

Doutorado

CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA CSS PARA DEPOSIÇÃO DE CÉLULAS SOLARES DE CDS/CDTE SEM QUEBRA DE VÁCUO

Autor: *Wagner Anacleto Pinheiro*

Orientadores: *Carlos Luiz Ferreira, DSc e Leila Rosa de Oliveira Cruz, DSc*

Curso: *Pós-Graduação em Ciência dos Materiais Tese de doutorado defendida no IME, em 11/02/10*

As células solares de CdS/CdTe constituem hoje importante fração das vendas de fotovoltaicos no mundo. A otimização desses dispositivos, em termos de eficiência e método de fabricação, com o objetivo de reduzir os custos, está sendo investigada em vários centros de pesquisa, em razão da demanda, nos últimos anos, de uma fonte de energia limpa e confiável.

Este trabalho envolveu a construção de um sistema de deposição de CdS e de CdTe, tratamento a vapor de CdCl₂ e deposição de ZnTe sem quebra de vácuo e a comparação das células solares assim fabricadas com as produzidas anteriormente, com quebra de vácuo, no Laboratório de Filmes Finos do Instituto Militar de Engenharia (LFF-IME).

O sistema construído envolveu a movimentação por rotação do substrato para as regiões de deposição, o que permitiu a produção de células solares em um tempo relativamente curto, da ordem de 120min. Esse tempo foi consideravelmente menor que o necessário para produzir células solares do mesmo tipo com quebra de vácuo.

O novo sistema permitiu que os substratos fossem posicionados na região de deposição depois que os blocos de grafite da fonte e do subs-

trato já estivessem aquecidos, o que levou a uma alta taxa inicial de nucleação e, conseqüentemente, à formação de filmes densos e contínuos, adequados para a produção de células de alta eficiência. O efeito do oxigênio também foi avaliado, mostrando-se benéfico tanto para a produção de filmes mais compactos como para a produção de células com tensão de circuito aberto maior que 700mV, na configuração vidro/ITO/CdS/CdTe/C:CuTe/Ag.

Por outro lado, o maior valor de eficiência obtido foi 4,9% para uma célula solar com área de 1cm², valor próximo ao obtido com quebra de vácuo no LFF-IME e bem menor que o observado em outros centros de pesquisa. Uma das possíveis causas para a baixa eficiência foi a deterioração das fontes de matéria-prima, que levou a baixas densidades dc corrente (~15mA.cm⁻²) e baixos fatores de preenchimento (~45%).

A troca frequente das fontes e a otimização da espessura das camadas, da concentração de O₂ durante as deposições e da preparação do contato traseiro deverão levar a uma eficiência maior das células produzidas pelo novo sistema.

Mestrado

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS TÉCNICAS DE BLOQUEIO EM SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES: ÊNFASE NO SISTEMA GSM

Autor: *Alex Alvarez da Silva*

Orientador: *José Carlos Araujo dos Santos*

Curso: *Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Dissertação de mestrado defendida no IME em 24/07/09*

Este trabalho aborda técnicas de interferências em sistemas de comunicações via rádio com

a finalidade de identificar as melhores técnicas ou condições de bloqueio para cada sistema, comercial ou militar. A revisão bibliográfica realizada para dar suporte a esta dissertação inclui aspectos diversos de sistemas de comunicações, em particular: tipos de modulações, técnicas de espalhamento espectral e técnicas de acesso múltiplo. Fundamentos sobre bloqueio de RF também foram identificados e destacados no trabalho.

É apresentado um estudo de caso para a condição de bloqueio sobre os sistemas de telefonia móvel comercial CDMA e GSM e para os sistemas militares baseados na norma MIL-STD-188-110B.

