República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0709486-8 A2**

BRPI0709486A2

(22) Data de Depósito: 10/04/2007
(43) Data da Publicação: 19/07/2011
(RPI 2115)

(51) Int.Cl.:
G01S 7/495 2006.01

(54) Título: **SISTEMA DE TRANSMISSOR ELETRÔNICO DE INTERFERÊNCIA DISTRIBUÍDO**

(30) Prioridade Unionista: 10/04/2006 IL 174888, 01/04/2007 IL 182382, 01/04/2007 IL 182382, 10/04/2006 IL 174888

(73) Titular(es): Elta Systems Ltd., OPTIGO SYSTEMS LTD

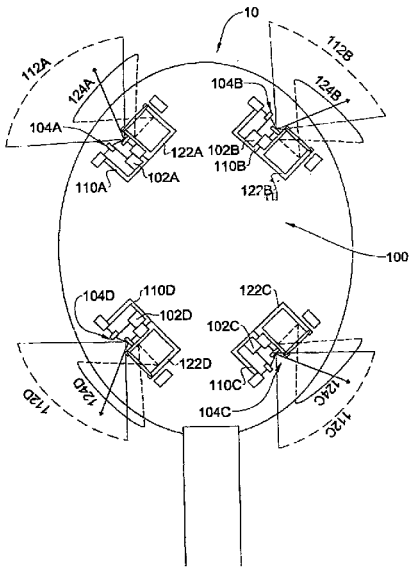
(72) Inventor(es): GIL TIDHAR, ORI APHEK, TAL GOICHMAN

(74) Procurador(es): David do Nascimento Advogados Associados

(86) Pedido Internacional: PCT IL07000451 de 10/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/116403de 18/10/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE TRANSMISSOR ELETRÔNICO DE INTERFERÊNCIA DISTRIBUÍDO. De acordo com algumas realizações da invenção, é apresentado um sistema de contramedidas infravermelho dirigido a laser (daqui por diante: "sistema de LDIRCM") montável em uma plataforma. De acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM pode incluir uma pluralidade de unidades de setor. Cada unidade de setor pode incluir pelo menos uma unidade laser e um módulo de orientação a laser. A unidade laser pode ser adaptada para gerar um feixe laser ou energia do laser que é destinada a bloquear um sistema de orientação contra uma ameaça. A unidade laser pode ser acoplada ao módulo de orientação a laser. O módulo de orientação a laser pode ser adaptado para direcionar pelo menos um feixe laser gerado pela unidade laser para uma ameaça. De acordo com um aspecto da invenção, cada unidade da pluralidade de unidades de setor é configurável para prover, quando montada na plataforma, uma capacidade de interferência no que diz respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor que está substancialmente a menos de 180 graus na horizontal. A pluralidade de unidades de setor pode ser montada na plataforma de maneira tal que cada das unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência no que diz respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. Desse modo, a capacidade de interferência contra a ameaça do sistema de LDIRCM é definida pelo agregado dos setores diferentes cobertos por cada unidade da pluralidade de unidades de setor.



CÓPIA

PCT: 0180800075590
DATA: 08/12/2008
PI-0709486-8

SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se ao campo de sistemas de contramedidas infravermelhos dirigidos a laser.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

As forças armadas dos Estados Unidos reconheceram a ameaça crescente às suas aeronaves táticas por mísseis guiados (IR) infravermelhos antiaéreos. Por uma estimativa, existem mais de 500.000 mísseis terra-ar disparados sobre o ombro existem e eles estão disponíveis no mercado em todo o mundo. A letalidade e a proliferação dos mísseis terra-ar (SAMS) IV}R foram demonstradas durante o conflito Desert Storm. Aproximadamente 80% de perdas de aeronaves de asas fixas dos Estados Unidos no Desert Storm eram dos sistemas defensivos iraquianos baseados em terra utilizando SAMS IR. Os SAMS IR e os mísseis ar-ar IR têm rastreadores com capacidades Contra-Contramedidas (CCM) incrementadas que degradam seriamente a eficácia das atuais iscas consumíveis.

Normalmente, quando uma plataforma alvo é detectada, visada, travada, e um míssil é disparado, o míssil em vôo precisa ser bloqueado eletronicamente a fim de evitar o impacto. Muitos mísseis rastreadores IR requerem um seguimento antes do lançamento e não têm a capacidade de reaquisição autônoma. Quando se tem um sistema de advertência de míssil hemisférico adequado (tal como aquele em desenvolvimento), é completamente concebível que o míssil pode ser derrubado no vôo. Uma vez que o míssil é detectado, alguma forma de técnica de interferência precisa ser implementada a fim de interromper a perseguição do míssil após a plataforma alvo. Uma abordagem consiste em utilizar uma arma de RF (dirigida da aeronave sob ataque, ou contra-lançada) para anular a eletrônica de orientação. Para os

rastreadores ópticos ou de IR que não estão "em-banda" com as armas de RF, deve ser utilizado um meio de "back door"" de acoplar a energia de RF no míssil de ataque. Tais mecanismos de "back door" existem; no entanto, eles são normalmente considerados imprevisíveis e estatisticamente diversos, diferindo por ordens da magnitude de míssil a míssil, até mesmo aqueles da mesma classe, dependendo do histórico de manutenção do míssil.

Os sistemas de contramedidas infravermelhos dirigidos [DIRCM] utilizam feixes de luz, produzidos por uma variedade de meios tais como lâmpadas de flash, para explorar o conhecimento sobre o desenho de rastreadores de varredura de retícula para anular seus mecanismos de recalada ou sistemas de orientação. Em muitos mísseis IR, uma retícula dentro do rastreador (ou sistema de orientação) fazem com que pulsos de luz da aeronave alvo "brilhem" no detector infravermelho do míssil. O detector IR detecta a radiação IR e emite um sinal elétrico ao pacote de orientação, que determina a posição do alvo e permite que o míssil rastreie a localização da aeronave alvo e o movimento através do céu. Com o brilho de uma luz modulada para o rastreador, um sistema de IRCM fornece ao detector infravermelho dados "falsos" extras, que enganam ou "bloqueiam eletronicamente" o míssil, fazendo com que ele não atinja a sua vítima pretendida.

Há mais de 3.000 sistemas de IRCM instalados em todo o mundo que protegem contra as ameaças guiadas infravermelhas. Apesar das vantagens que os sistemas de DIRCM têm, estes sistemas têm limitações que estimularam um movimento na direção de sistemas baseados em laser, tais como o sistema TADIRCM da marinha e o novo sistema LAIRCM da força aérea. O LAIRCM é construído sobre a plataforma NEMESIS DIRCM amplamente utilizada da Northrop Grumman mas substitui a

fonte de lâmpada de flash da radiação IR por uma fonte de laser.

Um conjunto de proteção baseado em DIRCM a laser (LDIRCM) contra MANPADs e outras ameaças guiadas IR inclui tipicamente: um Sistema de Advertência de Míssil (MWS) e uma unidade de Contramedida Infravermelha Dirigível a Laser (LDIRCM), a ser descrita mais adiante.

O MWS é tipicamente um sistema óptico na faixa de comprimento de onda UV ou infravermelho. Ele consiste tipicamente em um jogo de quatro a seis detectores de manipulação de imagens (módulos sensores de MWS), cada um deles cobrindo um setor em torno da plataforma. O dispositivo de manipulação de imagens é conectado tipicamente a uma unidade de processamento de sinais que analisa as imagens recebidas dos manipuladores de imagens, e decide se a imagem inclui a assinatura de um míssil. Ele também pode rastrear o míssil e fornecer informações dependentes do tempo sobre a sua posição, e pode até mesmo sugerir o tipo do míssil.

Tipicamente, o MWS consiste em um jogo de detectores de disposição de sondagem radial que são distribuídos em torno da plataforma e propiciam uma cobertura de 360 graus em torno da aeronave, e dezenas de graus acima e abaixo do horizonte. Estes detectores de disposição de sondagem radial operam normalmente no comprimento de onda UV de Cortina Solar (SBUV) ou no comprimento de onda médio-infravermelho. Também há sistemas de radar Doppler, que são muito eficazes em termos de baixo alarme falso, mas provêm uma precisão que é tipicamente demasiadamente baixa para dirigir um DIRCM rumo ao míssil.

A unidade laser inclui tipicamente: uma unidade laser na faixa de comprimento de onda da Banda IV (3-5 μm), uma unidade laser na Banda I (1,5-2,5 μm) (necessária

principalmente para mísseis de antigas gerações produzidos algum tempo simultaneamente pelo mesmo laser que aquele utilizado para a Banda IV), ratreador: um sistema térmico de manipulação de imagens na Banda IV, baseado em uma detecção criogenicamente refrigerada (tipicamente disposição de detectores InSb ou MCT), e mecanismo de direcionamento de feixe, por exemplo um cardan: um sistema de dois (ou mais) eixos que direciona a direção do laser e do rastreador para o míssil, ao dirigir o próprio laser e o próprio rastreador, ou ao dirigir um espelho que direciona o feixe (este último é normalmente conhecido como um "cardan de espelho").

O laser é normalmente uma peça cara do sistema. Tipicamente, o laser utilizado é um laser de estado sólido de alta potência ou um laser de fibra, que emite um feixe de laser pulsado no comprimento de onda tipicamente de 1 μm, que tem então o comprimento de onda alterado para a região do comprimento de onda da Banda IV ao utilizar um oscilador paramétrico óptico (OPO). Tais lasers são tipicamente grandes, caros e de baixa potência. Desse modo, o LDIRCM é baseado tipicamente em uma única unidade centralizada, onde a radiação do laser é emitida de uma única posição na aeronave. Em alguns casos extremos (por exemplo, os jatos de combate que requerem a proteção de todas as direções, ou as aeronaves onde as obscurações são demasiadamente elevadas, ou aeronaves grandes onde os motores ficam tão afastados um do outro que requerem um LDIRCM separado para cada asa), dois sistemas são instalados, mas a sua estrutura é praticamente similar a essa da unidade central.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

De acordo com algumas realizações da invenção, é apresentado um sistema de contramedidas infravermelho dirigido a laser (daqui por diante: "sistema de LDIRCM") montável em uma plataforma. Um sistema de LDIRCM, e

particularmente o sistema de LDIRCM da presente invenção, é destinado a propiciar proteção contra armas dirigidas por infravermelho (IR). Um sistema de LDIRCM, e particularmente o sistema de LDIRCM da presente invenção, pode fazer parte de um conjunto de proteção que se destina a propiciar proteção contra uma variedade de ameaças incluindo armas dirigidas por IR. No entanto, um sistema de LDIRCM de acordo com a presente invenção pode operar como um sistema autônomo que seja capaz de propiciar vários graus de proteção contra uma ameaça dirigida para uma plataforma na qual o sistema de LDIRCM é montado, e particularmente proteção contra uma ameaça que utiliza um sistema de orientação IR para visar a plataforma protegida.

De acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM pode incluir uma pluralidade de unidades de setor, por exemplo, três ou mais unidades de setor. Cada unidade de setor pode incluir pelo menos uma unidade laser e um módulo de orientação a laser. A unidade laser pode ser adaptada para gerar um feixe de laser ou energia laser que se destina a interferir eletronicamente em um sistema de orientação contra uma ameaça. A unidade laser pode ser acoplada ao módulo de orientação a laser. O módulo de orientação a laser pode ser adaptado para dirigir pelo menos um feixe de laser gerado pela unidade laser na direção de uma ameaça.

De acordo com um aspecto da invenção, cada unidade da pluralidade de unidades de setor é configurável para prover, quando montado na plataforma, uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor que esteja substancialmente menos de 180 graus na horizontal. Por exemplo, cada unidade da pluralidade de unidades de setor é configurável para prover, quando montada na plataforma, uma capacidade de interferência com respeito a

uma ameaça localizada dentro de um setor que esteja substancialmente a menos de 180 graus na horizontal para dezenas de graus na vertical. A pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada das unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. Desse modo, a capacidade de interferência da ameaça do sistema de LDIRCM é definida pelo agregado dos setores diferentes cobertos por cada unidade da pluralidade de unidades de setor.

De acordo com algumas realizações da invenção, uma pluralidade de unidades de setor de um sistema de LDIRCM pode ser montada em uma plataforma de maneira tal que cada uma das unidades de setor seja configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma, em que cada setor que é substancialmente menor de 180 graus na horizontal, desse modo causando uma capacidade de interferência coletiva que cobre substancialmente todo o perímetro da plataforma.

De acordo com um outro aspecto da invenção, o módulo de orientação de uma unidade de setor pode incluir um ou mais elementos de direcionamento de feixe girável em torno de um primeiro e um segundo eixo. A rotação do feixe do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe em torno do primeiro e do segundo eixo pode permitir o direcionamento de pelo menos um feixe de laser gerado pela unidade laser que também faz parte da unidade de setor frente a uma ameaça. O(s) elemento(s) de direcionamento de feixe pode(m) ser configurado(s) de modo que uma rotação do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe em torno de um primeiro eixo não faça com que a orientação do segundo eixo seja alterada.

De acordo com algumas realizações da invenção, uma

unidade de setor do sistema de LDIRCM pode ser montada em uma plataforma de maneira tal que um movimento do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe de um módulo de orientação a laser da unidade de setor em torno do primeiro eixo não faça com que a orientação do segundo eixo do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe com respeito da plataforma seja alterada. De acordo com outras realizações da invenção, a pluralidade de unidades de setor do sistema de LDIRCM também é configurável de maneira tal que, quando montada na plataforma, cada unidade da pluralidade de unidades de setor provê uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. De acordo ainda com outras realizações da invenção, uma unidade de setor do sistema de LDIRCM pode ser configurável de maneira tal que, quando montada na plataforma, um movimento do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe de um módulo de orientação a laser das unidades de setor provê uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor em relação à plataforma que é substancialmente menor de 180 graus na horizontal.

De acordo com outras realizações da invenção, um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma também pode incluir um módulo rastreador de ameaça. O módulo rastreador de ameaça pode ser montado na plataforma de maneira tal que, ao ser montado na plataforma, o módulo rastreador de ameaça seja configurado para rastrear uma ameaça detectada sem se mover com respeito à plataforma, enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma. O módulo rastreador de ameaça pode ser fixado rigidamente à plataforma, e o módulo rastreador de ameaça pode ser adaptado de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma, o módulo rastreador de ameaça seja configurado para rastrear

uma ameaça detectada, enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma. Deve ser apreciado que ser fixado rigidamente à plataforma significa que o módulo rastreador não se move com respeito à plataforma durante a operação. O módulo rastreador de ameaça pode ser adaptado para fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada sem que tenha que ser movido com respeito à plataforma.

De acordo com outras realizações da invenção, como partes de um sistema de LDIRCM, uma unidade de setor e um módulo rastreador de ameaça podem ser montados em uma plataforma. A unidade de setor pode ser montada na plataforma de maneira tal que seja configurada para prover uma capacidade de interferência contra ameaça com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor específico em relação à plataforma. O módulo rastreador de ameaça pode ser montado na plataforma de maneira tal que seja fixado rigidamente à plataforma, e de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma (e desse modo, não podendo se mover com respeito à plataforma), o módulo rastreador de ameaça é adaptado para rastrear uma ameaça detectada dentro de um setor específico em relação à plataforma, onde o setor de cobertura do módulo rastreador se sobrepõe, pelo menos em parte, com o setor de cobertura da unidade de setor.

