

Revista

PASSADIÇO



Edição 28

Ano XXI

2008



CAAML - 65 ANOS ADESTRANDO EM TERRA E NO MAR

Radare de Abertura Sintética e Câmera Infravermelha de Visada Direta: Aplicações Operacionais



CT (EN) ALI KAMEL ISSMAEL JUNIOR

Considerações Iniciais

As tecnologias SAR (*Synthetic Aperture Radar*) e FLIR (*Forward Looking Infrared*) são extremamente importantes para o cumprimento de missões militares de reconhecimento e combate. A possibilidade de se obter imagens geradas a partir das características termais do ambiente e dos alvos (FLIR) e com alta resolução em grandes distâncias, independentemente do horário de aquisição e das condições ambientais (SAR) permitiu uma ampliação no conhecimento tático de um teatro de operações, seja a sua natureza aérea, marítima ou terrestre.

Em função das possibilidades e limitações existentes em cada sistema, a tendência atual é a utilização de sistemas multifuncionais, isto é, que aglutinam as informações geradas por mais de um sensor para a obtenção de uma imagem híbrida. A partir de algoritmos apropriados, o sistema elimina pontos sem confirmação de ambigüidade, gerando respostas mais precisas para problemas operacionais de campo.

No cenário internacional vigente, somente o domínio das tecnologias SAR e FLIR dará a independência de poder projetar e produzir esses sensores. Para analisarmos a tendência atual, vamos realizar uma breve revisão das técnicas SAR e FLIR.

Técnicas SAR e FLIR: Um Quadro Comparativo

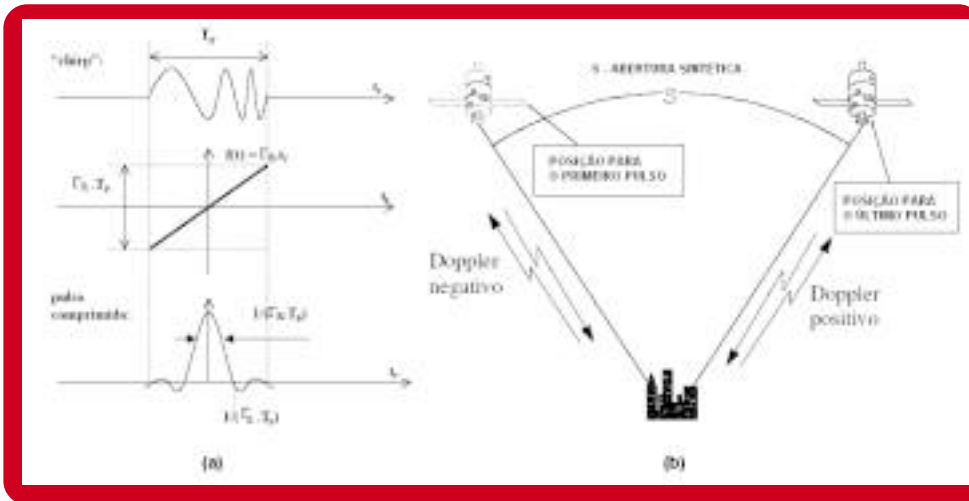
Técnica SAR

O radar convencional apresenta uma resolução espacial muito pobre, tanto em distância como em marcação. Dessa forma, foi vislumbrado o uso de técnicas de processamento de sinais que aumentam a capacidade de resolução para utilização em sistemas imageadores. Esse sistema passou a ser conhecido como Radar de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar*) ou SAR. Ele tem por base os seguintes princípios:

- É um radar coerente, ou seja, a aquisição abrange fase e amplitude do sinal eco.

- Uma vez que, para se conseguir um pulso muito curto com elevadíssima potência deve-se aumentar a sua largura, temos uma degradação da resolução em distância. Para alongar o pulso e obter uma boa resolução, utiliza-se a técnica de compressão de pulso, modulando-o em frequência ou em fase, com variação, que pode ser linear ou não, do parâmetro escolhido para a modulação.

- Para gerar uma abertura sintética, ou seja, simular uma antena com largura de feixe ampliada, utiliza-se a frequência *Doppler* gerada pelo movimento da antena em relação ao alvo, a partir da compensação coerente de cada eco, pela sua fase respectiva em razão da distância antena-



Técnica SAR:
 a) Compressão de pulso
 b) Abertura sintética

alvo. Como a resolução é, aproximadamente, a razão entre o comprimento de onda e à distância percorrida pelo SAR enquanto o objeto está no campo de visada (S), quanto mais aumentarmos sinteticamente S, maior será a resolução.

