e o outro na concatenação de códigos de bloco (BTC, Block Turbo Codes). Em seu início a codificação turbo era feita apenas com a concatenação de códigos convolucionais, mas o interesse em decodificações turbo em blocos vem ganhando força. Seus pontos favoráveis são a diminuição do SNR (relação Sinal-Ruído) e um maior ganho de codificação.(GUIMARÃES,)

3.4 Decodificador

Com a utilização da comunicação TTE, assim que o sinal é recebido pelo receptor é necessário interpretar a informação gerada pelo transmissor. Assim que a mensagem é recebida digitalmente, demodula o sinal, retirado os erros, transformando o sinal novamente em banda base. Como o último processo a transforma o sinal para o formato desejado após a decodificação podendo ser ela feito através de texto, voz ou vídeo. O decodificador tem um papel muito importante no processo por ser o ultimo sistema do demodulador.

Esse decodificador vai efetuar a transformação de um elemento digital, que são os bits em sinais mecânicos como voz, texto ou vídeos. Existem algumas variedades de decodificadores que podem ser empregados como é o caso do Vocoder para voz, outra forma é a conversão dos bits em formatos de texto. A solução a ser utilizada vai ser baseada ou na sintetização de voz ou na representação textual.

Hoje na mineração é utilizado o PED, esse dispositivo TTE, que consegue a transmissão textual entre o interior da lavra e a superfície. Esse é um bom exemplo na busca por um dispositivo portátil, mas que efetua apenas a comunicação “one way”, vindo a informação apenas uma direção.(FOROOSHANI et al., 2013)

Outra possível solução é a inserção no receptor de voz, decodificador capaz transformar os bits demodulados em uma sintetização da voz humana. Esse tipo de decodificador tem por princípio codificar e decodificar a partir dos fonemas de cada língua, o

português, por exemplo, existem cerca de 40 fonemas, identificados com 6 bits cada. Para a codificação existem fatores que vão além da taxa de bits/s como a duração do fonema, a energia do fonema, a caracterização do orador, entre outros. O processo de codificação de voz pode ser feita de três formas, que são codificadores em forma de onda, codificadores paramétricos, e codificadores híbridos.(ALBUQUERQUE, 2014)

4 Descrição do Sistema

4.1 Caracterização

A partir da explicação dos tópicos anteriores, esse trabalho visa um sistema que integre toda a revisão bibliográfica levantada neste primeiro trabalho, buscando a criação de um protótipo de um receptor TTE, sendo ele disposto em etapas para a recepção e interpretação do sinal emitido pelo transmissor. Em um primeiro momento o sistema nos seguintes blocos:

- Receber o sinal transmitido
- Demodulador OFDM
- Código coletor de erro
- Decodificador
- Investigação da demodulação OFDM para a mineração

Esse sistema necessita de um sinal para efetuar os testes, sendo assim será utilizado um modelo de sinal predeterminado a partir de trabalhos científicos disponíveis.

4.2 Ferramentas

O projeto visa à criação de um protótipo de receptor TTE, desta forma o projeto vem criar um circuito elétrico que possa atender as especificações apresentadas. Nesse circuito eletrônico deve conter alguns equipamentos passivos como resistores, capacitores, diodos equipamentos ativos como circuitos integrados, transistores, amplificadores operacionais e os sensores como os de captação de luz.

4.2.0.1 Materiais

Os materiais utilizados para a confecção dessas placas e de todo o equipamento que fara parte do projeto será apresentado na segunda parte do projeto, que tem como finalidade a apresentação do protótipo e os resultados obtidos por ele quando inserido no campo.

Além dos equipamentos utilizados na placa serão utilizados equipamentos de medição dessas placas com multímetros, osciloscópios, fontes de tensão, e equipamentos de

confecção das placas como corrosivos, alicates, braços mecânicos, ferro de solda, protoboard e outros.

4.2.0.2 Circuito Programável

Este sistema em grande parte será embarcado em um microprocessador, em um primeiro momento foi definida a utilização do MSP430, devido ao seu fácil acesso e custo. Mas esta sendo estudadas outras possibilidades, pois o MSP430 possui limitações.

5 Conclusão

5.1 Conclusão

Este primeiro trabalho vem com o intuito de apresentar o problema e as possíveis soluções do tema escolhido. Tendo em vista que o atual sistema de comunicação na mineração não supria a necessidade de comunicação em todas as condições impostas pela lavra subterrânea foi escolhido como tema para este trabalho a utilização da comunicação TTE na mineração.