De acordo com outras realizações da invenção, um módulo rastreador de ameaça pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que, além de ser fixado rigidamente à plataforma, o módulo rastreador de ameaça é fixado rigidamente a uma unidade de setor (que também é montada na plataforma). O módulo rastreador de ameaça pode ser fixado rigidamente a uma unidade de setor cujo setor de cobertura se sobrepõe, pelo menos em parte, com o setor de cobertura do módulo rastreador de ameaça. O termo "fixado rigidamente",

tal como aqui utilizado e por todo o relatório descritivo e as reivindicações, refere-se a um acessório que elimina substancialmente os erros de desalinhamento que podem resultar da torção e da flexão do corpo da plataforma em que um LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção pode ser montado. No contexto de um desalinhamento do sistema de LDIRCM, erros podem ser considerados como sendo aceitáveis (ou substancialmente eliminados) se a diferença entre uma posição de uma ameaça conforme visto pelo módulo rastreador de ameaça e conforme representado por dados de rastreamento produzidos por um módulo rastreador de ameaça, e um feixe de laser dirigido por uma unidade de setor com base nos dados de rastreamento, é menor do que a meia largura máxima total de divergência de campo distante do feixe de laser. Uma discussão mais detalhada sobre os erros de desalinhamento no contexto de um sistema de LDIRCM é fornecida a seguir. De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo rastreador de ameaça, enquanto fixado rigidamente à plataforma, pode fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada, de uma maneira tal que permita que a unidade de setor direcione um feixe de laser para a ameaça detectada, e especificamente a um sistema de orientação da ameaça detectada.

De acordo com outras realizações da invenção, um sistema de LDIRCM pode incluir uma pluralidade de módulos rastreadores de ameaça, e cada módulo da pluralidade de módulos rastreadores de ameaça, ao ser fixado rigidamente à plataforma, pode ser configurado para rastrear uma ameaça detectada enquanto a ameaça estiver dentro de um setor diferente em relação à plataforma. De acordo com algumas realizações da invenção, a pluralidade de módulos rastreadores de ameaça pode prover coletivamente uma capacidade de rastreamento de ameaça total substancialmente

em torno de todo o perímetro da plataforma. De acordo ainda com outras realizações da invenção, cada módulo da pluralidade de módulos rastreadores de ameaça também pode ser fixado rigidamente a uma unidade de setor cujo setor de cobertura se sobrepõe, pelo menos em parte, com o setor de cobertura do módulo rastreador de ameaça.

De acordo com outras realizações da invenção, um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma também pode incluir um sistema de advertência de míssil (daqui por diante: "MWS"). O MWS pode incluir uma pluralidade de módulos sensores de MWS. Um módulo sensor de MWS pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que seja fixado rigidamente à plataforma, e de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma, o módulo sensor de MWS seja adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça, enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma. De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser configurado de maneira tal que, ao ser montado em uma plataforma, além da configuração para detectar uma ameaça, o módulo sensor de MWS também pode ser adaptado para rastrear uma ameaça detectada enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma. Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode funcionar como parte de um sistema de advertência ou detecção de um míssil ou uma outra ameaça (MWS), mas também como um módulo rastreador de ameaça. De acordo ainda com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que, além de ser ficado rigidamente à plataforma, o módulo sensor de MWS é fixado rigidamente a uma unidade de setor (pelo menos uma) cujo setor de cobertura (o setor dentro do qual a unidade de setor é configurada para dirigir um feixe de laser) se

sobrepõe pelo menos parcialmente com o setor de cobertura do módulo sensor de MWS, e o módulo sensor de MWS pode ser configurado para fornecer dados de rastreamento à unidade de setor à qual é fixado rigidamente de uma maneira tal que permita que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça que está sendo rastreada pelo módulo sensor de MWS.

Deve ser apreciado que, em um sistema de LDIRCM, o uso de um módulo sensor de MWS, e especificamente uma pluralidade de módulos sensores de MWS para rastrear uma ameaça detectada e para fornecer dados de rastreamento, requer que os dados de rastreamento fornecidos pelo(s) módulo(s) de sensor de MWS sejam suficientemente precisos de modo a permitir o direcionamento de um feixe de laser (sendo um sistema de LDIRCM) em um sistema de orientação de uma ameaça (com base nos dados de rastreamento). Mais especificamente, deve ser apreciado que o uso de um módulo(s) de sensor de MWS para rastrear uma ameaça requer que o desalinhamento entre um módulo sensor de MWS como uma fonte de dados de rastreamento, e uma unidade de setor como fonte do feixe de laser que é dirigido para uma ameaça com base nos dados de rastreamento, seja suficientemente pequeno para que a unidade de setor possa dirigir um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça. Tipicamente, a fim de que a unidade de setor possa dirigir um feixe de laser a um sistema de orientação de uma ameaça com base nos dados de rastreamento recebidos do módulo sensor de MWS, a diferença entre uma posição da ameaça, conforme visto pelo módulo sensor de MWS e conforme representada pelos dados de rastreamento fornecidos pelo módulo sensor de MWS, e a direção de um feixe de laser dirigido por uma unidade de setor com base nos dados de rastreamento do módulo sensor de MWS, é menor do que a meia largura máxima total de

divergência de campo distante do feixe de laser.

De acordo com um outro aspecto da invenção, um módulo sensor de MWS também pode ser montado na plataforma de maneira tal que, quando uma ameaça é detectada dentro de um setor em relação à plataforma que está associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, o módulo sensor de MWS seja adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada de uma maneira que permita que a unidade de setor direcione um feixe de laser para um sistema de orientação da ameaça detectada, e um erro angular associado com os dados fornecidos pelo módulo sensor de MWS à unidade de setor seja substancialmente menor do que o campo distante de divergência do feixe de laser.

De acordo com algumas realizações da invenção, o erro angular que é associado com os dados fornecidos pelo módulo sensor de MWS à unidade de setor pode ser definido pelo erro entre uma direção da ameaça detectada conforme fornecido pelo módulo sensor de MWS e uma linha central do feixe de um feixe de laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor com base nos dados do módulo sensor de MWS.

De acordo com outras realizações da invenção, a pluralidade dos módulos sensores de MWS é montável na plataforma de maneira tal que cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS é configurável para prover a capacidade de detecção de ameaça e de rastreamento de ameaça dentro de um setor diferente em relação à plataforma, e a pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada uma das unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. De acordo ainda com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de

detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada e os dados fornecidos pelo módulo sensor de MWS são associados com um erro angular que é substancialmente menor do que a divergência de campo distante do feixe de laser.

De acordo com um outro aspecto da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser montado na plataforma de maneira tal que, quando uma ameaça for detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, o capo de visão instantâneo (daqui por diante: "IFOV") de cada pixel do módulo sensor de MWS é menor do que o ângulo de divergência de campo distante da meia largura máxima total (daqui por diante: "FWHM") de um feixe de laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor. Em um sistema de LDIRCM de acordo com outras realizações da invenção, o IFOV de cada pixel de um módulo sensor de MWS pode ser menor do que uma fração (por exemplo, metade) do ângulo de divergência de campo distante de FWHM de um feixe de laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor.

De acordo com algumas realizações da invenção, o IFOV de cada pixel de um módulo sensor de MWS é definido pela relação entre o número de caracteres horizontal de substancialmente cada pixel do módulo sensor de MWS dividido pelo comprimento focal da lente de manipulação de imagens do módulo sensor de MWS.

De acordo com outras realizações da invenção, a pluralidade de módulos sensores de MWS é montável na plataforma de maneira tal que cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS é configurável para prover capacidade de detecção de ameaça e de rastreamento de ameaça dentro de

um setor diferente em relação à plataforma, e a pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada uma das unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. De acordo ainda com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor possa ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada, por meio do que, enquanto a ameaça está dentro do setor de sobreposição (definido pela sobreposição entre o setor de cobertura de detecção/rastreamento do módulo sensor de MWS e o setor coberto pela unidade de setor), o IFOV de cada pixel fornecido pelo módulo sensor de MWS é menor do que o ângulo de divergência de campo distante de FWHM de um feixe de laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor.

De acordo ainda com outras realizações da invenção, o módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser para um sistema de orientação da ameaça detectada.

De acordo ainda com um outro aspecto da invenção, um sistema de LDIRCM pode incluir um módulo sensor de MWS e/ou um rastreador operável para implementar um primeiro modo e um segundo modo de operação. De acordo com algumas realizações da invenção, durante o primeiro modo de operação, o módulo sensor de MWS e/ou um módulo sensor rastreador podem ser adaptados para procurar, a uma primeira taxa de "frames"

e dentro de um primeiro "frame", um sinal que inclua uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma. Durante o segundo modo de operação, do módulo sensor de MWS e/ou um módulo sensor rastreador podem ser adaptados para definir um "subframe" dentro do primeiro "frame" em torno da assinatura detectada da ameaça e pode ser configurado para amostrar o "subframe" a uma segunda taxa de "frames" que seja substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de "frames" A posição do "subframe" dentro do "frame" pode ser atualizada de modo que se mantenha incluindo o sinal da ameaça apesar das manobras da ameaça e da plataforma.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de contramedidas de laser infravermelho dirigido (daqui por diante: sistema de "LDIRCM") montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma pluralidade de unidades de setor, em que cada unidade de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de uma ameaça; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça,

a dita pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma, e cada setor é substancialmente menor de 180 graus na horizontal, por meio do que pode ser desse modo obtida uma capacidade de interferir no míssil cobrindo substancialmente todo o perímetro da plataforma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor quando

montada na plataforma é configurável para prover uma capacidade de interferência dentro de um setor de cobertura que esteja aproximadamente a 90 graus na horizontal e dezenas de graus na vertical.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor quando montada na plataforma é configurável para prover uma capacidade de interferência dentro de um setor de cobertura que esteja aproximadamente a 60 graus na horizontal e dezenas de graus na vertical.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentada uma pluralidade de módulos rastreadores de ameaça;

e a dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é montável de maneira tal que um módulo rastreador de ameaça é fixado rigidamente à plataforma e fixado rigidamente a um setor, e de maneira tais que, ao ser fixado rigidamente à plataforma, o módulo rastreador de ameaça é adaptado para rastrear uma ameaça dentro de um setor que se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor à qual é fixado rigidamente, e também é adaptado para fornecer dados de rastreamento à unidade de setor à qual é fixado rigidamente, e em que os dados de rastreamento recebidos do módulo rastreador de ameaça que é fixado rigidamente à plataforma são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um sistema de advertência de míssil (daqui por diante: "MWS") que compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, em que cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça

dirigida para a plataforma, e cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada;

a dita pluralidade de módulos sensores de MWS é montável na plataforma de maneira tal que um módulo sensor de MWS é unido rigidamente a uma unidade de setor e adaptado para rastrear uma ameaça detectada dentro de um setor em relação à plataforma que se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor à qual o módulo sensor de MWS é fixado rigidamente,

e em que os dados de rastreamento recebidos do módulo sensor de MWS que é fixado rigidamente à unidade de setor são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor de direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um módulo de orientação a laser de cada unidade de setor que inclui um ou mais elementos de direcionamento de feixe giráveis em torno de um primeiro e um segundo eixos, desse modo permitindo que um ou mais dos ditos elementos de direcionamento de feixe direcionem pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça, e em que a dita pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que um movimento de um ou mais ditos elementos de direcionamento de feixe de um módulo de orientação a laser de cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor em torno do primeiro eixo não faça com que a orientação do segundo eixo de um ou mais ditos elementos de direcionamento de feixe mude com respeito à plataforma, e vice-versa.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um MWSs que compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, em que cada módulo da dita

pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada,

em que a dita pluralidade de unidades de setor e a dita pluralidade de módulos sensores de MWS são montáveis na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma com base nos dados de rastreamento de um módulo sensor de MWS,

e em que um módulo sensor de MWS é configurável de modo que, quando uma ameaça é detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, o erro angular entre uma posição representada pelos dados de rastreamento fornecidos pelo módulo sensor de MWS à unidade de setor e uma linha central de feixe de um feixe de laser dirigido pela unidade de setor à ameaça com base nos dados de rastreamento, é menor do que a divergência de campo distante do feixe de laser.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um MWS, em que o MWS compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, e cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada,

em que a dita pluralidade de unidades de setor e a dita pluralidade de módulos sensores de MWS são montáveis na plataforma de maneira tal que a dita pluralidade de unidades

de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma com base nos dados de rastreamento de um módulo sensor de MWS,

e em que um módulo sensor de MWS é configurável de modo que, quando uma ameaça for detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, cada pixel de um campo de vista instantâneo do módulo sensor de MWS seja menor do que a meia largura máxima total do ângulo de divergência de campo distante de um feixe de laser gerado e dirigido à ameaça pela unidade de setor.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um MWS, em que o MWS é operável para implementar um primeiro modo de operação para procurar, a uma primeira taxa de "frames" e dentro de um primeiro "frame" , um sinal que inclua uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e o dito MWS também é adaptado para implementar um segundo modo de operação para rastrear uma ameaça detectada durante o dito primeiro modo de operação, em que o segundo modo de operação inclui a definição de um "subframe" dentro do primeiro "frame" em torno da assinatura detectada da ameaça e a amostragem do "subframe" a uma segunda taxa de "frames" que é substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de "frame" s.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é associado operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não está sendo refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de

onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é adaptado para implementar um primeiro modo de operação para procurar, a uma primeira taxa de "frames" e dentro de um primeiro "frame" , um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, em que o dito módulo rastreador de ameaça também é adaptado para implementar um segundo modo de operação para rastrear uma ameaça detectada durante o dito primeiro modo de operação, e o segundo modo de operação inclui a definição de um "subframe" dentro do primeiro "frame" em torno da assinatura detectada da ameaça e a amostragem do "subframe" a uma segunda taxa de "frames" que é substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de "frame" s.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é associada operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não é refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um MWS, em que o MWS inclui pelo menos uma unidade de detecção de ameaça de radar.

De acordo com determinadas realizações da invenção, os elementos de direcionamento de feixe incluem dois espelhos para refletir um feixe de laser incidente na superfície dos mesmos, e cada espelho é acoplado a um motor de rotação.

De acordo com determinadas realizações da invenção, o módulo de orientação a laser inclui pelo menos dois motores

lineares e um espelho de modo a permitir o direcionamento de um feixe de laser a uma ameaça.

De acordo com determinadas realizações da invenção, a unidade laser inclui um laser semicondutor que é configurável para prover um feixe de laser a um comprimento de onda entre 3 e 5 μm.