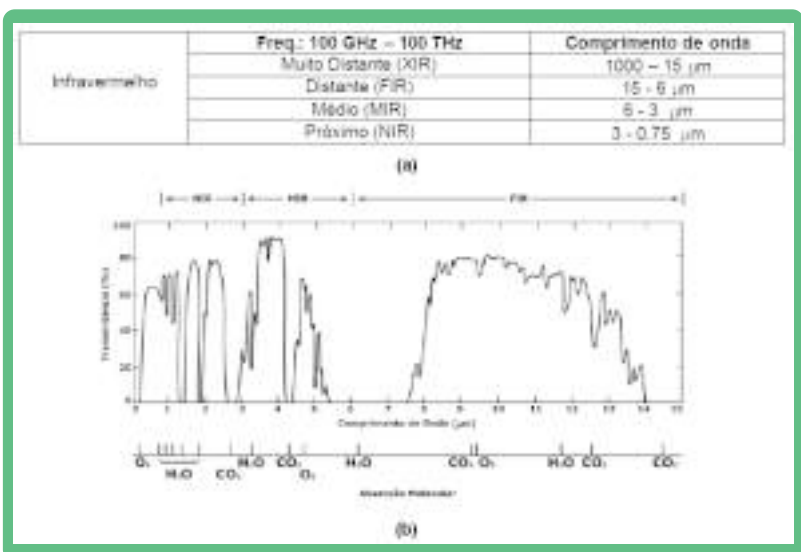
O sistema SAR distingue-se pelo fato de utilizar uma fonte de radiofrequência como elemento gerador de radiação, que, por ser ativa, pode ter seus parâmetros de frequência, polarização e ângulo de incidência escolhidos previamente pelo operador. O sinal eco do SAR depende das propriedades eletromagnéticas; da forma geométrica (relevo), de rugosidades que possuam dimensões da ordem do comprimento de onda da portadora, da frequência, da polarização e do ângulo de incidência. Desta forma, a imagem calibrada representará a refletividade da cena ou seu coeficiente de retroespalhamento.

Devido às características de penetração da onda eletromagnética, o sistema pode gerar imagens sob a presença de nuvens, neblina e chuva, em qualquer horário do dia, e, com a escolha adequada da frequência e da polarização da onda, podem ser obtidas, por exemplo, imagens ou da copa das árvores ou do solo de uma floresta.

Entretanto, o sistema possui uma baixa capacidade de detectar alvos em movimento, devido à necessidade de compensar os movimentos de *pitch*, *roll* e *yaw* da aeronave ou satélite, além dos ruídos provocados pelo processamento coerente do sinal retroespalhado e refletido, conhecidos como *speckle*. Estes fatores reduzem a capacidade de distinção e classificação



Imagens geradas pelo radar SAR-580/DLR a partir da variação da polarização do sinal transmitido



a) Divisão da faixa do infravermelho
 b) Janelas de absorção de sinais infravermelhos da atmosfera

automática da imagem.

Devido às características supracitadas, os radares SAR são empregados militarmente nas seguintes missões:

- reconhecimento por satélite ou aerotransportado em território inimigo;
- ATR (*Automatic Target Recognition*); e
- identificação de manchas de óleo no mar, denunciando a passagem de navios não autorizados.

Técnica FLIR

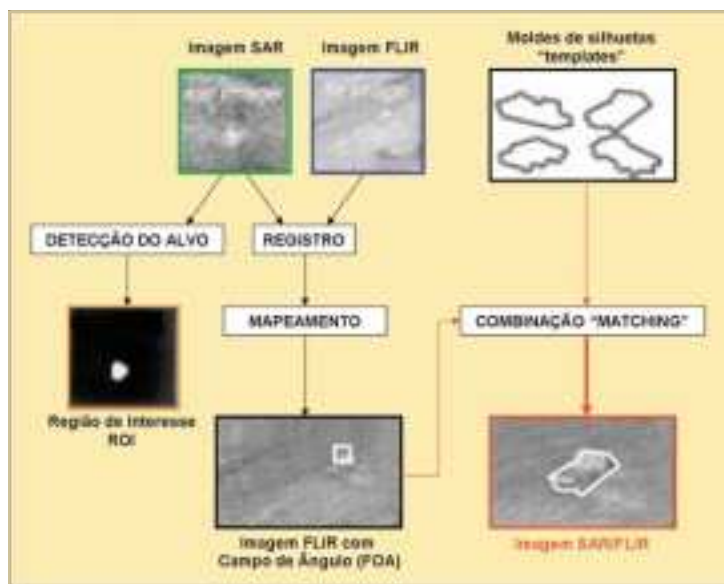
Os Sensores de Imageamento FLIR (*Forward Looking Infrared*) utilizam uma matriz (*array*) de detectores infravermelhos fotossensíveis passivos, que realizam a varredura da cena para prover uma imagem visível do padrão radiante termal detectado, discriminando os níveis de irradiação emitidos e refletidos por objetos naturais e artificiais, não necessitando, portanto, do movimento da plataforma para compor a imagem.