Complementarmente à teoria, foram realizadas simulações dos bloqueadores e dos sistemas de comunicações com o auxílio do programa de computador MATLAB®. A eficácia dos bloqueadores sobre os sistemas de telefonia móvel comercial CDMA e GSM e sobre os sistemas militares fundamentados na norma MIL-STD-188-110B foi avaliada para os bloqueadores e sistemas de comunicações implementados, permitindo a definição da melhor relação bloqueio/sinal para efetivo bloqueio dos sistemas considerados.

Paralelamente, um dispositivo bloqueador com varredura para a faixa de 1805 a 1880 MHz, projetado e implementado no escopo deste trabalho, permitiu a validação das observações teóricas por meio de avaliações práticas da eficácia do bloqueio, cujos resultados são reportados ao longo do trabalho.

CLASSIFICAÇÃO DE BIOMAS BRASILEIROS PELAS IMAGENS DO SENSOR WFI-CBERS 2

Autor: Eduardo Tavares da Silva

Orientador: Prof. Dr. Oscar Ricardo Vergara, D.E.

Curso: Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica
Dissertação de mestrado defendida no IME, em 14/08/09

O Brasil apresenta um patrimônio natural de extensão continental, reconhecido como o mais significativo do planeta, reunindo 20% das espécies vegetais e animais do mundo. Essa riqueza é expressa pela diversidade ecossistêmica dos biomas, endemismo de espécies biológicas e seu patrimônio genético. O intuito da pesquisa é avaliar o potencial das imagens WFI-CBERS 2 para classificar biomas, por se tratar de imagens que apresentam como característica a obtenção de informações de grandes áreas, com foco na vegetação, sendo propícias para o monitoramento ambiental. Na elaboração do estudo definiram-se três tipos de área: intercessão entre biomas; com tipologia vegetacional característica de cada bioma; áreas de alterações, tanto por causas naturais como pela ação antrópica. Na primeira etapa da metodologia, foi realizado o georreferenciamento das cenas. A seguir, com o objetivo de melhorar a qualidade das imagens e facilitar a identificação das classes de interesse, utilizou-se algoritmo de índices de vegetação. Depois do processamento digital, realizou-se a segmentação multirresolução das imagens, sendo definidos dois níveis de segmentação. O primeiro deles destinado a diferenciar as tipologias vegetacionais próprias de cada bioma. Já o segundo nível teve como finalidade fazer a distinção entre vegetação e áreas alteradas pela expansão da fronteira agrícola, possibilitado pela maior suavidade na separação dos segmentos. A etapa seguinte consistiu na classificação orientada a objeto das imagens, utilizado o programa eCognition. Foi aplicado o classificador “vizinho mais próximo”, que se baseia em coletas de amostras de objetos para definir automaticamente os parâmetros dos descritores de cada classe. As classificações apresentaram como resultados uma exatidão da acurácia global com valores

entre 87% e 90% e o índice Kappa entre os valores 83% e 88%, indicando que a classificação obteve concordância muito forte. Os resultados revelam que, mediante metodologia aplicada, as imagens WFI-CBERS 2 possibilitam diferenciar as tipologias vegetais próprias de diferentes biomas, bem como áreas de alterações devidas à expansão da fronteira agrícola.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DAS IMAGENS CCD-CBERS 2 PARA APOIO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL

Autor: *Emily Watanabe*

Orientador: *Prof. Dr. Oscar Ricardo Vergara – D. E.*

Curso: *Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica*
Dissertação de mestrado defendida no IME em 18/08/09