De acordo com determinadas realizações da invenção, a unidade laser inclui um laser selecionado de um grupo que consiste em: um laser de cascata de quantum; um laser de cascata interbandas; um laser semicondutor externamente bombardeado que é configurável para prover um feixe de laser a um comprimento de onda entre 3 e 5 μm.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma, o qual compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de uma ameaça;

uma pluralidade de unidades de setor em que cada unidade de setor compreende um módulo de orientação a laser, e o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça,

uma pluralidade de módulos rastreadores de ameaça;

em que a dita pluralidade unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma,

e a dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é montável de maneira tal que um módulo rastreador de ameaça é fixado rigidamente à plataforma e fixado rigidamente

a um setor, e de maneira tal que, enquanto é fixado rigidamente à plataforma, o módulo rastreador de ameaça é adaptado para rastrear uma ameaça dentro de um setor que se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor à qual é fixado rigidamente, e também é adaptado para fornecer rastrear dados à unidade de setor à qual é fixado rigidamente,

e em que os dados de rastreamento recebidos do módulo rastreador de ameaça que é fixado rigidamente à plataforma são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é associado operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não é refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, o rastreador inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é adaptado para implementar um primeiro modo de operação para procurar, a uma primeira taxa de "frames" e dentro de um primeiro "frame" , um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, em que o dito módulo rastreador de ameaça também é adaptado para implementar um segundo modo de operação para rastrear uma ameaça detectada durante o dito primeiro modo de operação, e o segundo modo de operação inclui a definição de um "subframe" dentro do primeiro "frame" em torno da assinatura detectada da ameaça e a amostragem do "subframe" a uma

segunda taxa de "frames" que é substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de "frame" s.

De acordo com determinadas realizações da invenção, também é apresentado um MWS, em que o MWS inclui pelo menos uma unidade de detecção de ameaça de radar.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma pluralidade de unidades de setor, em que cada uma das ditas unidades de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de míssil; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça;

um sistema de advertência de míssil (daqui por diante: "MWS") que compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, em que cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada;

em que a dita pluralidade de unidades de setor é montável na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma,

a dita pluralidade de módulos sensores de MWS é montável na plataforma de maneira tal que um módulo sensor de MWS é fixado rigidamente a uma unidade de setor e adaptado para rastrear uma ameaça detectada dentro de um setor em

relação à plataforma que se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor à qual o módulo sensor de MWS é fixado rigidamente,

e em que os dados de rastreamento recebidos do módulo sensor de MWS que é fixado rigidamente à unidade de setor são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é associado operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não é refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma pluralidade de unidades de setor, em que cada uma das ditas unidades de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de míssil; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça;

o módulo de orientação a laser inclui um ou mais elementos de direcionamento de feixe girável em torno de um primeiro e um segundo eixos, desse modo permitindo que um ou mais ditos elementos de direcionamento de feixe direcionem pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça,

em que a dita pluralidade de unidades de setor é

montável na plataforma de maneira tal que um movimento de um ou mais ditos elementos de direcionamento de feixe de um módulo de orientação a laser de cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor em torno do primeiro eixo não faça com que a orientação do segundo eixo de um ou mais ditos elementos de direcionamento de feixe mude com respeito à plataforma, e vice-versa.

De acordo com determinadas realizações da invenção, os elementos de direcionamento de feixe incluem dois espelhos para refletir um feixe de laser incidente na superfície dos mesmos, e cada espelho é acoplado a um motor de rotação.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma pluralidade de unidades de setor montável em uma plataforma, em que cada uma das ditas unidades de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de míssil; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça;

um MWSs que compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, em que cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e cada módulo da dita pluralidade dos ditos módulos sensores de MWS também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada,

a dita pluralidade de unidades de setor e a dita pluralidade de módulos sensores de MWS são montáveis na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover

uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma com base nos dados de rastreamento de um módulo sensor de MWS,

e em que um módulo sensor de MWS é configurável de modo que, quando uma ameaça é detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, o erro angular entre uma posição de uma ameaça conforme representada pelos dados de rastreamento fornecidos pelo módulo sensor de MWS à unidade de setor e uma linha central do feixe de um feixe de laser dirigido pela unidade de setor para a ameaça com base nos dados de rastreamento é menor do que a divergência de campo distante do feixe de laser.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é associado operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não é refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM a laser montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma pluralidade de unidades de setor montável em uma plataforma, em que cada uma das ditas unidades de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de míssil; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos o feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça;

um MWS que compreende uma pluralidade de módulos sensores de MWS, em que cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, e também é adaptado para rastrear uma ameaça detectada,

em que a dita pluralidade de unidades de setor e a dita pluralidade de módulos sensores de MWS são montáveis na plataforma de maneira tal que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma com base nos dados de rastreamento um módulo sensor de MWS,

e em que um módulo sensor de MWS é configurável de modo que, quando uma ameaça for detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor unidade da dita pluralidade de unidades de setor, um campo de vista instantâneo de cada pixel do módulo sensor de MWS seja menor do que a meia largura máxima total do ângulo de divergência de campo distante de um feixe de laser gerado e dirigido à ameaça pela unidade de setor.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS é associado operativamente com um refrigerador termoelétrico ou não é refrigerado ativamente de maneira nenhuma.

De acordo com determinadas realizações da invenção, cada módulo da dita pluralidade de módulos sensores de MWS inclui um detector de SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

De acordo com um aspecto da invenção, é apresentado um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma, o qual compreende:

uma ou mais unidades de setor, em que cada uma ou mais das ditas unidades de setor compreende:

pelo menos uma unidade laser para interferir eletronicamente em um sistema de orientação de uma ameaça; e

um módulo de orientação a laser, em que o módulo de orientação a laser é adaptado para direcionar pelo menos um feixe de laser gerado pela dita unidade laser a uma ameaça;

um MWS operável para implementar um primeiro modo de operação para procurar, a uma primeira taxa de "frames" e dentro de um primeiro "frame" , um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma, em que o dito MWS também é adaptado para implementar um segundo modo de operação para rastrear uma ameaça detectada durante o dito primeiro modo de operação, e o segundo modo de operação inclui a definição de um "subframe" dentro do primeiro "frame" em torno da assinatura detectada da ameaça e a amostragem do "subframe" a uma segunda taxa de "frames" que é substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de "frame" s.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A fim de compreender a invenção e ver como ela pode ser realizada na prática, uma realização preferida será descrita agora, apenas a título de exemplo não-limitador, com referência aos desenhos anexos, nos quais:

a FIGURA 1 é uma vista isométrica de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, montado em uma plataforma;

a FIGURA 2A é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção e de um módulo sensor de MWS que é associado com a unidade de setor de acordo com outras realizações da invenção;

a FIGURA 2B é uma ilustração de um diagrama de

blocos de uma unidade de setor e um módulo sensor de MWS associado que são fixados rigidamente um no outro e a um chassi comum, de acordo com algumas realizações da invenção;

a FIGURA 3 é uma ilustração simplificada de um diagrama de blocos de uma unidade laser que é diretamente modulada de acordo com algumas realizações da invenção versus uma unidade laser que é modulada externamente;

a FIGURA 4 é uma ilustração de um diagrama de blocos de um conjunto de dois espelhos que podem ser utilizados como parte de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção;

a FIGURA 5, que é uma ilustração de um diagrama de blocos de um conjunto que inclui um espelho montado em dois pólos, pelo menos um dos quais é configurável para mudar o seu comprimento eficaz e desse modo girar o espelho, e o conjunto faz parte de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção;

a FIGURA 6A é uma ilustração gráfica de um campo de visão instantâneo de um pixel em uma disposição de sensores que pode fazer parte de um módulo sensor de MWS ou como parte de uma disposição de sensores que faz parte de um sensor rastreador de uma ameaça designada, de acordo com algumas realizações da invenção;

a FIGURA 6B é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma divergência de um feixe de laser que pode ser gerado por uma unidade de setor que faz parte de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção; e

a FIGURA 6C é um gráfico que ilustra o ângulo de divergência do feixe de laser mostrado na FIGURA 6B.

Deve ser apreciado que, para as finalidades de simplificação e clareza de ilustração, os elementos mostrados

nas figuras não foram necessariamente desenhados em escala. Por exemplo, as dimensões de alguns dos elementos podem estar exageradas em relação a outros elementos para maior clareza. Além disso, onde considerado apropriado, as referências numéricas podem ser repetidas entre as figuras para indicar elementos correspondentes ou análogos.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Na seguinte descrição detalhada, numerosos detalhes específicos são apresentados a fim de propiciar uma compreensão completa da invenção. No entanto, deve ser compreendido pelos elementos versados na técnica que a presente invenção pode ser praticada sem estes detalhes específicos. Em outros exemplos, métodos, procedimentos e componentes bem conhecidos não foram descritos em detalhes de modo a não obscurecer a presente invenção.

A menos que esteja indicado especificamente de alguma outra maneira, conforme é aparente a partir das seguintes discussões, deve ser apreciado que por todo o relatório descritivo as discussões que utilizam termos tais como "processamento", "computação", "cálculo", "determinação", "geração", "atribuição" ou algo do gênero, referem-se à ação e/ou aos processos de um computador ou um sistema computadorizado, ou um dispositivo de computação eletrônico similar, que manipula e/ou transforma os dados representados como físicos, tais como eletrônicos, quantidades dentro dos registros e/ou das memórias do sistema de computação, em outros dados representados similarmente como quantidades físicas dentro dos registros e memórias do sistema de computação ou outros tais dispositivos de armazenamento, transmissão ou exibição de informações.

As realizações da presente invenção podem incluir aparelhos para executar as presentes operações. Este aparelho pode ser especialmente construído para as finalidades

desejadas, ou pode compreender um computador de finalidade geral seletivamente ativado ou reconfigurado por um programa de computador armazenado no computador. Tal programa de computador pode ser armazenado em uma mídia de armazenamento que pode ser lida por computador tal, como, mas sem ficar a eles limitada, qualquer tipo de disco incluindo discos flexíveis, discos ópticos, CD-ROMs, discos magnéticos-ópticos, memórias só de leitura (ROM), memórias de acesso randômico (RAMs), memórias só de leitura eletricamente programáveis (EPROMs), memórias só de leitura eletricamente apagáveis e programáveis (EEPROMs), cartões magnéticos ou ópticos, ou qualquer outro tipo de mídia apropriada para armazenar instruções eletrônicas, e que pode ser acoplada a um bloqueio do sistema computadorizado.

Os processos e as exposições aqui apresentados não estão inerentemente relacionados a nenhum computador particular ou um outro aparelho. Vários sistemas de finalidades gerais podem ser utilizados com programas de acordo com os presentes preceitos, ou pode provar ser conveniente a construção de um aparelho mais especializado para executar o método desejado. A estrutura desejada para uma variedade destes sistemas irá aparecer na descrição a seguir. Além disso, as realizações da presente invenção não são descritas com referência a nenhuma linguagem de programação particular. Deve ser apreciado que uma variedade de linguagens de programação pode ser utilizada para implementar os preceitos da invenção tal como aqui descrito.

Agora é feita referência à FIGURA 1, que é uma ilustração gráfica isométrica de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção montado em uma plataforma. Na FIGURA 1, e de acordo com algumas realizações da invenção, é mostrado um sistema de LDIRCM 100 que inclui uma pluralidade de unidades de setor 110A-110D montadas em

uma plataforma 10. De acordo com algumas realizações da invenção, cada unidade de setor pode incluir pelo menos uma unidade laser 102A-102D e um módulo de orientação a laser 104A-104D. A unidade laser de cada unidade de setor pode ser adaptada para gerar um feixe de laser ou energia laser que seja destinada a interferir eletronicamente em um sistema de orientação de uma ameaça. A unidade laser pode ser acoplada ao módulo de orientação a laser. O módulo de orientação a laser de cada unidade de setor pode ser adaptado para direcionar pelo menos um feixe de laser gerado pela unidade laser a uma ameaça. Os componentes de uma unidade de setor serão discutidos em maiores detalhes mais adiante, particularmente com referência à FIGURA 2.

De acordo com um aspecto da invenção, cada unidade da pluralidade de unidades de setor 110A-110D é configurável para prover, quando montada em uma plataforma 10, uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor 112A-112D, respectivamente, que esteja substancialmente a menos de 180 graus na horizontal. O setor de cobertura de cada das unidades de setor 110A-110D pode ser da ordem de dezenas de graus na vertical, por exemplo. De acordo com um exemplo, na FIGURA 1, quatro unidades de setor 110A-110D são incluídas em um sistema de LDIRCM 100 que é montado na plataforma 10. Cada uma das unidades de setor montadas na plataforma 10 é configurada para prover uma capacidade de interferência a laser com respeito à ameaça localizada dentro de um setor de 100° X 90° em relação à plataforma 10. Deve ser apreciado que o LDIRCM ilustrado pela FIGURA 1 é somente um exemplo de uma implementação de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. Além disso, muitas variações no sistema de LDIRCM mostrado em FIGURA 1 podem estar dentro do âmbito da invenção incluindo, mas sem ficar a eles limitadas,

o número de unidades de setor que são montadas em uma plataforma como parte de um sistema de LDIRCM, e o tamanho do setor de cobertura de cada unidade da pluralidade de unidades de setor que fazem parte de um sistema de LDIRCM.

Ainda de acordo com algumas realizações da invenção, a pluralidade de unidades de 110A-110D pode ser montada na plataforma 10 de maneira tal que cada uma das unidades de setor seja configurada para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma 10, e na FIGURA 1 cada um dos setores 112A-112D é coberto por uma unidade de setor diferente. Deve ser apreciado que mesmo que exista alguma sobreposição entre dois ou mais setores de cobertura de unidades de setor, os setores de cobertura podem ser considerados como sendo setores diferentes. Também deve ser apreciado um determinado grau de sobreposição entre setores de cobertura diferentes de unidades de setor diferentes pode ser desejável. Por exemplo, a presença de algum grau de sobreposição entre os setores de cobertura pode ser utilizada para compensar as imprecisões da instalação. Além disso, de acordo com determinadas realizações da invenção, duas ou mais unidades de setor podem ser montadas na plataforma, por exemplo, de maneira tal que de cada uma das duas (ou mais) unidades de setor propiciem uma cobertura de reserva para pelo menos uma parte do setor de cobertura associado com a(s) outra(s) unidade(s) de setor (por exemplo, no caso de falha) e/ou, de acordo com um outro exemplo, as unidades de setor podem ser utilizadas simultaneamente quando a ameaça está dentro do setor de sobreposição, podendo prover uma maior proteção dentro dos sub-setores de cobertura comuns.

Um sistema de LDIRCM 100 de acordo com algumas realizações da invenção pode permitir a montagem de uma pluralidade de unidades de setor 110A-110D em torno da

plataforma 10, de maneira tal que cada das unidades de setor forme um setor de cobertura diferente 112A-112D em torno da plataforma 10, fazendo com que uma capacidade de interferência da ameaça seja definida pelo agregado dos setores de cobertura diferentes. Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, uma pluralidade de unidades de setor 110A-110D de um sistema de LDIRCM 100 pode ser montada em uma plataforma 10 de maneira tal que cada uma das unidades de setor seja configurável para prover uma capacidade de interferência com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma 10, e cada setor está substancialmente a menos de 180 graus na horizontal, acarretando uma capacidade de interferência a ameaça coletiva que cobre substancialmente todo o perímetro cheio 114 da plataforma 10 (tipicamente, 360 graus).

