

Projeto Equipamento de Imagem Térmica Multipropósito

Alvaro José Damião¹, Ângelo Azevedo Costa Junior², Henrique Nobre³, Ricardo Campello⁴

IEAv / CTA, CTEEx, Optovac, Ares

Resumo — A diversidade de aplicações facilita inclusão de qualquer produto. O objetivo deste projeto é desenvolver um equipamento de imageamento térmico multipropósito. Além dos objetivos estratégicos, é apresentada a estrutura do projeto e suas especificações técnicas.

Palavras-chaves — Imagem térmica, óptica.

1. INTRODUÇÃO

A habilidade de combate noturno cada vez mais tem se tornado uma premente necessidade para as Forças Armadas. A doutrina de operações na guerra moderna dá grande ênfase ao combate noturno. Assim, equipamentos de visão noturna (EVN) que permitem visão em ambientes pouco iluminados ou sem nenhuma iluminação, de emprego individual, coletivo ou embarcado, constituem-se elementos essenciais na dotação das tropas sob o ponto de vista estratégico. As forças armadas que não agem efetivamente à noite podem perder o combate.

As tecnologias empregadas em EVN consistem na amplificação de luz residual e na imagem térmica. Os de amplificação de luz residual apresentam menor peso e custo, mas necessitam da existência de alguma luz ambiente. Estes apresentam amplo emprego a nível individual. Os de imagem térmica, apesar de mais pesados e caros, não necessitam de qualquer luz ambiente, podendo enxergar através de fumaça, cerração e camuflagem. Estes têm aplicações importantes em sistemas de vigilância, reconhecimento e controle de tiro e em mísseis anti-aéreo e anti-carro.

Todos os trabalhos desenvolvidos estão baseados em ferramentas de gestão de projetos e de qualidade. No que concerne à gestão de projetos, são utilizadas técnicas de planejamento, estruturas de decomposição de trabalho, ciclo de vida dos materiais, PERT, engenharia simultânea e conceitos de organização (por função, matricial e por projetos). Considerando a gestão de qualidade, são adotados conceitos consagrados como, por exemplo, normalização, metrologia, desenvolvimento de fornecedores e foco no cliente, de acordo com a série de normas ISO 9000.

Como forma de reduzir prazos, custos e maximizar o emprego da mão-de-obra, nas atividades em desenvolvimento, são empregados intensivamente recursos computacionais tanto em ações técnicas como em ações de gestão. Como exemplo, as seguintes ferramentas estão sendo utilizadas:

- MS Project (gestão de projetos).
- Pro Engineer e Solid Works (projeto mecânico).

- Oslo (projeto de sistemas optrônicos).
- Ki Cad GPL PCB Suite (projeto de PCB).
- Quartus II (projeto de FPGA atinente à unidade de processamento de imagem da luneta de imagem térmica).

Com relação a problemas com patentes, todos os contratos com empresas terceirizadas deixam claro que a propriedade intelectual é do contratante.

2. ESTRUTURA DO PROJETO EQUIPAMENTO DE IMAGEM TÉRMICA MULTIPROPÓSITO

O projeto do equipamento de imagem térmica multipropósito (EITM) envolve grandes desafios tecnológicos. Os equipamentos de imagem térmica estão se tornando o fator chave para a superioridade militar. No campo de batalha moderno, eles são, por exemplo, em sistemas de vigilância, de designação de alvos, sistemas de controle de tiro, etc.

Nos equipamentos de imagem térmica, um sistema óptico especial focaliza a radiação térmica para um sensor constituído de uma matriz de detectores. Os elementos detectores, a partir da radiação térmica, geram sinais elétricos, que são processados para formar a imagem térmica, em uma unidade de processamento de imagem, no mostrador. Normalmente, são formadas nestes equipamentos 30 imagens por segundo.