Esses sensores operam, normalmente, em uma faixa de comprimento de onda de 8 a 14mm, em que há uma boa janela de transmissão na atmosfera. Porém, em ambientes tropicais, eles podem utilizar a faixa de 3 a 5 microns, onde ocorre menor absorção por vapor d'água.

Os sensores FLIR possuem a grande vantagem de não necessitarem iluminar o objeto visado e, em condições ideais, possuem uma resolução que pode ser de três a seis vezes maior que a visual, permitindo uma



Imagem FLIR de meio de superfície



Fusão SAR/FLIR para sistemas automáticos de reconhecimento de alvo (ATR)

melhor discriminação entre elementos de uma cena.

Entretanto, o sistema apresenta limitações em presença de condições atmosféricas desfavoráveis, como chuva, nuvens, umidade ou neblina, devido à alteração da curva de absorção e ao maior espalhamento da energia infravermelha pela mistura de maiores concentrações de determinados gases, o que reduz consideravelmente a resolução dos sensores FLIR em comparação com o SAR.

Devido a essas características, são empregados militarmente em:

- ampliação da capacidade de visão humana;
- ATR (*Automatic Target Recognition*); e
- guiamento de armamentos e alarmes.

Fusão SAR e FLIR: Perspectiva Futura

Atualmente, para melhorar o reconhecimento e a aquisição de alvos, existe a tendência do uso de sistemas multissensores. A partir da fusão de dados de sensores que utilizam mais de uma banda de frequências, é possível verificar redundâncias que permitem a correção dos erros de discriminação das imagens geradas por apenas um único sensor. A fusão dos sistemas SAR e FLIR é uma das opções existentes para aumento da confiabilidade de sistemas associados para missões ATR. De fato, essa tecnologia já está patenteada nos EUA e nos mostra o quanto poderá ser útil e importante para

ALGUNS EXEMPLOS DO USO DA TÉCNICA DE FUSÃO DE IMAGENS SAR/FLIR.



a) Detecção da ROI pelo sistema SAR
 b) Imagem "renderizada" com a distinção da silhueta do alvo

emprego militar e comercial.

Em linhas gerais, os sistemas SAR e FLIR coexistem na mesma plataforma. Os sinais de cada sensor são processados separadamente e, por meio da seleção adequada de algoritmos e parâmetros, os dados são fundidos em uma imagem híbrida, com informações mais distintas e precisas. Os sistemas usam um sensor como um filtro para o outro.

Enquanto a detecção do alvo é mais fácil de ser realizada em uma imagem do SAR, devido à faixa dinâmica mais elevada e à melhor resposta aos objetos artificiais, a maioria dos algoritmos de reconhecimento automático de alvos é mais estável num sensor como o FLIR. Assim, as vantagens de ambos os sensores podem ser combinadas, usando a detecção da área de interesse (*Region of Interest* – ROI) na imagem SAR como parte de um foco do mecanismo de alerta para identificar a ROI correspondente em uma imagem co-registrada pelo FLIR. O ATR pode, então, ser executado dentro dessas regiões na imagem de FLIR.

Logo, o sistema completo tem baixa taxa de falso alarme, alta probabilidade de detecção (SAR) e alto nível de reconhecimento (FLIR).

Considerações Finais

Como podemos observar, o uso de técnicas SAR e FLIR é extremamente importante para os modernos sistemas de detecção. Eventuais deficiências na vigilância de espaços marítimo, aéreo e terrestre podem ser minoradas com a disposição de plataformas orbitais ou aerotransportadas dotadas de sistemas SAR, FLIR ou híbridos. Ademais, tarefas militares, como as de

reconhecimento de alvos, identificação de ameaças, geração de padrões de assinaturas termais e SAR, e civis, como controle de desmatamentos, de queimadas e da poluição causada pelo despejo de óleo em rios e mares, podem ter sua efetividade aumentada sobremaneira com o uso das tecnologias aqui retratadas.

REFERÊNCIAS

- FERNANDES, David. *Processamento Radar do Curso de Especialização em Análise de Ambiente Eletromagnético (CEAAE)*. 2006.
- JACOB, Alexsandro Machado. *SAR Image Classification Using Supervised Neural Classifiers*. 2003.
- BASTOS, Antônio Frederico. *Sistema Imageador Infravermelho Termal: Características, Descrição e Resultados, Anais do X SBSR*. INPE, Sessão Técnica Oral. 2001.
- BOSCHETTI, Cesar. *Detectores de Infravermelho – Princípios e Caracterização*. 2006.
- SHAFIQUE, Alper Yilmaz, Khurram. *Target Tracking in Airborne Forward Looking Infrared Imagery, Image and Vision Computing*. 2003.
- CHEN, Yangl. *SAR and FLIR Image Registration Method*, United States Patent 6795590. 2004.
- CHELLAPPA, Rama. *On the Positioning of Multisensor Imagery for Exploitation and Target Recognition*, *Proceedings of the IEEE*, vol.85, No. 1, pp. 120-138, 1997.