As informações obtidas sobre uma região se tornam forte aliado no momento de se tomarem decisões referentes à dinâmica das atividades que interferem no meio ambiente. O sensoriamento remoto tem sido um instrumento de obtenção dessas informações, sobretudo com relação ao desmatamento na Região Amazônica. O Brasil tem adquirido autonomia tecnológica e, nesse sentido, passou a disponibilizar imagens de diversos sensores portados pelos satélites da série CBERS, que contribuem para a aquisição de informações atualizadas. Para que o uso dessas imagens possa ser otimizado e sua aplicação estendida a várias áreas, elas precisam ser cada vez mais conhecidas. Com o objetivo de avaliar o potencial das imagens CCD-CBERS, esta pesquisa aplicou a classificação orientada a objetos. Tal escolha se deve ao fato de essa tecnologia, geralmente restrita à aplicação em imagens de alta resolução, permitir que sejam considerados, além da informação espectral, os atributos de forma, tex-

tura e contexto, contribuintes para a automatização do processo de classificação de alvos presentes nas imagens. A área de estudo localiza-se na Região Amazônica, no Estado do Amapá, município de Porto Grande e cobre as classes representativas das alterações da cobertura vegetal, como capoeira, área urbana, agricultura, pasto, água, estrada, queimada, silvicultura e vegetação, sendo uma área onde se observam alterações que precisam de monitoramento ambiental. A imagem selecionada foi georreferenciada e, para melhorar sua qualidade visual, foi aplicada uma técnica de subtração de DN's e filtro de bordas. A segmentação multirresolução aplicada no software eCogniton 4.0 foi realizada de forma que se criaram três níveis de escala. Definiu-se o uso de lógica *fuzzy*, que estabeleceu as funções de pertinência e seus intervalos para cada descritor de atributos associado à classe. A classificação resultou em um produto com acurácia global 0,52 e coeficiente Kappa 0,47; de acordo com a escala de Landis e Koch, esse último resultado se enquadra como classificação boa a moderada. Esse estudo demonstrou que as imagens CCD-CBERS podem contribuir como apoio ao monitoramento ambiental na Região Amazônica.

APLICAÇÃO DA SÍNTESE DE SUPERVISORES DE SISTEMAS HÍBRIDOS AO PLANEJAMENTO DE MISSÕES DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Autor: *Roberto Ortiz Garrido*

Orientador: *Antonio Eduardo Carrilho da Cunha*

Curso: *Pós-Graduação em Engenharia Elétrica*
Dissertação de mestrado defendida no IME, em 18/08/09

Este trabalho trata do planejamento e controle de missões com veículos aéreos não tripula-

dos (VANT) por meio da teoria de controle supervísório de sistemas híbridos. Neste trabalho, considera-se um VANT de asa fixa (helicóptero). Em primeiro lugar, foi desenvolvido o modelo de missão na forma de um autômato híbrido (AH). Nesse modelo, as diversas etapas da missão (deslocamento entre pontos de passagem, sobrevoos etc.) contemplam as coordenadas de trajetória do VANT, o consumo de combustível e a influência do vento. Esse modelo contempla todas as opções de escolha para a execução da missão livre de uma ação de controle. Em seguida, foi desenvolvido um algoritmo de obtenção de uma aproximação discreta do comportamento do AH modelador da missão na forma de um autômato condição/evento (C/E). Nessa etapa utilizam-se as técnicas de alcançabilidade direta utilizadas na verificação de modelos. A característica desse algoritmo é a geração do comportamento discreto exato do autômato híbrido modelador da missão, dadas as condições de modelagem. A última etapa consiste em empregar a abordagem da Síntese de Supervisores de Sistemas Híbridos para determinação de um comportamento discreto que representa as opções que tornam a missão executável, no sentido do consumo de combustível e influência do vento. O comportamento, obtido na forma de um autômato C/E que possui garantia formal de atender à especificação, deve ser minimamente restritivo, e não levar a situações tipo deadlock, em que o sistema não tem mais como evoluir. O método desenvolvido foi implementado em um ambiente computacional que agrega o MATLAB, o verificador PHAVer (Polyedral Hybrid Automata Verifier) e o Grail para controle supervísório. Diversos estudos de caso foram realizados para dar suporte e ilustrar o método desenvolvido. As perspectivas de trabalhos futuros incluem a modelagem do tratamento de um VANT de asa fixa e o tratamento de missões multiveiculares.