Com esse problema este trabalho busca a criação de um protótipo de recepção de sinais enviados sobre as rochas (comunicação TTE). O desenvolvimento dessa primeira etapa do trabalho tem como objetivo efetuar o estudo sobre o problema imposto, os tipos de comunicação utilizados atualmente nas lavras subterrâneas e as possíveis tecnologias a serem empregadas no receptor para que a comunicação seja efetuada.

Neste documento foi possível observar que os modelos de comunicação empregados atualmente são vulneráveis a acidentes, pois são feitos por sistemas que dependem de uma estrutura fixa e a ligação por cabos, que muitas vezes são danificados no acidente dificultando o resgate dos mineiros. Havendo a necessidade de uma comunicação que não será prejudicada mesmo em caso de acidente. Portanto é apresentado na primeira parte do trabalho as tecnologias que podem ser empregadas, suas principais características e para que vão ser empregadas no receptor.

Ao final deste documento foi atingido o que foi proposto para essa primeira etapa do trabalho. Podendo então definir as etapas futuras para chegar ao protótipo. As próximas etapas são apresentadas no cronograma do trabalho.

5.2 Cronograma

As atividades a serem realizadas na segunda etapa estão apresentadas no cronograma e ao mesmo tempo quando elas vão ser cumpridas.

Tabela 1 – Cronograma

Tarefas	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Apresentação da TCC1	X					
Estudo Bibliografico	X	X	X	X		
Definição de Etapas	X	X				
Aquisição de Materias		X				
Codigo do Demodulador		X	X			
Codigo de Bit Erro			X			
Decodificador				X		
Teste em Laboratorio				X		
Confecção do Circuito Impresso					X	
Teste da Circuito Impresso					X	
Analise de Resultados					X	
Confecção do Documento	X	X	X	X	X	X
Entrega do Documento						X
Apresentação do TCC2						X

Referências

- ALBUQUERQUE, R. L. D. de. *Desempenho de Sistemas TTE (Through the Earth) para Comunicações Multimídia*. Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, 2014. Citado 7 vezes nas páginas 9, 21, 22, 23, 25, 26 e 29.
- BENCHIMOL, I. B.; PIMENTEL, C. J. L. O. *Módulo de Treliça Mínimo Para Códigos Convolucionais*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2012. Citado 1 vez na página 28.
- CORRÊA, W. C. *Estudos de sistemas OFDM para comunicações Ópticas*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 9, 25 e 26.
- FOROOSHANI, A. E. et al. A survey of wireless communications and propagation modeling in underground mines. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE, IEEE*, v. 15, n. 4, p. 1524–1545, 2013. Citado 5 vezes nas páginas 9, 22, 23, 24 e 28.
- GUIMARÃES, D. A. Noções sobre decodificação turbo: Um estudo de caso para os códigos spc-tpc. *Departamento de Telecomunicações–Inatel*. Citado 1 vez na página 28.
- LARGE, D. B.; BALL, L.; FARSTAD, A. J. Radio transmission to and from underground coal mines—theory and measurement. *Communications, IEEE Transactions on, IEEE*, v. 21, n. 3, p. 194–202, 1973.
- LIÉNARD, M.; DEGAUQUE, P. Natural wave propagation in mine environments. *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, IEEE*, v. 48, n. 9, p. 1326–1339, 2000. Citado 1 vez na página 22.
- PITTMAN, W. E.; CHURCH, R. H.; MCLENDON, J. T. *Through-the-earth electromagnetic trapped miner location systems: A review*. [S.l.]: US Department of Interior, Bureau of Mines, 1985. Citado 1 vez na página 16 .
- RAAB, F. H. Signal processing for through-the-earth electromagnetic systems. *Industry Applications, IEEE Transactions on, IEEE*, v. 24, n. 2, p. 212–216, 1988.
- TRUONG, C. P. T.-K. *The Development of Error-Correcting Codes, IEEE Fellow, and Editor, IEEE Transactions on Communications*. Tese (Doutorado) — Department of Information Engineering, I-Shou University, Kaohsiung County, Taiwan, 840, R.O.C., 2012. Citado 1 vez na página 27.
- YARKAN, S. et al. Underground mine communications: A survey. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE, IEEE*, v. 11, n. 3, p. 125–142, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 9, 15 e 21.
- YENCHEK, M. R. et al. Niosh-sponsored research in through-the-earth communications for mines: a status report. *Industry Applications, IEEE Transactions on, IEEE*, v. 48, n. 5, p. 1700–1707, 2012.