O sensor é um sistema optrônico composto por uma matriz de microbolômetros resistivos de silício amorfo conectado a um circuito integrado tipo ReadOut e um estabilizador termoeletrônico integrado. A informação é lida e passada porque há uma variação da corrente devida a mudança de temperatura gerada pelo fluxo de radiação infravermelha. O sensor está sendo adquirido pelo CTEEx com previsão de chegada em dezembro de 2006. Ele é proveniente da Ulis, empresa francesa.

O equipamento de imagem térmica apresenta, por exemplo, as seguintes vantagens:

- Luz infravermelha tem penetração superior em fumaça e outros aerossóis atmosféricos obscuros para a luz visível.
- Objetos quentes emitem bastante radiação infravermelha, ou seja, alvos táticos apresentarão maior contraste na imagem gerada.

Quanto ao projeto, o projeto pode ser dividido em três partes: mecânica, óptica, eletrônica e elétrica. Na parte mecânica, as seguintes atividades estão sendo desenvolvidas:

- Projeto de componentes mecânicos em liga de alumínio, usinado, tratado termicamente e anodizado.
- Especificações de materiais e de montagem para garantir resistência a choque e resistência a imersão em água (1 metro de profundidade).
- Projeto mecânico, que compreende o corpo da luneta e o suporte de montagem para a arma escolhida. Neste corpo deverão ser acomodados a óptica de captação de luz infravermelha, o sensor, o lcd, a eletrônica que conecta o lcd ao sensor, a ocular e o sistema de alimentação elétrica. Têm-se as seguintes atividades na parte óptica:
- Projeto óptico da objetiva no infravermelho, corrigida no intervalo de 8 a 12 μm e sua fabricação.
- O projeto óptico da ocular, que trabalha com luz visível, corrigida no intervalo de 400 a 700 nm e sua fabricação.
- Montagem opto-mecânica.

A parte eletrônica compreende as seguintes atividades:

- Especificação do LCD, devendo ter campo de 14,4mm x 10,8mm, resolução mínima de 45 μm , 640x480, preto e branco.
- Aquisição do LCD.
- Projeto da unidade de processamento de imagem. A unidade de processamento de imagem deve realizar otimização de tons de cinza da imagem, bem como outras funções de otimização de imagem relevantes, colocar na imagem retículo para pontaria compatível com calibres 5,56, 7,62 ou 12,7 mm.
- Projeto e fabricação do controle das funções da luneta de imagem térmica, através de menus amigáveis, permitindo fácil acesso e uso com mínimo de treinamento. O acionamento deve ser através de botões.
- Projeto e fabricação dos sistemas desenvolvidos com saída de vídeo CCIR ou RS 170. Devem existir conectores, preferencialmente deve ser único, para saída de vídeo, alimentação de energia externa e controle remoto.
- Montagem e integração do detector, da unidade de processamento de imagem, do sistema elétrico e do sistema de controle de funções no protótipo da luneta de imagem térmica.

O sistema eletrônico como um todo pode ser dividido em três unidades principais:

- **Unidade de Visualização.** Responsável pela disponibilização dos dados que compõe as imagens, em formatos de sincronismo adequados ao periférico selecionado (microLCD, saída de vídeo RS170 ou VGA e sobreposição do retículo).
- **Unidade de Processamento de Imagem.** Responsável pelo processamento da imagem (ajustes de contraste e brilho, inversão da imagem, interface homem-hardware, correção de não uniformidades e otimização de imagem).

- **Unidade do Sensor Microbolômetro.** Responsável pela geração de sinais de sincronismo para o microbolômetro e processamento do ganho.

A unidade de processamento de imagem é um componente mais importante para o desempenho do sistema como um todo. As tarefas para o desenvolvimento desta atividade consistem em:

- Expandir a resolução de 320x240 (do microbolômetro) para 640x480 (resolução do micro-LCD).
- Desenvolvimento de filtros.
- Inversão da imagem.
- Processamentos requeridos pelo sensor.
- Correção de pixels defeituosos.
- Calibração Inicial – Mapa de Ganhos (necessário uma vez).
- Calibração Offset – (necessário frequentemente – a cada 20 minutos aproximadamente).
- Controle Proporcional-Integral de temperatura interna do sensor.
- Implementação do Mapa de Ganhos (tabela salva em memória) relacionados à temperatura ambiente.