ALGORITMO OTIMIZADO PARA COMPARAÇÃO DE SEQUÊNCIAS E BUSCA EM BASE DE DADOS

Autor: *Felipe Fernandes Albrecht*

Orientadores: *Raquel Coelho Gomes Pinto e Claudia
Marcela Justel*

Curso: *Pós-Graduação em Sistemas e Computação*
Dissertação de mestrado defendida no IME em 26/10/09

A busca por sequências genéticas similares em base de dados é uma das tarefas básicas na bioinformática. Porém as bases de dados de sequências genéticas têm sofrido um crescimento exponencial, tornando o baixo desempenho dessa busca um problema. O aumento do poder computacional dos processadores tem sido alcançado por meio da utilização de vários núcleos de processamento em um único *chip*. As técnicas de busca de sequências genéticas que utilizam estrutura de dados mais otimizadas, como os índices invertidos, não utilizam esses núcleos de processamento extras. Este trabalho visa utilizar de forma conjunta as técnicas de indexação da base de dados de sequências genéticas e a paralelização do processo de busca de sequências similares. Durante este trabalho foi desenvolvido um protótipo que utiliza técnicas de paralelização e índices invertidos para a verificação da viabilidade de utilizar essas duas técnicas simultaneamente. Foram executados experimentos para analisar o ganho de desempenho quando utilizados índices invertidos e paralelismo e a qualidade dos resultados quando comparados com outras ferramentas de busca. Os resultados foram promissores, pois o ganho com paralelismo chega a ultrapassar o *speedup* linear; a execução com paralelismo é em média 20 vezes mais rápida do que a ferramenta NCBI BLAST quando este também usa

paralelismo. O protótipo encontrou mais de 70% dos alinhamentos reportados pelo BLAST para e-values iguais ou inferiores a $10e-15$, mostrando assim sua eficácia para encontrar sequências genéticas similares.

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CURVAMENTO POR INDUÇÃO EM TUBOS DA CLASSE API 5L X80

Autor: Antônio Marcelo de Meireles

Orientador: Professor Luiz Paulo Mendonça Brandão

Curso: Pós-Graduação em Ciência dos Materiais

Dissertação de mestrado defendida no IME em 11/12/09

Este trabalho teve como objetivos avaliar a influência dos parâmetros do processo de curvamento de tubos a quente por indução, velocidade e temperatura, e o tratamento térmico de revenimento pós-curvamento na microestrutura e nas propriedades mecânicas e estabelecer condições ótimas de fabricação de uma curva a valendo-se de um tubo da classe API 5L X80.

Foi utilizado para o estudo um tubo de 12 metros de 34" (863,6 mm) de diâmetro e 0,750" (19,05mm) de espessura, fabricado pelo processo UOE, cuja chapa foi confeccionada pelo processo de laminação controlada sem o uso da técnica de resfriamento acelerado com CEIIV de 0,43% em peso.

Para avaliar as propriedades mecânicas do aço em função dos parâmetros de curvamento, foi necessário que um dos parâmetros variasse, e os demais se mantivessem constantes. Para isso, simulações do processo de curvamento foram realizadas com o tubo como recebido, em que este foi submetido a diferentes parâmetros do processo sem a realização de curvamento para eliminar o efeito da deformação plástica no aço. Essas

simulações foram realizadas na temperatura de 980°C, aplicando as velocidades de 0,3, 0,9 e 1,4mm/s. Para a velocidade de 0,9mm/s, utilizaram-se ainda as temperaturas de 900 e 1.080°C. Depois de encontrar os parâmetros que otimizaram as propriedades mecânicas do aço, estes foram utilizados para realização de um curvamento 5D (5 vezes o diâmetro) nesse mesmo tubo. A região curvada e o tubo na condição recebida foram tratados termicamente por revenimento nas temperaturas de 400, 500 e 600°C por uma hora com resfriamento ao ar calmo. Ensaio mecânicos de tração, impacto Charpy e dureza HV10 na seção transversal e superficial à parede do tubo foram realizados em todos os estágios e condições mencionadas acima.