De acordo ainda com outras realizações da invenção, a pluralidade de unidades de setor 110A-110D pode ser montada na plataforma 10 de maneira tal que a pluralidade de unidades de setor seja distribuída em torno da plataforma. A pluralidade de unidades de setor 110A-110D pode ser distribuída em torno da plataforma 10 de maneira tal que cada unidade da pluralidade de unidades de setor forme um setor de cobertura diferente 112A-112D em torno da plataforma 10. Conforme acima mencionado, cada setor pode estar substancialmente a menos de 180 graus na horizontal, e a cobertura total propiciada pela pluralidade de unidades de setor pode prover a capacidade de interferência da ameaça em torno de todo o perímetro 114 da plataforma.

Tendo sido descrito resumidamente um aspecto da invenção e algumas realizações que estão relacionadas ao primeiro aspecto da invenção, agora é apresentada uma descrição de um aspecto adicional da presente invenção. Um

LDIRCM 100 de acordo com algumas realizações da invenção pode incluir adicionalmente uma pluralidade de módulos rastreadores 122A-122D. Cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser montado na plataforma 10 de maneira tal que, ao ser montado na plataforma, o módulo rastreador de ameaça é configurada para rastrear uma ameaça detectada sem se mover com respeito à plataforma 10, enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico 124A-124D em relação à plataforma 10. Cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser ficado rigidamente à plataforma, e cada um dos módulos rastreadores de ameaça pode ser adaptado de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma 10, o módulo rastreador de ameaça é configurado para rastrear uma ameaça detectada enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico 124A-124D em relação à plataforma. Cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser adaptado para fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada, sem que tenha que se mover com respeito à plataforma 10.

De acordo com outras realizações da invenção, cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser montado na plataforma 10 de maneira tal que seja fixada rigidamente à plataforma 10, e de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma 10 (e desse modo, não tendo que se mover com respeito à plataforma), o módulo rastreador de ameaça seja adaptado para rastrear uma ameaça detectada dentro de um setor específico em relação à plataforma 10. O setor de cobertura do módulo rastreador pode se sobrepor, pelo menos em parte, com o setor de cobertura de uma ou mais unidades de setor que também é (são) montada(s) na plataforma. O módulo rastreador de ameaça pode ser adaptado para fornecer os dados de rastreamento à unidade de setor cujo setor de cobertura inclui a posição da ameaça.

De acordo com uma realização da invenção, cada módulo de uma pluralidade de módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser montado na plataforma 10 de maneira tal que seja adaptada para detectar uma ameaça dentro de um setor que se sobrepõe substancialmente com um setor de cobertura de uma unidade da pluralidade de unidades de setor 110A-110D (que podem ser montadas na plataforma 10 junto com os módulos rastreadores de ameaça 122A-122D). Por exemplo, na FIGURA 1, cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D que são montados na plataforma 10 tem um setor de cobertura 124A-124D, respectivamente, que se sobrepõe quase completamente (e desse modo, se sobrepõe pelo menos parcialmente) com o setor de cobertura 112A-112D, respectivamente, das unidades de setor 110A-110D, respectivamente. Cada módulo da pluralidade de módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser configurado para fornecer a cada unidade de setor 122A-122D correspondente os dados de rastreamento, tal como será descrito maiores detalhes a seguir.

De acordo com outras realizações da invenção, cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que, além de ser fixado rigidamente à plataforma 10, o módulo rastreador de ameaça é fixado rigidamente a uma unidade de setor (que também é montada na plataforma). O módulo rastreador de ameaça pode ser fixado rigidamente a uma unidade de setor cujo setor de cobertura se sobrepõe, pelo menos em parte, com o setor de cobertura do módulo rastreador de ameaça. Na FIGURA 1, tal como acima mencionado, há uma sobreposição substancialmente completa entre o setor de cobertura de cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D e o setor de cobertura de cada das unidades correspondentes 110A-110D. Consequentemente, na FIGURA 1, e de acordo com algumas realizações da invenção, cada um dos módulos rastreadores de

ameaça 122A-122D pode ser fixado rigidamente a uma respectiva unidade da pluralidade de unidades de setor 110A-110A. Cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122D pode ser fixado rigidamente a uma respectiva unidade da pluralidade de unidades de setor 110A-110D de uma maneira que elimine substancialmente os erros de desalinhamento entre o módulo rastreador de ameaça e a respectiva unidade de setor. As expressões "fixado rigidamente" e "os erros de desalinhamento" foram discutidas em maiores detalhes acima.

De acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM 100 montável em uma plataforma 10 pode incluir adicionalmente um sistema de advertência de míssil 120 (daqui por diante: "MWS"). O MWS 120 pode incluir uma pluralidade de módulos sensores de MWS. Um módulo sensor de MWS pode ser montado em uma plataforma 10 de maneira tal que seja fixado rigidamente à plataforma 10, e de maneira tal que, ao ser fixado rigidamente à plataforma 10, o módulo sensor de MWS é adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça, enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma 10. De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser configurado de maneira tal que, ao ser montado em uma plataforma, além da configuração para detectar uma ameaça, o módulo sensor de MWS também pode ser adaptado para rastrear uma ameaça detectada enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma. Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode funcionar como parte de um sistema de advertência ou detecção de míssil ou uma outra ameaça (MWS) 120, mas também como um módulo rastreador de ameaça.

Por exemplo, na FIGURA 1, e de acordo com algumas realizações da invenção, cada um dos módulos rastreadores de ameaça 122A-122B é realmente um módulo sensor de MWS (e vice-

versa). Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS pode ser adaptado para rastrear uma ameaça detectada enquanto a ameaça estiver dentro de um setor específico em relação à plataforma (além de poder detectar a ameaça). Para finalidades de conveniência, na seguinte descrição de algumas realizações da invenção, um módulo rastreador de ameaça é descrito como sendo implementado como parte de um módulo sensor de MWS que tenha capacidade de fornecer dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada (além de ser adaptado para detectar a ameaça), e similarmente uma pluralidade de módulos rastreadores de ameaça é descrita como sendo implementada como parte de uma pluralidade de módulos sensores de MWS correspondentes. No entanto, deve ser apreciado que outras realizações da invenção não ficam limitadas a esta implementação específica, e que um módulo rastreador de ameaça pode ser implementado de outras maneiras, inclusive através de um componente distinto que opera como uma unidade autônoma (que fornece os dados de rastreamento a uma unidade de setor).

De acordo ainda com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que, além de ser fixado rigidamente à plataforma, o módulo sensor de MWS seja fixado rigidamente a uma unidade de setor (pelo menos uma) cujo setor de cobertura (o setor dentro do qual a unidade de setor é configurada para dirigir um feixe de laser) se sobrepõe pelo menos parcialmente com o setor de cobertura do módulo sensor de MWS, e o módulo sensor de MWS pode ser configurado para fornecer dados de rastreamento à unidade de setor à qual é fixado rigidamente de uma maneira tal que permite que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça que está sendo seguido pelo módulo sensor de MWS.

Por exemplo, na FIGURA 1 e de acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de MWS 120 pode incluir quatro módulos sensores de MWS 122A-122D. Cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D pode ser montado na plataforma 10, de maneira tal que seja configurado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça que é dirigida para a plataforma 10. Cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D pode ser montado na plataforma 10, de maneira tal que o módulo sensor de MWS seja configurado para detectar uma ameaça enquanto a ameaça estiver dentro de um determinado setor em relação à plataforma 10. Cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS pode ser configurado para operar dentro de um setor de cobertura diferente (setores 124A-124D), embora possa existir alguma sobreposição entre os setores diferentes (124A-124D). Mais detalhes com respeito a um MWS e com respeito a um módulo sensor de MWS e os componentes dos mesmos serão fornecidos a seguir.

Conforme acima mencionado, de acordo com algumas realizações da invenção cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D pode ter uma funcionalidade dupla e pode ser utilizado como um módulo sensor de MWS comum, para detectar um sinal que inclua uma assinatura de uma ameaça, mas também como um módulo rastreador de ameaça que tenha capacidade de rastrear uma ameaça detectada e de fornecer os dados de rastreamento a uma unidade de setor de uma maneira que permite que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça. Cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS pode ser fixado rigidamente à plataforma 10 e pode prover tanto a função de detecção quanto a função de rastreamento enquanto é fixado rigidamente à plataforma, e desse modo não se movendo com respeito à plataforma durante a operação. Cada módulo da

pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D que são fixados rigidamente à plataforma pode ser adaptado para prover as capacidades de detecção de ameaça e rastreamento da ameaça dentro de um setor específico em relação à plataforma 10. Deve ser apreciado tipicamente que o setor de cobertura de detecção de um módulo sensor de MWS deve ser substancialmente idêntico ao setor de rastreamento de cobertura do módulo sensor de MWS. No entanto, a presente invenção não fica limitada neste respeito e alguma diferença pode existir entre os setores de cobertura de detecção e rastreamento oferecidos por um módulo sensor de MWS.

Conforme acima mencionado, de acordo com algumas realizações da invenção, uma pluralidade de unidades de setor podem também pode ser montada em uma plataforma, e cada unidade de setor pode ser configurável para prover capacidades de interferência a laser com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma 10. De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS da dita pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D pode ser montado na plataforma 10 de maneira tal que seja fixado rigidamente a uma ou mais das unidades de setor. Por exemplo, na FIGURA 1, o módulo sensor de MWS 122A é fixado rigidamente à unidade de setor 110A, o módulo sensor de MWS 122B é fixado rigidamente à unidade de setor 110B, o módulo sensor de MWS 122C é fixado rigidamente à unidade de setor 110C e o módulo sensor de MWS 122D é fixado rigidamente à unidade de setor 110D.

Conforme acima mencionado, cada módulo da pluralidade de módulos sensores de MWS 122A-122D, quando é fixado rigidamente à plataforma 10, pode ser adaptado para prover as capacidades de detecção de ameaça e rastreamento de ameaça dentro de um setor específico 124A-124D, respectivamente, em relação à plataforma 10. De acordo ainda

com outras realizações invenção, um módulo sensor de MWS pode ser fixado rigidamente à plataforma de maneira tal que seja configurável para prover capacidades de rastreamento de ameaça dentro de um setor em relação à plataforma que se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de interferência coberto por uma unidade de setor à qual o módulo sensor de MWS é fixado rigidamente.

Antes de partir para uma descrição mais detalhada dos componentes de um sistema de LDIRCM de acordo com as realizações da invenção, agora é fornecida uma descrição de algumas vantagens que podem ser proporcionadas por várias realizações do sistema de LDIRCM distribuído e também uma descrição de alguns dos conceitos inovadores que tornam possível o benefício destas e/ou outras vantagens.

Um sistema de LDIRCM 100 que inclui uma pluralidade de unidades de setor 110A-110D, cada uma delas incluindo uma ou mais unidades laser 102A-102D, respectivamente, com capacidade de interferir eletronicamente em um sistema de orientação de uma ameaça, pode proporcionar algumas vantagens em relação aos sistemas de LDIRCM típicos que incluem somente uma ou duas unidades laser (uma unidade laser no contexto de um sistema de LDIRCM típico corresponde a uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com a presente invenção). As vantagens fornecidas por um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor podem incluir, mas sem ficar a elas limitadas, as seguintes:

Uma primeira vantagem de um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor é associada com o tamanho pequeno do setor que precisa ser coberto por cada unidade de setor (enquanto é mantida a cobertura completa do perímetro) e a possibilidade de utilizar um rastreador que não precise se mover junto com a unidade laser (ou que o FOV do rastreador se move junto com o feixe de laser gerado pela

unidade laser).

Normalmente, em um sistema de LDIRCM típico o setor de cobertura de uma unidade laser é relativamente grande, por exemplo, de aproximadamente 180 graus ou mais no caso de duas unidades laser (que podem se usar um único laser central e um comutador entre as duas unidades laser) serem utilizadas ou aproximadamente 360 graus quando uma única unidade laser é utilizada. Tipicamente, é provido um sensor de rastreamento é que precise ter a capacidade de rastrear uma ameaça detectada por todo o setor de cobertura inteiro da unidade laser com a qual é associado. A fim de prover uma cobertura de rastreamento dentro do setor de cobertura inteiro da unidade laser, o sensor de rastreamento é tipicamente montado ou acoplado a um módulo de orientação da unidade laser, de maneira tal que, quando o sensor de rastreamento tiver um campo de visão relativamente limitado em comparação ao setor de cobertura da unidade laser, ele pode ser dirigido para a posição aproximada da ameaça e pode efetuar um "ajuste fino" do rastreamento da ameaça detectada, de modo que a unidade laser possa dirigir um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça. Realmente, o papel do sensor de rastreamento é tipicamente compensar o desalinhamento entre o sensor que detectou a ameaça (e forneceu os dados iniciais com respeito à posição da ameaça), e a unidade laser.

Deve ser apreciado que a montagem do sensor de rastreamento nos cardans impõe uma carga adicional nos cardans e aumenta o tamanho e o peso da unidade laser. A carga adicional pode afetar o desempenho dos cardans (por exemplo, aumenta o tempo de resposta, aumenta o tempo de reciclagem de uma ameaça ao tempo seguinte), aumenta o desgaste dos cardans e afeta a confiabilidade dos cardans. Uma vez que um sensor de rastreamento típico requer geralmente uma unidade de refrigeração, a qual deve

tipicamente ser montada nos cardans junto com o sensor de rastreamento, a carga nos cardans pode ser ainda mesmo mais elevada e os efeitos da carga ainda piores. Além disso, a abertura de um rastreador da banda IV pode ser tipicamente significativamente maior do que a abertura do laser, e o FOV do rastreador pode ser tipicamente mais largo do que a divergência do feixe de laser. Estes dois atributos do rastreador da banda IV podem acarretar um requisito de que um cardan de espelho ou um outro mecanismo de direcionamento de feixe que seja responsável pelo direcionamento de feixe do rastreador seja significativamente maior e mais complexo do que um mecanismo de direcionamento de feixe para somente o feixe de laser. Deve ser apreciado que a referência aos cardans é feita a título de exemplificação, e que outros tipos de elementos de direcionamento de feixe também podem ser afetados negativamente pela montagem de um sensor de rastreamento e componentes associados sobre o mesmo.

O setor de cobertura menor que precisa ser provido por uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção permite um desenho que não requeira que o sensor seja montado ou acoplado operativamente aos elementos de direcionamento de feixe. Pelo contrário, de acordo com algumas realizações da invenção, pode ser provido um sensor rastreador de ameaça que é fixado rigidamente à plataforma. De acordo com algumas realizações da invenção, uma sensor rastreador de ameaça (um ou mais), ao ser fixado rigidamente à plataforma, pode ser capaz de prover a capacidade de rastreamento de ameaça por todo o setor de cobertura de uma unidade de setor. O sensor rastreador de ameaça (um ou mais), ao se fixado rigidamente à plataforma, pode ser adaptado para fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento que são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de

laser no sistema de orientação da ameaça que está sendo rastreada. Em uma realização específica da invenção, cada unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído é associada com um sensor rastreador de ameaça que fornece os dados de rastreamento com respeito ao setor de cobertura inteiro da respectiva unidade de setor com uma precisão suficiente de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação da ameaça. A precisão do sensor rastreador de ameaça será discutida em maiores detalhes mais adiante.