Quanto à parte elétrica, as atividades estão no desenvolvimento de suprimento de energia através de baterias, com alternativa para alimentação externa 12-32 VDC conforme normas MIL.

Por se tratar de projeto com elevada complexidade tecnológica, ele está sendo desenvolvido em parceria com duas empresas. A empresa Optovac, parceira neste desenvolvimento, está trabalhando nas partes elétrica e eletrônica e a empresa Ares nas partes mecânica e óptica. A parceria se faz necessária por questões de falta de pessoal, software de projeto e maquinário apropriado para a fabricação do projeto. O microbolômetro há o chip, mantido em vácuo a uma temperatura específica. Para controlar esta temperatura, há uma tensão de saída do bolômetro (que, portanto, deverá ser digitalizada - AD) proporcional à temperatura; e duas tensões de entrada (mais dois conversores DA). Assim, o controle PI (proporcional-integral) da temperatura interna do bolômetro por efeito Peltier pode ser implementado.

A análise de pixels defeituosos deve ser implementada. Deve-se fazer um programa que identifica cada pixel danificado do bolômetro segundo a tabela de pixels ruins armazenada na memória. Esses dados de identificação serão a entrada para um módulo funcional do Sistema IR que substitui os pixels defeituosos por pixels bons na vizinhança. Se essa substituição não for feita, a imagem aparecerá com várias pequenas manchas. Assim sendo, no envio da informação para memória, esta enxergará um pixel vizinho no lugar do pixel ruim. Este mapa de pixels será sempre mantido. Lógica de processamento de informações deverá ser criada.

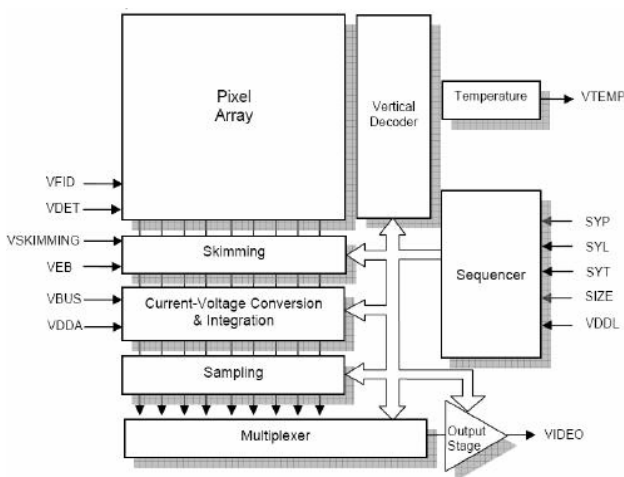


Figura 1. Diagrama em bloco do circuito ReadOut do sensor. O objetivo da calibração é fazer com que todos os pixels se comportem da forma mais semelhante possível frente às mudanças de temperatura. Ao se finalizar a montagem da câmera, será necessário efetuar o processo de calibração que consiste em multiplicar cada pixel por um ganho (convergência da inclinação) e somar um offset (convergência do deslocamento) de modo que haja uma convergência dos pixels. No processo de offset é verificado o maior valor percebido em cada pixel da cena padrão “quente”. Em seguida, a cada pixel, é somada a diferença entre os valores obtidos. O processo de offset deve ser feito normalmente a cada 25 min, aproximadamente, pois a imagem vai sempre se degradar com o tempo.

Um problema típico em FPA (focal plan array) é a existência de não uniformidades na responsividade de cada elemento-sensor na matriz, requerendo a calibração do sensor. Os valores de calibração podem mudar com o tempo e entre consecutivas calibrações.

Um outro problema importante é a correção de elementos defeituosos (pixels, linhas e colunas). Estes elementos tendem a ser permanentes, não variando com o tempo. A correção é feita em tempo real pela interpolação com elementos vizinhos conformes.