Como resultado das simulações, verificou-se que o aço teve suas propriedades otimizadas e os requisitos especificados pelas normas atendidos para a seguinte condição: temperatura de 980°C e velocidade de 0,9mm/s. Esses parâmetros foram, portanto, selecionados para a realização do curvamento do tubo. Depois do curvamento, o limite de escoamento do aço ficou abaixo do limite mínimo especificado e a dureza superficial ficou acima do limite máximo. Porém, quando o tubo curvado foi submetido ao tratamento térmico de revenimento a 400°C, todas as propriedades do aço atenderam aos critérios especificados pela norma API 5L.

TAXA DE SIGILO DE ENLACES QUE EMPREGAM TÉCNICAS DE MODULAÇÃO ADAPTATIVA EM CANAIS COM DESVANECIMENTO PLANO

Curso: Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Autor: 1º Ten Alexandre Amorim Pereira Júnior

Orientador: Maj Juraci Ferreira Galdino

Dissertação de mestrado defendida no IME, em 16/12/09

Este trabalho aborda o uso das técnicas de modulação adaptativa em sistemas de comunicação cujos canais estão sujeitos ao efeito do desvanecimento plano em frequência e lento no tempo. Tradicionalmente, o emprego das técnicas de modulação adaptativa tem como objetivo o melhor aproveitamento do canal de comunicação variante no tempo, porém, nesta dissertação, é proposto o uso dessas técnicas como forma de aumentar a segurança das comunicações sem fio. Expressões analíticas para a taxa de erro de *bit* e para a taxa de sigilo do sistema analisado são apresentadas, e seus resultados numéricos são discutidos.

Diversos trabalhos que tratam do sigilo nas comunicações sob o ponto de vista da teoria da informação baseiam-se em sistemas de transmissão hipotéticos, o que faz com que seus resultados produzam limites teóricos para os canais de comunicação, como os limites para a capacidade e capacidade de sigilo desses canais. Uma das contribuições dessa dissertação é justamente a obtenção de expressões de informação mútua, que podem ser comparadas às expressões teóricas de capacidade, e de taxa de sigilo, que tem sua referência na capacidade de sigilo, de sistemas de modulação adaptativa realizáveis na prática.

As expressões aqui apresentadas são obtidas com base em hipóteses comumente adotadas no contexto dos sistemas de comunicações sem fio, como, por exemplo, as suposições empregadas na modelagem estatística do canal de comunicação, do ruído aditivo e da informação transmitida. Além disso, elas são expressas em termos de parâmetros importantes das estratégias de modulação adaptativa, como a razão sinal/ruído média dos canais de comunicação envolvidos e outros parâmetros das modulações empregadas.

Várias avaliações e comparações de desempenho são realizadas com base nessas expres-

sões analíticas e em simulações computacionais de Monte Carlo, tendo como figuras de mérito a taxa de erro de *bit*, a eficiência espectral, a informação mútua e a taxa de sigilo dos sistemas analisados. As simulações realizadas validam as expressões encontradas. Os diversos resultados obtidos, sob variadas condições, indicam que as técnicas de modulação adaptativa, além de propiciarem melhor aproveitamento do canal de comunicação variante no tempo, têm a capacidade de aumentar o sigilo na transmissão das informações. Os parâmetros dos sistemas de modulação adaptativa foram otimizados de forma a maximizar a sua taxa de sigilo, e novas estratégias de transmissão baseadas nas técnicas de modulação adaptativa foram propostas de forma a potencializar o sigilo nas comunicações.