Adicionalmente, a possibilidade de utilizar um sensor rastreador de ameaça (ou mais de um, caso necessário) que cobre um setor de cobertura inteiro de uma unidade de setor, sem ter que mover o sensor rastreador de ameaça, permite até mesmo implementações inovadoras adicionais de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. As implementações inovadoras adicionais tornaram possível, através do uso de um sensor de rastreamento de ameaça "sem cardan" (ou um sensor de rastreamento que é fixado rigidamente à plataforma, ao invés de ser montado em uma travessa ou acoplado operativamente a um elemento de direcionamento de feixe), e algumas vantagens adicionais que podem estar disponíveis a partir dessas implementações inovadoras são discutidas a seguir.

As vantagens adicionais de um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor são associadas com o posicionamento mais flexível das unidades laser (que fazem parte das unidades de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com as realizações da presente invenção) na plataforma. Em vez de ter que escolher uma ou duas posições na plataforma onde uma unidade laser deve ser montada, uma seleção mais ampla torna-se disponível através do uso de uma pluralidade de unidades de setor. Deve ser

apreciado que há uma possibilidade maior de poder evitar o obscurecimento ou a minimização com um sistema distribuído que inclui uma pluralidade de unidades de setor que provêm coletivamente a cobertura substancialmente em torno de todo o perímetro da plataforma, em vez de ter que encontrar uma única posição, ou duas posições, na plataforma que podem prover a cobertura completa do perímetro em torno da plataforma que não sofra a interferência de obstruções.

Por exemplo, em helicópteros militares, um sistema laser de um sistema de LDIRCM típico é normalmente colocado atrás do rotor. Neste caso, o sistema de LDIRCM não cobre o setor dianteiro do helicóptero, o qual é obscurecido pelo rotor. Alguns ângulos na parte traseira do helicóptero também podem ser obscurecidos pela cauda. A parte de baixo do helicóptero também pode carecer de proteção neste cenário e o helicóptero pode ficar vulnerável às ameaças disparadas a ângulos agudos em relação ao helicóptero. Mesmo se a penalidade do desempenho for negligenciada e um sistema de LDIRCM com dois sistemas laser for montado no helicóptero, os setores substanciais em torno do helicóptero permanecerão desprotegidos devido à obstrução.

O posicionamento mais flexível das unidades de setor que se torna possível através da implementação de algumas realizações do sistema distribuído de LDIRM da presente invenção pode ajudar a superar, pelo menos até certo grau, o problema dos "pontos cegos" devido às obstruções.

O posicionamento mais flexível das unidades de setor que se torna possível através da implementação de algumas realizações da presente invenção pode proporcionar vantagens adicionais, tal como será explicado a seguir.

Conforme acima mencionado, um sistema de LDIRCM típico inclui um sistema de MWS que seja destinado à detecção de um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça

detectada. O sistema de MWS inclui tipicamente uma pluralidade de módulos sensores de MWS que são distribuídos em torno de uma plataforma. Tipicamente, cada módulo sensor de MWS é configurado para "a sondagem radial" em um setor específico em relação à plataforma e para identificar sinais suspeitos, identificar ameaças, e fornecer a um sistema laser os dados iniciais com respeito à posição da ameaça detectada. Os dados são recebidos por uma unidade laser e utilizados para dirigir um sensor rastreador de ameaça à posição aproximada da ameaça. O sensor rastreador de ameaça adquire a ameaça dentro de seu FOV, e faz um "ajuste fino" da mira do feixe de laser que é então ativado. O sensor rastreador de ameaça é responsável pelo rastreamento da ameaça detectada até ser determinado que a ameaça foi bloqueada eletronicamente com sucesso, normalmente com base nos dados do sensor rastreador de ameaça.

Tal como já foi implicado na descrição do processo de detecção e de rastreamento de uma ameaça em um sistema de LDIRCM típico que é descrito acima, embora um módulo sensor de MWS em um sistema de LDIRCM típico tenha a capacidade de detectar uma ameaça e de fornecer dados com respeito à posição da ameaça, os dados do módulo sensor de MWS não são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade laser direcione um feixe de laser ao sistema de orientação da ameaça detectada. As imprecisões entre um módulo sensor de MWS (ou qualquer outro sensor que forneça a posição inicial de uma ameaça detectada) e uma unidade laser em um sistema de LDIRCM típico são contribuíveis, pelo menos em parte, ao fato que quando os módulos sensores de MWS precisarem ser distribuídos torno da plataforma a fim de prover a cobertura completa da detecção do perímetro, o sistema laser é montado em uma posição central na plataforma, ou duas posições no caso em que dois sistemas laser são utilizados (que podem

utilizar um único laser central e um comutador entre as duas unidades laser). Como é bem sabido, até mesmo uma plataforma aparentemente rígida pode experimentar algum nível de flexão e de torção sob as forças substanciais exercidas sobre a mesma. Uma vez que em um sistema LDIRCM a energia laser relativamente focalizada precisa ser dirigida a um sistema de orientação de uma ameaça móvel, um destaque físico significativo entre o MWS que fornece os dados com respeito à ameaça e a unidade laser que precisa dirigir um feixe de laser à ameaça pode facilmente causar um desalinhamento e imprecisões inaceitáveis. Em um sistema de LDIRCM típico, um sensor de rastreamento adicional é normalmente requerido a fim de cobrir o desalinhamento entre um módulo sensor de MWS que detecta uma ameaça e um sistema laser que precisa ser capaz de dirigir um feixe de laser ao sistema de orientação da ameaça detectada.

De acordo com um aspecto da invenção, pode ser provido um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor. Uma unidade de setor da pluralidade de unidades de setor em um sistema de LDIRCM distribuído pode ser montada na plataforma, de maneira tal que um módulo sensor de MWS também seja montado na plataforma, e cujo setor de cobertura se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor, configurado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça e também é configurado para rastrear a ameaça detectada e fornecer os dados de rastreamento à unidade de setor que sejam suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser ao sistema de orientação da ameaça detectada, pelo menos enquanto a ameaça detectada estiver dentro do setor de cobertura da sobreposição. Tipicamente, a precisão que é requerida de modo a permitir o direcionamento de um feixe de laser a um sistema de

orientação de uma ameaça foi explicada e discutida acima.

De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser utilizado como um sensor rastreador de ameaça para fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento que são suficientemente precisos de modo a permitir que uma unidade de setor direcione um feixe de laser ao sistema de orientação de uma ameaça detectada, eliminando desse modo a necessidade de um sensor adicional para finalidades de rastreamento de ameaça. No entanto, outras realizações da invenção não podem ser limitadas a este respeito. Por exemplo, como parte de um sistema de LDIRCM de acordo com outras realizações da invenção, embora um módulo sensor de MWS possa ser capaz de rastrear uma ameaça detectada para fornecer a uma unidade de setor os dados de rastreamento que são suficientemente precisos de modo a permitir que uma unidade de setor direcione um feixe de laser ao sistema de orientação de uma ameaça detectada, um sensor rastreador de ameaça adicional pode ser provido, por exemplo, para cada unidade de setor. O sensor de rastreamento de ameaça adicional pode ser utilizado em combinação com o módulo sensor de MWS para rastrear uma ameaça detectada, ou pode ser utilizado exclusivamente para rastrear uma ameaça detectada, ou, de acordo com outras realizações da invenção, cada um dentro o sensor rastreador de ameaça e o módulo sensor de MWS pode ser independentemente utilizado para rastrear uma ameaça detectada. Conforme acima mencionado, de acordo com algumas realizações da invenção, o sensor rastreador de ameaça pode ser fixado rigidamente à plataforma e pode ser configurado para rastrear uma ameaça detectada sem se mover com respeito à plataforma. Deve ser apreciado que um módulo sensor de MWS típico também é fixado rigidamente à plataforma. Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, um módulo de MWS pode ser adaptado para rastrear

uma ameaça detectada (além de poder detectar a ameaça), sem ter que se mover com respeito à plataforma, e com uma precisão suficiente de modo a permitir que uma unidade de setor direcione um feixe de laser ao sistema de orientação da ameaça detectada que está sendo rastreada.

De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe com pelo menos uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor também pode ser ficado rigidamente à unidade de setor. A expressão "fixado rigidamente" tal como aqui utilizada, inclui qualquer forma de fixação por meio da qual um módulo sensor de MWS pode ser fixado a um setor de maneira tal que não se move (durante a operação) com respeito à unidade de setor, por exemplo, de maneira tal que não se move com respeito a um invólucro ou um chassi da unidade de setor. Os elementos versados na técnica podem estar cientes das várias maneiras por meio das quais um módulo sensor de MWS pode ser fixado rigidamente a uma unidade de setor. De acordo com outras realizações da invenção, pode ser provido um sistema de LDIRCM distribuído que inclua uma pluralidade de unidades de setor. Cada unidade da pluralidade de unidades de setor pode ser montada na plataforma, de maneira tal que um módulo sensor de MWS também seja montado na plataforma, e cujo setor de cobertura se sobrepõe pelo menos parcialmente com um setor de cobertura da unidade de setor, configurado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça e também é configurado para rastrear a ameaça detectada e para fornecer os dados de rastreamento à unidade de setor que são suficientemente precisos de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser ao sistema de orientação da ameaça detectada, pelo menos enquanto a ameaça detectada estiver dentro do setor de cobertura de sobreposição. De acordo ainda

com outras realizações da invenção, um setor de cobertura de uma unidade de setor e um respectivo módulo sensor de MWS podem se sobrepor substancialmente, e o módulo sensor de MWS pode prover a cobertura de detecção de ameaça e de rastreamento de ameaça substancialmente por todo o setor de cobertura da respectiva unidade de setor.

Deve ser apreciada a possibilidade de utilização de um módulo sensor de MWS para fornecer os dados de detecção e os dados de rastreamento que são suficientemente precisos de modo a permitir que uma unidade de setor direcione um feixe de laser a um módulo de orientação de uma ameaça, que é contribuível, pelo menos em parte, ao uso de uma pluralidade de unidades de setor em um sistema de LDIRCM e a flexibilidade de instalação da unidade de setor. Por exemplo, é feita referência novamente ao sistema de LDIRCM 100 ilustrado pela FIGURA 1, em que cada uma das unidades de setor pode ser montada na plataforma 10 de maneira tal que um módulo sensor de MWS seja fixado rigidamente a uma (ou mais) das unidades de setor. Por exemplo, o módulo sensor de MWS 122A pode ser fixado rigidamente à unidade de setor 110A através do uso de um "frame" comum. Desse modo, deve ser apreciado que a torção e a flexão de uma parte do corpo da plataforma 10 entre a unidade de setor e o módulo sensor de MWS que é fixado rigidamente à unidade de setor torna-se insignificante, e desse modo o desalinhamento entre o módulo sensor de MWS e a unidade de setor. Isto permite o uso de dados do rastreamento do MWS para apontar um feixe de laser de uma maneira precisa na ameaça.

Também deve ser apreciado que a provisão de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, o qual inclui um módulo(s) sensor de MWS que é (são) configurável (is) para fornecer dados de rastreamento a uma unidade de setor (além de detectar uma ameaça) com uma

precisão suficiente de modo a permitir que a unidade de setor direcione um feixe de laser a um sistema de orientação de uma ameaça, a necessidade de um sensor de rastreamento separado pode ser eliminada. Além disso, ao eliminar a necessidade de um sensor de rastreamento adicional e ao utilizar preferivelmente um módulo sensor de MWS que é fixado rigidamente a uma unidade de setor, também é eliminada a necessidade de mover o sensor de rastreamento (ou o campo de visão do sensor) junto com a unidade laser (ou junto com os componentes que dirigem a energia laser).

Também deve ser apreciado que é necessário reduzir o peso e/ou o tamanho e/ou o custo de cada unidade de setor a fim de obter um sistema de LDIRCM distribuído que inclua uma pluralidade de unidades de setor (por exemplo, três unidades de setor), sem aumentar substancialmente o peso, o tamanho e/ou o custo totais do sistema em comparação a um sistema de LDIRCM típico. A este respeito, deve ser apreciado que ao eliminar a necessidade de um sensor de rastreamento dedicado graças à flexibilidade propiciada pela abordagem de múltiplas unidades de setor, e devido ao mecanismo de direcionamento de feixe muito simplificado, o peso e/ou o tamanho e/ou o custo de cada unidade de setor pode ser reduzido, desse modo também contribuindo para a praticabilidade do sistema de LDIRCM distribuído que é proposto por algumas realizações da invenção.

Tendo sido descritas algumas vantagens de um sistema de LDIRCM que são associadas com um posicionamento mais flexível das unidades laser, agora é apresentada uma descrição das vantagens adicionais de um LDIRCM que são associadas com o tamanho do setor que precisa ser coberto por uma unidade de setor montada em uma plataforma a fim de prover proteção em torno de todo o perímetro da plataforma, de acordo com algumas realizações da invenção. Conforme acima

mencionado, em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, que inclui uma pluralidade de unidades de setor, a fim de prover proteção em torno de todo o perímetro da plataforma, cada unidade de setor, quando montado em uma plataforma, precisa cobrir um setor que esteja substancialmente a menos de 180 graus na horizontal em relação à plataforma. Uma proteção completa do perímetro é obtida ao combinar o setor de cobertura de cada unidade da pluralidade de unidades de setor, acarretando um setor de cobertura combinado que é transposto em torno de todo o perímetro da plataforma. Por exemplo, um sistema de LDIRCM pode incluir quatro unidades de setor. Cada unidade de setor quando montada na plataforma pode ser configurável para prover um setor de cobertura que esteja 100 graus (na horizontal) X 90 graus (na vertical) em relação à plataforma. As quatro unidades de setor podem ser montadas na plataforma de maneira tal que cada uma dela cubra um setor substancialmente diferente em relação à plataforma (por exemplo, com a sobreposição de 5 graus entre setores diferentes) de modo a formar um setor de cobertura total que circunde substancialmente todo o perímetro da plataforma.

Um cardan ou um outro módulo de direcionamento de feixe que precisa cobrir um setor que esteja substancialmente a menos de 180 graus na horizontal pode causar uma flexibilidade maior do desenho em comparação a um cardan ou um outro módulo de direcionamento de feixe que precisa cobrir 180 graus ou até mesmo 360 graus completos. Conforme pode ser apreciado, a flexibilidade do desenho pode ser traduzida em um cardan ou um outro elemento de direcionamento de feixe mais rápido, menor, mais leve, de custo mais baixo e de maior confiabilidade. Por exemplo, um cardan ou um outro elemento de direcionamento de feixe que precisa permitir um setor de cobertura que seja de 180 graus ou mais, precisa incluir dois

(ou mais) elementos de direcionamento de feixe, por exemplo, cardans, e pelo menos um dos elementos de direcionamento de feixe precisa girar em torno de pelo menos um outro elemento de direcionamento de feixe a fim de poder permitir o setor de cobertura de 180 graus (ou um setor de cobertura maior). Deve ser apreciado que, a fim de permitir a rotação de um elemento de direcionamento de feixe em torno de um outro elemento de direcionamento de feixe são requeridos desenhos relativamente que complexos. Desse modo, o tamanho menor do setor que precisa ser coberto por cada unidade de setor em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, se presta a um desenho de cardan mais flexível.