A correção de não-uniformidades é a função mais importante no processamento de imagem do equipamento. A eficiência dos algoritmos desenvolvidos podem ser o diferencial de um equipamento para outro, mesmo com um sensor de melhor desempenho.

A forma mais comum de realizar correção de não-uniformidades é através do uso de um alvo uniforme de referência. Este alvo pode estar localizado internamente na câmera ou externamente a ela. As correções das não-uniformidades são, então, realizadas através de métodos estatísticos. Esta forma apresenta algumas desvantagens:

- Muitos alvos internos são dispositivos caros e tomam espaço dentro da câmera.
- Durante o processo de calibração, o alvo de referência bloqueia a campo de visão, tornando inoperante a câmera.
- Mudanças na cena exigem uma nova calibração.
- A qualidade da calibração depende do alvo de referência.

Um método de calibração mais sofisticado é utilizar uma seqüência de vídeo ao invés de um alvo de referência uniforme. A idéia é que amostras redundantes na cena podem ser utilizadas para calcular a não-uniformidade. O algoritmo de correção pode ter duas etapas. A primeira etapa é a aplicação de um algoritmo convencional para o registro dos quadros. A segunda etapa é o cálculo de não-uniformidades por filtros.

Os modelos de correção de não-uniformidades são baseados em equações polinomiais. A correção pode ser feita através da calibração em um ponto ou em dois pontos, sendo esta a mais usual.

As correções de não-uniformidades podem ser baseadas em duas formas: correção por alvo de referência (utilizando um ou dois pontos) ou através de algoritmos de cena. O principal requisito para o algoritmo de cena é apenas um cenário relativamente estático em comparação com a freqüência de amostragem.

Outra importante função de imagem a ser desenvolvida é a de ressaltar contornos. Esta função permite o reconhecimento de alvos com maior facilidade.

O trabalho em desenvolvimento seguirá a seguinte metodologia:

- Desenvolvimento dos algoritmos de correção de não-uniformidade pelo CTE_x e de otimização de imagem (para ressaltar contornos).
- Implementação dos algoritmos em MATLAB e realização de testes pelo CTE_x.
- Disponibilização dos algoritmos desenvolvidos para a empresa Optovac inserir na unidade de processamento de imagem do equipamento de imagem térmica.

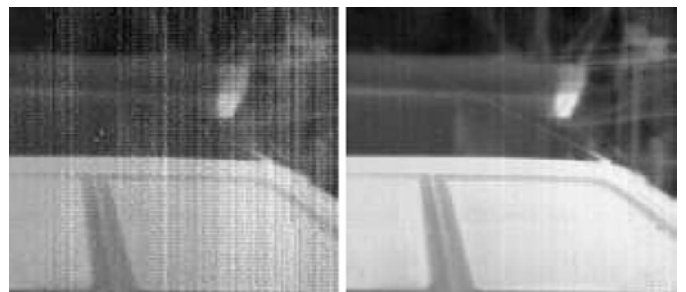


Figura 2. Exemplo de correção de não-uniformidades na imagem. Na esquerda, não há correção. Na direita, há correção.

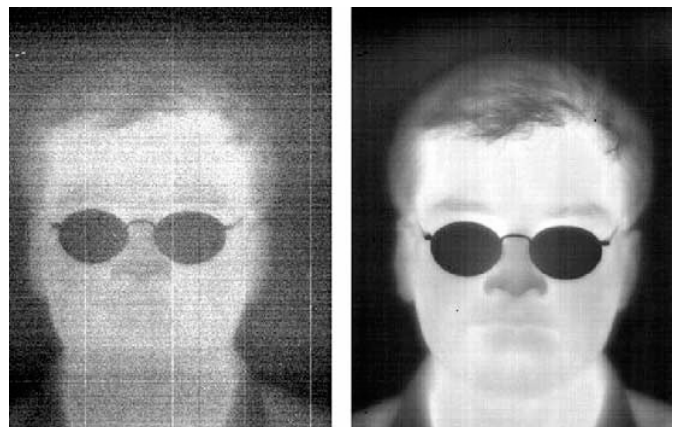


Figura 3. Exemplo de correção de não-uniformidades na imagem. Na esquerda, não há correção. Na direita, há correção.