REMEDIÇÃO AMBIENTAL DE ÁREAS CONTAMINADAS POR EXPLOSIVOS

Autor: Cap Tércio Brum

Orientador: José Carlos Cesar Amorim - Ph.D. e Maria Esther Soares Marques - D. Sc

Curso: Pós-Graduação em Engenharia de Defesa
Dissertação de mestrado defendida no IME, em 03/02/10

O grande progresso científico e tecnológico experimentado pela humanidade neste último século resultou de alguma forma em agressões ao meio ambiente; estima-se que exista cerca de um milhão de áreas contaminadas por metais pesados nos Estados Unidos da América. Essa contaminação ocorreu especialmente por causa das atividades industriais e militares e provocaram grande impacto ao meio ambiente. (EPA, 2006)

Considerando a sofisticação tecnológica e a complexidade de uma operação militar nos dias

de hoje, não é de se estranhar a diversidade de atividades necessárias ao êxito de uma missão operacional realizada pelo Exército. Essas atividades muitas vezes demandam o emprego de agentes físicos, químicos e biológicos, representando tanto um risco para o militar que os manipula, quanto para o ambiente que o cerca.

Todavia, a despeito dos argumentos apresentados, não é admissível que a instituição nacional à qual cabe a defesa da Pátria, seja responsável pela degradação das instalações que usa ou dos campos de instrução em que prepara seus contingentes.

Nesse sentido, o Exército Brasileiro (EB) tem-se preocupado em preservar e recuperar possíveis áreas contaminadas; para isso, é necessário se conhecer o ciclo de vida das munições, realizar processos de identificação e catalogação de áreas contaminadas e desenvolver técnicas de remediação ambiental.

Uma das atividades que o EB realiza e que causa grande impacto ambiental é a destruição de munição e explosivos inservíveis. Esse procedimento é regulamentado no Manual Técnico T9, porém, em razão do grande impacto que essa atividade causa ao meio ambiente, é necessário que se adotem técnicas para monitorar as áreas contaminadas e recuperá-las.

Neste trabalho, pretende-se analisar as metodologias utilizadas para remediação ambiental das áreas de destruição de explosivos e munições militares tendo como objetivos gerais realizar o estudo das alternativas existentes para remediação ambiental de área de uso militar e elaborar uma proposta de programa de remediação.

Esta dissertação faz parte do projeto "Sistema de Gestão Ambiental para Atividades Militares" do Pró-Defesa, financiado pela Capes e Mi-

nistério da Defesa e tem como objetivos, entre outros, desenvolver um sistema de gestão ambiental para controle das atividades militares, estabelecer metodologia para recuperação de áreas degradadas, estabelecer procedimento para gestão de resíduos e a formação de recursos humanos.

ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO SISTEMA DE CÓDIGOS NUCLEARES WIMOR-2 EM RELAÇÃO ÀS OPÇÕES DE CÁLCULO DE TRANSPORTE DE NÊUTRONS

Autor: *Wemerson de Carvalho Gonçalves*

Orientador: *Claudio Luiz de Oliveira*

Curso: *Pós-Graduação em Engenharia Nuclear*

Dissertação de mestrado defendida no IME, em 04/02/09

Foi anteriormente desenvolvido no Instituto Militar de Engenharia (IME), como um trabalho de dissertação, um código nuclear, o WIMOR-2, a partir dos códigos ORIGEN-2 e WIMS-TRACA, para análise de *burn-up* de combustível em um reator nuclear, como alternativa para flexibilização do código ORIGEN-2. O código foi desenvolvido utilizando as configurações padronizadas para cada um dos códigos. Neste trabalho são analisadas as respostas obtidas quando as várias configurações de cálculo central, opcionais incluídas nos códigos, são utilizadas fora das configurações padrão dos códigos, comparando-se os resultados obtidos com os esperados de acordo com os vários métodos computacionais para cálculo de transporte de nêutrons. O objetivo é a validação do código WIMOR-2 para essas opções de cálculo.