Tal como será descrito em maiores detalhes a seguir, alguns aspectos e algumas realizações da presente invenção referem-se a uma implementação inovadora de um cardan ou um outro elemento de direcionamento de feixe como parte de uma unidade de setor de um sistema de LDIRCM distribuído. Deve ser apreciado que a implementação inovadora de um cardan ou um outro elemento de direcionamento de feixe que são aqui sugeridos como sendo utilizados como parte de uma unidade de setor de um sistema de LDIRCM distribuído (e que é descrito abaixo) contribui para uma unidade de setor mais leve e/ou menos cara, e/ou mais rapidamente responsiva, e/ou mais precisa. Conforme acima mencionado, a redução do peso de cada unidade de setor e/ou o custo de cada unidade de setor é necessário a fim de se obter um sistema de LDIRCM que inclua uma pluralidade de unidades de setor (por exemplo, três unidades de setor), cada uma das quais inclui pelo menos uma unidade laser e um módulo de orientação a laser, sem aumentar substancialmente o peso total e o custo do sistema em comparação a um sistema de LDIRCM típico.

Outras vantagens de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção que incluem uma

pluralidade de unidades de setor são associadas com uma possibilidade de utilizar a pluralidade de unidades de setor (ou algumas delas) simultaneamente para combater múltiplas ameaças que se aproximam de uma plataforma protegida. Um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor, em que cada unidade da pluralidade de unidades de setor cobre um setor substancialmente diferente em relação à plataforma pode ter uma capacidade de resposta às múltiplas ameaças simultaneamente. Por exemplo, no caso em que uma pluralidade de ameaças esteja se aproximando de uma plataforma protegida provenientes de direções diferentes, uma pluralidade de unidades de setor que cobrem os setores dos quais as ameaças estão se aproximando pode ser utilizada simultaneamente para fornecer uma solução de interferência contra múltiplas ameaças simultaneamente. Deve ser apreciado que um LDIRCM típico não tem capacidade de responder de tal maneira a um cenário de múltiplas ameaças, e só pode responder a uma ameaça de cada vez ou até a duas ameaças de cada vez, no caso de dois sistemas laser serem incluídos.

Além disso, tal como acima mencionado, um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção pode incluir uma pluralidade de módulos sensores de MWS, e pelo menos um dos módulos sensores de MWS pode ser configurável para detectar uma ameaça e também para rastrear uma ameaça detectada de uma maneira que permite que uma unidade de setor direcione um feixe laser ao sistema de orientação da ameaça. Uma vez que em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção um módulo sensor de MWS tem um campo de visão relativamente grande, por exemplo, de 70 ou 100 graus na horizontal, em que o módulo sensor de MWS estaticamente "olha fixamente" ambas as aplicações de detecção e rastreamento, quando uma pluralidade de ameaças é detectada dentro de um setor coberto pelo módulo sensor de

MWS, o módulo sensor de MWS pode rastrear simultaneamente a pluralidade de ameaças detectadas dentro do seu setor de cobertura, e não somente uma ameaça de cada vez. A discussão acima também é aplicável aos módulos de rastreamento de ameaça designada no caso em que tais módulos de rastreamento de ameaça designada são utilizados adicionalmente ou como uma alternativa à função de rastreamento de ameaça dos módulos sensores de MWS.

Em um sistema de LDIRCM típico, por outro lado, um sensor de rastreamento tem geralmente um campo de visão relativamente limitado de alguns graus e, a fim de rastrear uma ameaça detectada, o sensor de rastreamento é movido junto com o progresso da ameaça. Desse modo, em um sistema de LDIRCM típico, o rastreamento de uma pluralidade de ameaças não é virtualmente possível.

Além disso, deve ser apreciado que a pré-aquisição de uma ameaça pode contribuir para uma resposta mais rápida a uma ameaça detectada, e desse modo, embora uma unidade de setor específica em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção não tenha capacidade de bloquear eletronicamente simultaneamente duas ou mais ameaças, o módulo sensor de MWS (ou o módulo rastreador de ameaça) que cobre o setor associado com a unidade de setor pode ser configurável para rastrear ao mesmo tempo as duas ou mais ameaças. Desse modo, quando a unidade de setor estiver pronta para combater a ameaça seguinte da pluralidade de ameaças que estão dentro do seu setor de cobertura, o tempo de aquisição é eliminado e a unidade de setor pode executar a ação necessária a fim de impedir a ameaça seguinte sem retardo. Além disso, de acordo ainda com outras realizações da invenção, um setor de cobertura de um módulo sensor de MWS pode ser coberto pelo menos em parte por duas ou mais unidades de setor, e quando uma pluralidade de ameaças é

detectada dentro do setor de cobertura do módulo sensor de MWS, o combate à ameaça pode ser dividido entre as unidades de setor que cobrem o setor de cobertura do módulo sensor de MWS, e desse modo as ameaças dentro de um setor que é coberto por um módulo sensor de MWS podem ser combatidas simultaneamente por duas ou mais unidades de setor cujo setor de cobertura se sobrepõe com pelo menos uma parte do setor de cobertura do módulo sensor de MWS.

Deve ser apreciado que as vantagens associadas com alguns aspectos e algumas realizações do sistema de LDIRCM da presente invenção que foram discutidas acima foram fornecidas a título de exemplo, e que o sistema de LDIRCM de acordo com a presente invenção pode fornecer vantagens adicionais. Também deve ser apreciado que alguns aspectos e algumas realizações do sistema de LDIRCM da presente invenção não podem ser confinados a uma ou mais das vantagens descritas acima, e especificamente, alguns aspectos e algumas realizações do sistema de LDIRCM da presente invenção podem fornecer apenas algumas ou nenhuma das vantagens descritas acima.

Conforme foi discutido acima com respeito às vantagens de um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor, a presença de uma pluralidade de unidades de setor em um sistema de LDIRCM pode propiciar algumas vantagens do desenho e do desempenho em relação a um sistema de LDIRCM típico. A fim de apreciar os benefícios de um sistema distribuído, o custo total e o peso do sistema de LDIRCM distribuído (incluindo a pluralidade de unidades de setor) não excede substancialmente o custo de um sistema de LDIRCM típico. A fim de obter um sistema de LDIRCM que inclua uma pluralidade de unidades de setor (por exemplo, três unidades de setor), cada uma das quais inclui pelo menos uma unidade laser, sem aumentar substancialmente o peso total e o

custo do sistema em comparação a um sistema de LDIRCM típico, os autores do presente pedido de patente fazem um uso inovador de diversas tecnologias e de diversas implementações inovadoras de um sistema de LDIRCM, algumas das quais são associadas direta ou indiretamente com a inclusão de uma pluralidade de unidades de setor em um sistema de LDIRCM. Algumas das tecnologias e implementações inovadoras aqui mencionadas foram discutidas acima com referência às vantagens de um sistema de LDIRCM distribuído. Estas e outras tecnologias serão descritas em maiores detalhes a seguir.

Estas e mais tecnologias inovadoras desenvolvidas pelos autores da presente invenção contribuíram substancialmente para uma unidade de setor mais leve e mais barata. Estas tecnologias inovadoras permitiram que o autor da presente invenção empregasse tipos de fontes de laser que, por várias razões técnicas, não eram apropriadas para ser utilizadas em um sistema de LDIRCM até4 esse ponto. As tecnologias inovadoras que permitem o sistema de LDIRCM de acordo com os vários aspectos e as realizações da invenção incluem, mas sem ficar a ele limitadas, um sistema óptico para uma fonte de luz refrigerada. Uma breve descrição de alguns princípios desta tecnologia inovadora é apresentada a seguir. O sistema óptico inovador para uma fonte de luz refrigerada que é mencionada acima é descrito em maiores detalhes no pedido de patente israelense n°. IL177240, depositado em 29 de novembro de 2005 (daqui por diante: "IL177240"), e no pedido de patente PCT IL2006/001378 (daqui por diante: "IL2006/001378"), depositado em 29 de novembro de 2006, que são aqui incorporados a título de referência em sua totalidade.

De acordo com algumas realizações da invenção, uma unidade laser, que é utilizada como parte de uma unidade de setor em um LDIRCM que compreende uma pluralidade de unidades

de setor, pode ser utilizada com o sistema óptico para uma fonte de luz refrigerada que é descrito em IL177240 e IL2006/001378. Deve ser apreciado que o sistema óptico para uma fonte de luz refrigerada que é descrito em IL177240 e IL2006/001378 é aqui fornecido como um exemplo de uma tecnologia inovadora que contribui para a possibilidade de um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor.

Uma contribuição chave do sistema óptico para uma fonte de luz refrigerada é a possibilidade de fazer um uso inovador de um laser semicondutor em um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor, de acordo com algumas realizações da invenção. O autor da presente invenção desenvolveu uma maneira de utilizar a tecnologia de laser semicondutor, e especificamente a tecnologia de QCL que permite o uso de uma pluralidade de unidades laser semicondutor e especificamente de unidades de QCL como parte de um sistema de LDIRCM que seja montável em uma plataforma, e especificamente como parte de um sistema de LDIRCM que seja montável em uma aeronave.

Normalmente, a tecnologia de laser atual utilizada na faixa de comprimento de onda relevante (3 - 5 μm, que também é denominada Banda IV) consiste em lasers de estado sólido (ou de fibra) com comprimentos de onda alterados OPO. Eles são pesados, caros e consomem muita energia. Os autores da presente invenção sugerem em algumas realizações da invenção a utilização de lasers semicondutores para prover a energia laser requerida para bloquear eletronicamente um sistema de orientação de uma ameaça. Há três tipos básicos de lasers semicondutores: (1) lasers de cascata de quantum (QCL) (2) lasers de cascata interfaixa (ICL), e (3) lasers semicondutores externamente bombardeados (EPSL), normalmente baseados em antimonetos. De acordo com outras realizações da

invenção, os lasers de fibra que são configurados para emitir energia diretamente na banda IV também podem ser utilizados quando tais lasers se tornam comercialmente disponíveis.

Deve ser apreciado que os lasers semicondutores trabalham melhor a baixas temperaturas. O laser semicondutor também precisa de colimação. Em IL177240 e IL2006/001378 é descrito um sistema de refrigeração para um laser semicondutor que compreende um elemento óptico dentro do refrigerador que colima o laser em um feixe substancialmente colimado. Este sistema de refrigeração é relevante para QCL, ICL e EPSL. Os QCLs do presente estado da técnica podem emitir menos do que 1 Watt à temperatura ambiente, mas mais de 1 Watt a temperaturas criogênicas. De acordo com as realizações da invenção, os QCLs são implementados dentro de uma unidade de setor, e fornecem a fonte de energia laser da unidade de setor. Uma vez que um LDIRCM típico requer uma potência em watts a fim de bloquear eletronicamente uma ameaça eficazmente, um dispositivo de refrigeração que também execute a colimação constitui uma vantagem.

Deve ser apreciado que no futuro os QCLs e outros lasers semicondutores da banda IV podem obter o desempenho de multiwatts a temperaturas mais altas, o que pode reduzir a necessidade de tal sistema de refrigeração.

Tendo sido apresentadas algumas das tecnologias chaves subjacentes a alguns aspectos e algumas realizações da invenção, agora é apresentada uma descrição mais detalhada com respeito a alguns exemplos de alguns aspectos e algumas realizações da presente invenção.

Agora é feita referência à FIGURA 2A, que é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção, e de um módulo sensor de MWS que é associado com a unidade de setor de acordo com outras

realizações da invenção. Uma referência adicional é feita à FIGURA 2B que é uma ilustração de um diagrama de blocos de uma unidade de setor de um módulo sensor de MWS associado que são fixados rigidamente um no outro e em um chassi comum, de acordo com algumas realizações da invenção. Algumas realizações da invenção referem-se a um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor e uma pluralidade de módulos sensores de MWS. A unidade de setor 210 e o módulo sensor de MWS mostrados na FIGURA 2A, e aqui descritos com referência a algumas realizações da invenção, constituem um exemplo de uma unidade de setor que pode ser utilizada como parte de um sistema de LDIRCM distribuído da presente invenção. A unidade de setor 210 e o módulo sensor de MWS mostrados na FIGURA 2B correspondem àqueles mostrados na FIGURA 2A. Para fins de conveniência e clareza, alguns dos componentes da unidade de setor 210 e do módulo sensor de MWS mostrados na FIGURA 2A foram omitidos da unidade de setor 210 e do módulo sensor de MWS mostrados na FIGURA 2B.

De acordo com algumas realizações da invenção, uma unidade de setor pode incluir uma unidade laser 220 e um módulo de orientação a laser 230. A unidade laser 220 pode ser acoplada operativamente ao módulo de orientação a laser 230, tal como será descrito em maiores detalhes a seguir. De acordo com algumas realizações da invenção, a unidade laser 220 pode incluir um controlador de laser 222, um gerador de energia eletromagnética 224, um colimador 226 e uma unidade de refrigeração a laser 228.

Os componentes da unidade laser 220 mostrada na FIGURA 2A serão descritos agora com maiores detalhes. O controlador de laser 222 pode ser adaptado aos vários aspectos do controle da operação da unidade laser 220. De acordo com algumas realizações da invenção, o controlador de laser 222 pode ser adaptado para fornecer ao gerador de

energia eletromagnética 214 os sinais de acionamento requeridos para a sua operação, bem como controlar as suas condições de funcionamento, tal como a estabilização de sua temperatura.

O colimador 226 pode ser adaptado para receber a energia eletromagnética do laser 224 e para produzir um feixe de raios paralelos (um feixe laser). Por exemplo, o colimador 226 pode ser adaptado para aplicar uma manipulação óptica na energia eletromagnética que é emitida pelo laser 224, e em conseqüência disto, a energia eletromagnética que existe no colimador consiste principalmente em raios paralelos. Deve ser apreciado que o termo "paralelos", tal como aqui empregado, significa que os raios são paralelos no sentido que a sua direção está distribuída dentro de um ângulo de divergência relativamente pequeno. No entanto, deve ficar compreendido que os raios não podem ser totalmente (100%) paralelas, mas, ao invés disto, podem ser substancialmente paralelos até a extensão da divergência do feixe. O gerador de energia eletromagnética 224 e a unidade de refrigeração a laser 228 serão descritos em maiores detalhes mais adiante.

O laser 224 pode ser configurado para receber energia, tipicamente a eletricidade, e traduzir a energia de entrada em energia eletromagnética a um comprimento de onda focalizado. Por exemplo, o laser 224 pode ser adaptado para fornecer energia eletromagnética a comprimento de onda específico e esta energia eletromagnética, depois de ser colimada se necessário, fornece a energia laser ou o feixe laser que é a saída da unidade de setor.

Agora é apresentada uma descrição mais detalhada das realizações específicas da invenção que se referem aos lasers 224 que podem ser utilizados como parte de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. De acordo com algumas realizações da invenção, é sugerida a

utilização de um laser semicondutor tal como o laser 224. De acordo ainda com outras realizações da invenção, é sugerida a utilização do laser semicondutor que emite energia na Banda IV. Especificamente, este laser semicondutor pode ser um laser de cascata de Quantum (daqui por diante: "QCL"), tal como aquele desenvolvido pela Northwestern University (Manijeh Razeghi et al, "Quantum cascade laser progress and outlook", Proceedings of SPIE, volume 5617, 2004, páginas 221-232) e Alpes Lasers SA (número de catálogo de laser RT-P-FP-250-2140).