3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DA LUNETETA DE IMAGEM TÉRMICA

- Peso (com baterias): < 1,5 kg.
- Fixação mecânica: plenamente adaptável a armas de calibre 5,56, 7,62 ou 12,7 mm (padrão NATO, MIL STD 1913, dentre outros).
- Plenamente funcional como equipamento de pontaria para armamentos de calibre 5,56 mm, 7,62 mm e 12,7 mm ou simplesmente para uso individual como monóculo de observação.
- Banda espectral: 8 – 12 μm .
- Detector tipo microbolômetro de no mínimo 320 X 240 elementos.
- Campo de visão: 15o.
- NETD: ≤ 80 mK.
- Display em LCD (640 x 480) preto e branco, com otimização em tons de cinza, com saída de vídeo padrão CCIR ou RS 170.
- Controle remoto.
- Características de alcance (para homem de 1,80 m, conforme normas MIL): > 200 m.
- Retículo digital com ajuste de calibres.
- Alimentação elétrica por meio de baterias recarregáveis, autonomia mínima de 6 h, ou com adaptador externo 12 – 32 V DC.
- Características ambientais: conforme norma MIL STD 810, temperatura de operação: -30 a +55o C, temperatura de armazenamento: -30 a + 70o C.
- Compatibilidade eletromagnética conforme norma MIL STD 461.

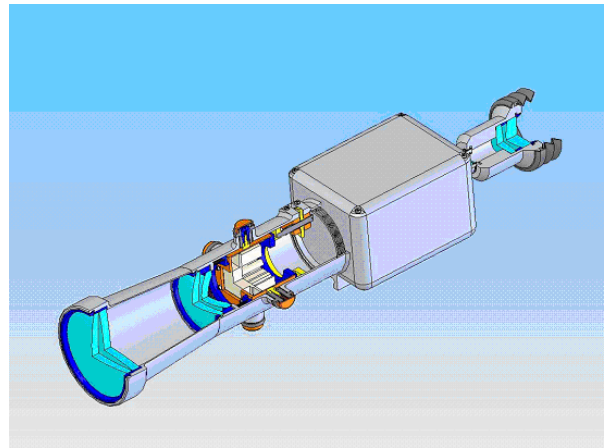


Figura 5. Vista em corte do equipamento de imagem térmica em desenvolvimento. Os componentes estão em fabricação. A lente especial de ZnSe será desenvolvida no IEAv.

4. CONCLUSÃO

É importante ressaltar que a tecnologia de EVN apresenta emprego dual. Assim como ela apresenta importantes aplicações militares, ela possui destacadas aplicações civis na vigilância, medicina, indústria ferroviária, geração e transmissão de energia, prospecção de petróleo, satélites, para citar as mais evidentes.

A filosofia de trabalho adotada tem por objetivo tornar as Forças Armadas gradualmente independentes da aquisição externa de tais equipamentos, o que representa, sem dúvida, questão de soberania nacional. Como atualmente tais equipamentos são importados, a produção nacional irá gerar mais empregos no Brasil e desonerar a balança de pagamentos.¹

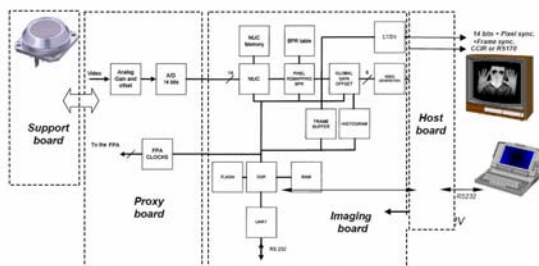


Figura 4. Diagrama em bloco do processamento de imagem do EITM.

¹ Alvaro José Damião, damião@ieav.cta.br, Tel +55-12-39475414, Fax +55-12-39441177; Ângelo Azevedo Costa Junior, aacjr@uol.com.br, Henrique Nobre, www.optovac.com.br, Ricardo Campello