Os testes foram realizados para os três tipos principais de reatores nucleares de potência (a saber PWR, PHWR e BWR), sendo três do tipo PWR,

um do tipo PHWR e um do tipo BWR. O sistema de códigos nucleares WIMOR-2 mostrou-se muito eficiente para todos os testes, apresentando em todos os casos os resultados previstos pela literatura.

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE MODELAGEM E CONTROLE EM SISTEMAS TIPO PONTE ROLANTE

Autor: Cap Humberto Cardoso da Costa
Orientador: Geraldo Magela Pinheiro Gomes, Dr. Ensaie
Curso: Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Dissertação de mestrado defendida no IME, em 05/02/10

Neste trabalho, são apresentados os estudos feitos sobre o protótipo da ponte rolante desenvolvido no Laboratório de Automação e Controle da Seção de Ensino de Engenharia Elétrica do IME. A ponte rolante é responsável por realizar a locomoção de cargas pesadas e grandes em pequenas distâncias, mas com algumas limitações, pois o movimento pendular da carga dificulta o posicionamento preciso da mesma.

O trabalho apresenta, inicialmente, o estudo e o aperfeiçoamento do modelo matemático da planta física. Em seguida, mostra a aplicação de diversas técnicas de controle para solucionar o problema do surgimento de oscilações em uma carga transportada por uma ponte rolante. Faz-se também uma análise sobre robustez em estabilidade, quando da aplicação sobre o modelo, das técnicas de controle LQG (Linear Quadratic Gaussian) e PRCBI (Parameter Robust Control by Bayesian Identification), observando os gráficos da hiperesfera percentual de estabilidade e do diagrama de sensibilidade dos polos em malha fechada. A implementação de alguns mecanismos de geração de trajetória em manipuladores também pôde ser verifi-

cada, com o intuito de reduzir a amplitude do sinal de comando a ser aplicado à planta, o que implica menor consumo de potência pelos motores nos instantes iniciais de deslocamento do sistema.

AUTENTICAÇÃO DE ÁUDIO DIGITAL BASEADA NA PRESENÇA DA FREQUÊNCIA DA REDE ELÉTRICA

Autor: Daniel Patricio Nicolalde Rodríguez
Orientador: José Antonio Apolinário Junior
Curso: Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Dissertação de mestrado defendida no IME, em 26/02/09

O objetivo principal da análise de autenticação de áudio é avaliar a integridade de gravações (analogicas ou digitais) para determinar se alguma parte do sinal foi eliminada, adicionada ou alterada de algum modo. Este trabalho propõe um método para verificar se uma gravação de áudio digital foi adulterada ou não. O método se baseia nas mudanças detectadas na fase do sinal da rede elétrica (ENF), usualmente embutido nos sinais de áudio quando a gravação é realizada com um equipamento conectado a uma tomada.

O método é dividido em três partes. A primeira delas consiste em um mecanismo automático para detectar a presença da ENF nas gravações. A segunda parte é uma técnica que pode auxiliar na localização visual dos pontos de edição, bem como na inferência dos tipos de edição: inserção (ou eliminação) de fragmento no (do) sinal de áudio. Para localizar os pontos de edição, é necessário identificar as mudanças abruptas na fase da ENF presente no sinal gravado. Para estimação da fase, foram usadas duas técnicas: uma fundamentada na transformada discreta de Fourier

(DFT) de tempo curto; outra, em uma análise de Fourier de alta precisão que também utiliza a DFT da primeira derivada do sinal. A última parte do método proposto apresenta um mecanismo automático para discriminar entre sinais originais e editados com base em uma relação de decisão aplicada sobre uma medida característica, que computa a descontinuidade da fase da ENF.

Apresentam-se os fundamentos teóricos e questões práticas de implementação do método proposto. Finalmente, seu desempenho é avaliado em três corpora de sinais de áudio reais que foram digitalmente editados. Dois deles apresentam sinais gravados em condições favoráveis e o outro, sinais com ocorrência de saturações e ruído de fundo pronunciado. 