Deve ser apreciado pelos elementos versados na técnica que os lasers semicondutores na Banda IV são baseados nas tecnologias de manufatura que são similares àquelas utilizadas para a manufatura de lasers para reprodutores de CDs ou lasers para comunicações de fibras. Um aspecto singular de um laser semicondutor na Banda IV é associado com um desenho de camada fina específico, que projeta os seus níveis de energia de elétrons até um comprimento de onda dentro da faixa de comprimento de onda da Banda IV. Somente nos anos recentes é que as máquinas de desenvolvimento de camadas finas semicondutoras (MBE - epitaxia de feixe molecular ou MOCVD - deposição de vapor químico orgânico de metal) tornaram-se suficientemente precisas para prover a estrutura de camada necessária para produzir a energia da Banda IV dos lasers semicondutores.

Os lasers semicondutores, e especificamente QCLs, propiciam benefícios em termos do tamanho pequeno, (da ordem de alguns milímetros de comprimento), pouco peso, baixo custo de manufatura, alta eficiência e alta confiabilidade. Desse modo, diversos destes lasers podem ser utilizados em um sistema de LDIRCM sem aumentar significativamente o tamanho e o custo do sistema. Além disso, os lasers semicondutores na banda IV emitem maior potência mais eficientemente a baixas

temperaturas. Desse modo, o laser semicondutor pode ser refrigerado ao utilizar um TEC, ou ao utilizar um refrigerador criogênico. Patente Norte-americana 5.628.196. Maiores detalhes a respeito de algumas das vantagens chaves da utilização de um laser semicondutor em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção são fornecidos a seguir.

Deve ser apreciado que, de acordo com algumas realizações da invenção, o uso de um laser semicondutor que emite diretamente laser da banda IV elimina a necessidade de uma conversão do comprimento de onda OPO, ou de qualquer outro mecanismo de conversão óptica do comprimento de onda. Com a eliminação do conversor de comprimento de onda OPO, que faz tipicamente parte de um sistema laser de um sistema de LDIRCM para uma unidade de setor de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, o peso de cada unidade de setor no sistema de LDIRCM pode ser reduzido.

Além disso, os lasers semicondutores, e especificamente QCLs que, de acordo com algumas realizações da invenção, são sugeridos para serem utilizados dentro de uma unidade de setor de um sistema de LDIRCM distribuído, podem ser diretamente modulados, ao passo que tipicamente uma unidade laser em um sistema de LDIRCM convencional requer modulação externa.

Agora é feita referência adicionalmente à FIGURA 3, que é uma ilustração simplificada de um diagrama de blocos de uma unidade laser que é modulada diretamente de acordo com algumas realizações da invenção versus uma unidade laser que é modulada externamente. Na FIGURA 3, a modulação é representada por uma seqüência dos dígitos '1' e '0' que representam uma série de estados "liga" e "desliga", respectivamente. Em uma unidade laser diretamente modulada 310, a modulação de amplitude do sinal do laser requerido

para bloquear eletronicamente o sistema de orientação sensível ao calor de uma ameaça é obtida ao modular a corrente de entrada 312 que é inserida no laser 310, por exemplo, em cooperação com o controlador a laser 222. Uma vez que a unidade laser 310 suporta a modulação direta, a unidade laser tem capacidade de traduzir a corrente modulada de entrada em energia laser modulada 314. Por outro lado, na unidade laser externamente modulada 320 é inserida uma corrente elétrica constante 322 e ela produz luz não-modulada constante 324, por exemplo, tanto uma radiação laser CW quanto um trem de pulso. A modulação é obtida ao utilizar um modulador externo 326, tal como um obturador externo, por exemplo, que é absorvente de luz ou então permitindo que ele passe para a saída, de acordo com um segundo sinal elétrico que é inserido no modulador 326. A saída do modulador 326 é luz modulada em amplitude ou energia laser 328.

As vantagens da modulação direta em comparação à modulação indireta incluem economias de energia (porque nenhuma potência é utilizada quando nenhum sinal de saída é requerido), de peso, de tamanho e de custos (a necessidade de um modulador externo é eliminada). A modulação direta é obtida através da modulação da corrente de entrada que é inserida no laser, e contribui ainda mais para uma unidade laser menor, mais leve, menos cara, mais eficiente e mais confiável para bloquear eletronicamente o sistema de orientação sensível a calor de uma ameaça. Por outro lado, os lasers de estado sólido e o laser de fibra são tipicamente modulados indiretamente. A modulação indireta utiliza tipicamente um obturador externo que cria a modulação de amplitude, ao passo que o laser precisa operar continuamente.

Conforme acima mencionado, uma outra vantagem de um laser semicondutor é o tamanho e o peso de cada unidade laser. Um laser semicondutor tem tipicamente um tamanho de 5

x 0,5 x 0,1 mm^3. Com seu aparelho de refrigeração (TEC ou criogênico), ele pode se tornar maior, por exemplo, até um litro e dois quilogramas. O uso de um aparelho de refrigeração é preferido porque a potência de saída dos lasers semicondutores emitidos na região de comprimento de onda da banda IV melhora significativamente a baixas temperaturas. Um laser alterado no comprimento de onda OPO para IRCM pode pesar tipicamente 5 quilogramas e até dezenas de quilogramas, com a dimensão de vários litros. A regulagem da temperatura estrita é requerido para o cristal não-linear OPO.

Além disso, a eficiência do plugue de parede, que significa a potência óptica de saída média dividida pela potência elétrica de entrada, de um laser alterado no comprimento de onda OPO típico para um LDIRCM típico é tipicamente de frações de porcentagens no máximo. O próprio com OPO tem tipicamente pouca porcentagem de eficiência de plugue de parede, e a modulação externa que é aplicada tipicamente à saída da unidade laser reduz tipicamente a eficiência por um fator de ~5 (a potência é perdida no modulador), diminuindo a eficiência do plugue de parede em quase uma ordem de magnitude. Por outro lado, a eficiência do plugue de parede de um QCL típico pode ser tão elevada quanto dezenas de porcentagem. Esta diferença pode ser explicada, pelo menos em parte, pela eliminação com economia de energia da alteração do comprimento de onda, e pela habilitação da modulação direta.

Apesar da vantagem de utilizar uma tecnologia de laser semicondutor e especificamente a tecnologia de QCL, ela não foi utilizada até o presente em sistemas de LDIRCM pelo menos em parte devido às dificuldades de obter energia de saída suficiente, o que requer atualmente temperaturas de operação criogênicas, enquanto é possível obter uma colimação

e peso, tamanho e custo satisfatórios da unidade de setor de modo a oferecer uma alternativa atraente ao sistema atual de LDIRCM. Conforme acima mencionado, as patentes IL177240 e IL2006/001378 da requerente apresentam uma solução sugerida a essa barreira técnica. Além disso, as patentes IL177240 e IL2006/001378 da requerente permitem a incorporação de diversas unidades laser dentro de uma única unidade de refrigeração, contribuindo para um outro aumento possível na potência de saída de uma unidade de setor.

Tendo sido descrito o gerador de energia eletromagnética 224 que pode ser utilizado como parte de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, agora é apresentada uma descrição resumida de uma unidade de refrigeração a 228, de acordo com outras realizações da invenção. Conforme acima mencionado, de acordo com algumas realizações da invenção, a unidade de refrigeração descrita em IL 177240 e IL2006/001378 pode ser utilizada como parte da unidade laser 220 a fim de permitir a refrigeração dos componentes da unidade laser 220. No entanto, deve ser apreciado que a unidade de refrigeração a laser descrita em IL177240 e IL2006/001378 é fornecida como um exemplo de uma unidade de refrigeração possível que pode ser utilizada para refrigerar a unidade laser 220, enquanto preenche os requisitos de peso e/ou tamanho e/ou custo que são associados com um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor. Além disso, de acordo com outras realizações da invenção, uma unidade de setor de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção pode incluir tipos de unidades laser que não requerem nenhuma refrigeração ou apenas uma refrigeração muito limitada e convencional a fim de operar e fornecer a energia suficiente para bloquear eletronicamente um sistema de orientação de uma ameaça. Por exemplo, desenvolvimentos

futuros no campo de tecnologias de QCL e de ICL podem resultar em unidades laser que possam fornecer potência suficiente à temperatura ambiente (ou perto da temperatura ambiente), eliminando desse modo a necessidade de refrigeração criogênica, e permitindo o uso de umas tecnologias de refrigeração mais modestas, tal como um refrigerador TEC. Consequentemente, de acordo com outras realizações da invenção, qualquer outra unidade de refrigeração apropriada que preencham os requisitos de desempenho e de peso e/ou tamanho e/ou custo que estiver associada com um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de unidades de setor pode ser utilizada para refrigerar a unidade laser.

Uma unidade laser 220 de acordo com várias realizações da invenção foi descrita acima em detalhes. Agora é apresentada uma descrição detalhada de um módulo de orientação a laser de acordo com algumas realizações da invenção. De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo de orientação a laser 230 pode incluir pelo menos um elemento de direcionamento de feixe. Na realização ilustrada pela FIGURA 2, é mostrado um módulo de orientação a laser 230 que inclui primeiro e segundo elementos de direcionamento de feixe 232 e 234, respectivamente. De acordo com algumas realizações da invenção, um ou mais elementos de direcionamento de feixe podem ser giráveis em torno de um primeiro e um segundo eixos. Na realização ilustrada pela FIGURA 2A e pela FIGURA 2B, o primeiro elemento de direcionamento e feixe 232 é girável em torno de um primeiro eixo A, e o segundo elemento de direcionamento de feixe 234 é girável em torno de um segundo eixo B. Um exemplo de um único elemento de direcionamento de feixe, de acordo com algumas realizações da invenção, que é girável em torno de um primeiro e de um segundo eixos será fornecido a seguir.

Conforme acima mencionado, em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, cada unidade da pluralidade de unidades de setor quando montada em uma plataforma deve ser configurável para cobrir um setor que esteja substancialmente a menos de 180 graus na horizontal. Portanto, um elemento(s) de direcionamento de feixe relativamente direto pode ser implementado dentro de uma unidade de setor de acordo com algumas realizações da invenção. O(s) elemento(s) de direcionamento de feixe 232-234 que são giráveis em torno de um primeiro e de um segundo eixos independentes pode(m) ser suficiente(s) para dirigir um laser a qualquer ponto dentro de um setor que esteja a menos de 180 graus em dezenas de graus. Os eixos independentes tal como aqui utilizado significa que a rotação de qualquer eixo girável não faz com que a orientação de nenhum outro eixo girável mude com respeito à plataforma. Deve ser apreciado que, tipicamente, a fim de obter um setor de cobertura de 180 graus ou mais, os eixos giráveis do(s) elemento(s) de direcionamento de feixe são configuradas de uma maneira que a rotação de pelo menos um eixo girável faz com que a orientação de um outro eixo girável mude com respeito à plataforma. Deve ser apreciado que, tipicamente, a fim de obter um setor de cobertura de 180 graus ou mais, uma rotação de um elemento(s) de direcionamento de feixe em torno de um primeiro eixo de rotação pode fazer com que a orientação de um outro eixo girável mude em relação à plataforma (quando o elemento de direcionamento de feixe é montado na plataforma).

De acordo com um exemplo de um módulo de orientação a laser 230 de acordo com algumas realizações da invenção, o módulo de orientação a laser pode incluir dois espelhos. Por exemplo, cada um dos dois elementos de direcionamento de feixe 232 e 234 mostrados na FIGURA 2 pode incluir um espelho. O primeiro espelho (232) pode ser girável em torno

de um primeiro eixo A, e o segundo espelho (234) pode ser girável em torno de um segundo eixo B. Cada um dos dois espelhos 232 e 234 pode ser conectado operativamente a um motor diferente 236 e 238, respectivamente. Cada um dos dois motores 236 e 238 pode ser adaptado para girar respectivamente os espelhos 232 e 234, fixados ao mesmo. O primeiro motor 236 pode ser adaptado para girar o primeiro espelho 232 em torno de um primeiro eixo A. O segundo motor 238 pode ser adaptado para girar o segundo espelho 234 em torno de um segundo eixo B. Os motores 236 e 238 podem ser configurados para girar ou manipular os espelhos 232 e 234 de modo que um feixe laser que seja incidente nos espelhos possa ser dirigido a qualquer ponto dentro de um setor que seja substancialmente de menos de 180 graus em dezenas de graus.

De acordo com algumas realizações da invenção, os dois motores 236 e 238 podem ser fixados rigidamente um com respeito ao outro, de modo que a rotação de um motor não afete a posição do outro motor. Deve ser apreciado que um módulo de orientação a laser que é baseado em dois motores que são fixados rigidamente um com respeito ao outro pode contribuir para um desenho de um módulo de orientação mais leve, uma vez que a massa e a inércia do motor podem ser reduzidas significativamente, causando uma velocidade de direcionamento maior, uma redução no tamanho e um consumo de potência reduzido e maior precisão. Tais dispositivos de direcionamento de feixe são vendidos pela Nutfield Tecnologies, Inc. (Windham, EUA), Cambridge Technologies (Tullamarine, Austrália) e outras para aplicações diferentes.

Agora é feita referência à FIGURA 4, que é uma ilustração de um diagrama de blocos de um conjunto de dois espelhos que podem ser utilizados como parte de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. Na FIGURA 4, é mostrada uma

parte de um módulo de orientação a laser de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. De acordo com algumas realizações da invenção, o módulo de orientação a laser inclui um conjunto 400 de dois espelhos 402 e 404. O conjunto 400 de dois espelhos pode ser utilizado como parte de uma unidade de setor que faz parte do sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. Os dois espelhos 402 e 404 podem ser configurados de modo que um feixe laser de uma unidade laser (não mostrada) seja refletido da superfície dos espelhos 402 e 404. De acordo com outras realizações da invenção, os dois espelhos 402 e 404 podem ser fixados rigidamente um com respeito ao outro. Consequentemente, os eixos de rotação de cada um dos dois espelhos 402 e 404 podem ser fixados rigidamente no espaço um com respeito ao outro, e quando os espelhos 402 e 404 são montados em uma plataforma a direção do eixo de rotação de cada um dos espelhos pode ser fixada rigidamente em relação à plataforma.

De acordo com algumas realizações da invenção, os dois espelhos 402 e 404 podem ser girável em torno de um primeiro e um segundo eixos, respectivamente, de uma maneira tal que permite que a direção de um feixe laser incidente sobre os mesmos até qualquer ponto dentro de um setor que seja substancialmente de menos de 180 graus para dezenas de graus. Na FIGURA 4, são mostrados somente dois de muitos ângulos de direcionamento de feixe possíveis dentro de um setor que é substancialmente de menos de 180 graus para dezenas de graus em que dois graus de liberdade do conjunto de espelhos podem ser providos ao girar os espelhos. Quando um feixe é dirigido na direção do conjunto 400 de dois espelhos, o feixe atinge o primeiro espelho 402 do conjunto de direcionamento de feixe 400, o feixe é refletido do

primeiro espelho 402 na superfície do segundo espelho 404. O feixe laser é refletido do segundo espelho 404 para um alvo que fica dentro de um setor de cobertura que está associado com a unidade de setor dentro da qual o conjunto de espelhos é implementado.

O ângulo de incidência do feixe laser no primeiro espelho 402 pode ser determinado por um controlador, com base, por exemplo, nos dados de rastreamento recebidos de um módulo sensor de MWS associado. O primeiro espelho 402 pode ser configurado para girar o feixe laser em torno de um primeiro eixo. O tamanho do primeiro espelho 402 pode ser maior do que a seção transversal do feixe a fim de evitar o recorte em ângulos incidentes rasos, e de modo a permitir tolerâncias de integração. O feixe laser pode ser refletido fora do primeiro espelho 402 na superfície do segundo espelho 404. Desse modo, ângulo incidente do feixe laser no segundo espelho 404 é determinado, pelo menos em parte, pelo ângulo de rotação do primeiro espelho 402. O segundo espelho 404 (ou um motor utilizado para girar o segundo espelho) também pode receber instruções de um controlador a respeito de seu ângulo de rotação desejado. O segundo espelho 404 pode ser configurado para girar o feixe laser em torno de um segundo eixo. De acordo com algumas realizações da invenção, o tamanho do segundo espelho 404 pode ser suficientemente grande para acomodar toda a faixa de rotação do primeiro espelho, além de confinar o primeiro espelho 402. A energia luminosa que é refletida do primeiro espelho na superfície do segundo espelho é refletida desse modo pelo segundo espelho fora da unidade de setor, por exemplo, a um sistema de orientação de uma ameaça detectada. De acordo com algumas realizações da invenção, a direção do feixe laser que sai do conjunto 400 de espelhos é determinada, pelo menos em parte, pela rotação do primeiro e do segundo espelhos 402 e 404, e

as combinações diferentes de rotação podem fazer com que o feixe laser seja dirigido a direção diferentes.

Um segundo exemplo de um módulo de orientação a laser 230 de acordo com algumas realizações da invenção é baseado um único espelho, ou qualquer outro elemento de manipulação óptico apropriado, montado em dois ou mais pólos que podem mudar o seu comprimento eficaz e desse modo girar o espelho. De acordo com algumas realizações da invenção, os pólos podem ser estendidos ou retraídos de uma maneira que permite que o espelho direcione um feixe laser incidente no mesmo até substancialmente qualquer ponto dentro de um setor que seja substancialmente de menos de 180 para dezenas de graus. De acordo com outras realizações da invenção, um dos pólos pode ser fixado no comprimento e a retração da extensão de um dos pólos pode ser suficiente para obter substancialmente menos de 180 graus para dezenas de graus do setor de cobertura.

De acordo com algumas realizações da invenção, os pólos podem ser conectados a uma base rígida comum através de uma fixação rígida; ou através de uma fixação com dois graus de liberdade; ou através de um eixo de fixação com dois graus de liberdade. Os pólos podem ser conectados à base do espelho ao utilizar uma base rígida comum através de uma fixação rígida; ou através da fixação com dois graus de liberdade; ou através de um eixo de fixação com dois graus de liberdade. Os pólos podem incluir, mas sem ficar a eles limitados, motores lineares, solenóides, acionadores piezelétricos, ou outras tecnologias.

Agora é feita referência à FIGURA 5, que é uma ilustração de um diagrama de blocos de um conjunto que inclui um espelho montado em dois pólos, pelo menos um dos quais é configurável para mudar o seu comprimento eficaz e desse modo girar o espelho, e o conjunto faz parte de uma unidade de

setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. Na FIGURA 5, é mostrada uma parte de um módulo de orientação a laser de uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. De acordo com algumas realizações da invenção, o módulo de orientação a laser inclui um conjunto 500 que inclui dois pólos 502 e 504, pelo menos um dos quais é configurável para mudar o seu comprimento eficaz, e um espelho 506. O espelho 506 pode ser conectado operativamente aos pólos 502 e 504. O espelho 506 pode ser configurado de modo que um feixe laser de uma unidade laser (não mostrada) seja refletido da superfície do espelho 506. Os exemplos das conexões possíveis que são apropriadas para conectar o espelho 506 aos dois pólos 502 e 504 são descritos acima.

De acordo com algumas realizações da invenção, ao estender ou ao retrair pelo menos um dos pólos 502 e 504, o espelho 506 pode ser girado com dois graus de liberdade. De acordo com algumas realizações da invenção, os pólos 502 e 504 podem ser configurados de modo a permitir que o espelho 506 seja girado em torno de um primeiro e um segundo eixos, respectivamente, de uma maneira que permite o direcionamento de um feixe laser incidente no mesmo até substancialmente qualquer ponto dentro de um setor que seja substancialmente de menos de 180 graus para dezenas de graus.

Os dois pólos 502 e 504 podem ser configurados para girar o espelho 506 em torno de um primeiro eixo e um segundo eixo. A extensão/retração do(s) pólo(s) e conseqüentemente o ângulo de incidência do feixe laser no espelho 506 podem ser determinado por um controlador, com base, por exemplo, nos dados de rastreamento recebidos de um módulo sensor de MWS associado. O tamanho do espelho 506 pode ser maior do que a seção transversal do feixe a fim de evitar o recorte a

ângulos incidentes rasos, e de modo a permitir tolerâncias de integração. O feixe de luz ou laser que é incidente sobre o espelho 506 pode ser refletido pelo espelho 506 em uma direção desejada, por exemplo, a um sistema de orientação de uma ameaça detectada. De acordo com algumas realizações da invenção, a direção do feixe laser que sai do conjunto 500 é determinada, pelo menos em parte, pelo extensão/retração do(s) pólo(s), e os níveis de extensão/retração podem fazer com que o feixe laser seja dirigido a direções diferentes.

Com referência novamente à FIGURA 2, tendo sido descritas detalhes algumas realizações da invenção que se relacionam a várias implementações da unidade de setor 210, agora serão fornecidos maiores detalhes com respeito a várias realizações da invenção que se relacionam várias implementações de módulos sensores de MWS 240 e sistemas de MWS. De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS 240 pode incluir um sensor de imagens MWS 242, um elemento óptico 244, um módulo de processamento de sinais 246 e um módulo de comunicação de dados 248.

O sensor de imagens 242 pode incluir uma disposição de fotodiodos sensíveis à energia no MWIR ou no SWIR, que é emitida pela ameaça, e seus respectivos componentes eletrônicos de proximidade (circuito de leitura, conversor analógico-em-digital, módulo de correção de imagem, etc.). O sensor de imagens 242 pode ser adaptado para traduzir a luz incidente em sinais eletrônicos.

O elemento óptico 244 pode ser adaptado para formar a imagem da radiação do campo de visão do MWS (tipicamente, 100 graus por 90 graus) no sensor de imagens.

O módulo de processamento de sinais 246 pode ser conectado operativamente ao sensor de imagens 242 do MWS. O módulo de processamento de sinais 246 pode ser configurado para receber um sinal digital ou analógico do sensor de

imagens 242 do MWS, que corresponde aos dados visuais coletados pelo sensor 242. O módulo de processamento de sinais 246 inclui um módulo de aquisição do alvo 252 e um módulo de rastreamento 254. De acordo com algumas realizações da invenção, o módulo de aquisição de alvo 252 pode ser adaptado para processar o sinal recebido do sensor de imagens 242 do MWS para determinar se o sinal inclui uma assinatura de uma ameaça, e determina possivelmente se a ameaça detectada é dirigida para a plataforma.

Conforme acima mencionado, o módulo de aquisição de alvo 252 pode ser adaptado para receber um sinal de um sensor de imagens 242 do MWS e para processar o sinal de modo a determinar se ele inclui uma assinatura de uma ameaça que é dirigida para a plataforma. O processamento de um sinal recebido de um sensor de imagens para determinar se o sinal inclui uma assinatura de uma ameaça e para obter outros dados sobre uma ameaça detectada é bem conhecido. Qualquer método atualmente disponível ou ainda a ser planejado no de processamento de sinais recebidos de um sensor de imagens para determinar se os sinais incluem uma assinatura de uma ameaça pode ser utilizado como parte de algumas realizações da invenção. Isto pode ser feito mediante a aplicação de filtros dependentes do tempo e espaciais na imagem que extrai objetos de pontos brilhantes estatisticamente significativos com respeito ao fundo. O módulo de aquisição de alvo também pode rastrear a ameaça detectada a fim de verificar se é uma ameaça (e não um ruído aleatório, ou um alvo quente que não tem a trajetória de uma ameaça), e se está visando a plataforma. De acordo com outras realizações da invenção, o módulo de aquisição de alvo 252 também pode ser adaptado para prover com respeito a uma ameaça detectada um ou mais dos seguintes: a direção relativa de uma ameaça detectada (que pode ser determinada pela posição do pixel onde a ameaça foi

detectada dentro do sensor de imagens), um tempo estimado para o impacto, e as informações adicionais que podem ajudar a identificar uma ameaça detectada.

Conforme acima mencionado, o módulo de processamento de sinais 246 do módulo sensor de MWS 240 também pode incluir um módulo de rastreamento 254. De acordo com algumas realizações da invenção, o módulo de rastreamento 254 pode ser adaptado para executar continuamente o processo de detecção, analisando a série dos eventos de detecção da mesma ameaça, gerando uma trajetória da ameaça, utilizando possivelmente dados do sistema de navegação, utilizando dados do sistema de navegação para traduzir os dados da posição da plataforma do sensor e/ou do eixo da terra, aplicando uma técnica de estimativa tal como o filtro Kalman para gerar a estimativa para a posição atual ou futura da ameaça, gerando dados de rastreamento para a unidade de setor que pode levar em consideração o seu retardo na estimativa da posição da ameaça.

Os dados de rastreamento do módulo de rastreamento 254 podem ser utilizados de modo a permitir que uma unidade de setor 210 direcione um feixe laser a um sistema de orientação de uma ameaça detectada que é determinada para ser dirigida para uma plataforma em que um sistema de LDIRCM 200 de acordo com algumas realizações da invenção é montado. De acordo ainda com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS 240 pode ser adaptado para enviar os dados de rastreamento a uma unidade específica de uma pluralidade de unidades de setor que fazem parte de um sistema de LDIRCM distribuído, de modo a permitir que essa unidade de setor direcione um feixe laser ao sistema de orientação do laser de uma ameaça detectada que é dirigida para uma plataforma em que o sistema de LDIRCM é montado.

De acordo com algumas realizações da invenção, o

sistema de MWS pode incluir um controlador central (não mostrado) que pode ser adaptado para controlar alguns aspectos da operação da pluralidade dos módulos sensores de MWS. Por exemplo, o controle central do sistema de MWS pode ser adaptado para coordenar a operação da pluralidade dos módulos sensores de MWS. Desse modo, no caso em que uma ameaça é detectada em uma posição relativa a uma plataforma que esteja coberta por dois módulos sensores de MWS diferentes, o controlador central de MWS pode determinar a qual dos módulos sensores de MWS deve ser atribuída a missão de rastrear a ameaça e de fornecer os dados de rastreamento a uma unidade de setor de uma maneira que permite que a unidade de setor direcione um feixe laser a um sistema de orientação da ameaça. O controlador central de MWS também pode ser conectado aos sistemas adicionais montados na plataforma incluindo, por exemplo, sistemas de navegação, e pode aumentar os dados de um módulo sensor de MWS com os dados obtidos dos sistemas adicionais. Por exemplo, o controlador central de MWS pode ser conectado ao sistema de navegação inercial de uma aeronave (INS) e ao Sistema de Posicionamento Global (GPS), e pode aumentar os dados de rastreamento gerados por um módulo sensor de MWS com os dados correspondentes recebidos dos sistemas INS e GPS.

Tendo sido fornecida uma descrição geral dos componentes de um módulo sensor de MWS e a funcionalidade básica de cada componente, agora é apresentada uma discussão das várias tecnologias de sensor de imagens que podem ser implementadas como parte de um módulo sensor de MWS em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. Deve ser apreciado que algumas das implementações do módulo sensor de MWS discutidas abaixo podem contribuir para o preço, o tamanho, o peso e/ou o consumo de energia de um módulo sensor de MWS. De acordo com algumas realizações da

invenção, os sensores de imagens 242 propostos para serem utilizados como parte de um módulo sensor de MWS 240 podem propiciar diversos benefícios com um custo de níveis de ruído aumentados. Conforme será explicado em maiores detalhes a seguir, os níveis aumentados de ruído são aceitáveis ou passam a ser aceitáveis de acordo com algumas realizações da invenção. Um benefício chave de algumas das implementações propostas do módulo sensor de MWS é associado com a eliminação da necessidade de refrigeração criogênica. Ao invés disto, de acordo com algumas realizações da invenção é proposto um módulo sensor de MWS 240 que pode receber o Refrigerador Termo-elétrico (TEC) (não mostrado), ou uma outra solução de baixo custo. De acordo com outras realizações da invenção, é apresentado um módulo sensor de MWS que pode operar sem ser refrigerado.

De acordo com algumas realizações da invenção, pode ser provido um módulo sensor de MWS 240 que seja baseado em tecnologias de sensores de imagens desenvolvidas relativamente recentemente para os sensores Meio-Infravermelhos. As tecnologias de sensores de imagens recentemente desenvolvidas para os sensores Meio-Infravermelhos são satisfeitas com refrigeração TEC e não requerem refrigeração criogênica. Os exemplos de tecnologias de sensores de imagens para Meio-Infravermelhos que são satisfeitas com refrigeração TEC e não requerem refrigeração criogênica incluem, mas sem ficar a eles limitadas: detectores de PbSe, MCT (telureto de cádmio e mercúrio) suprimido de recombinação Auger, tal como a tecnologia de detectores desenvolvida pela Vigo Systems S.A. (Varsóvia, Polônia), detectores de InAsSb, desenvolvidos no Center of Quantum Technologyna na Northwestern University (Evanston, Illinois, EUA).

De acordo com determinadas realizações da invenção,

o nível de ruído mais elevado dos detectores mencionados acima, comparado aos detectores criogenicamente refrigerados, tais como detectores de InSb ou MCT, por exemplo, não pode solapar a funcionalidade do detector como uma solução de MWS/rastreador em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com realização da presente invenção. Isto pode ser explicado, pelo menos em parte, pelo seguinte: Um módulo sensor de MWS que é baseado no detector criogenicamente refrigerado é limitado, pelo menos em parte, pela desordem do detector e não por seu ruído interno. Portanto, um aumento no nível de ruído do sensor de imagens pode não reduzir necessariamente substancialmente o desempenho do módulo sensor de MWS.

Além disso, quando um módulo sensor de MWS é utilizado como um rastreador que não é direcionado com o laser, tal como está sendo proposto de acordo com algumas realizações da invenção, o tempo de reação rápida do rastreador permite que o míssil seja detectado em uma faixa mais curta, porque menos tempo precisa ser alocado para dirigir o feixe laser para o míssil. Também deve ser apreciado que, quando um laser confiável e responsivo e sistemas de cardan são utilizados conjuntamente com o módulo sensor de MWS, tal como é sugerido de acordo com algumas realizações da invenção, uma taxa relativamente elevada de alarmes falsos pode ser aceitável. Um laser mais confiável e mais responsivo e sistemas de cardan podem reciclar de maneira suficientemente rápida de modo que permite tentativas múltiplas de bloquear eletronicamente uma ameaça detectada, de modo que haja uma tolerância maior para erros de rastreamento, e especificamente para os erros de rastreamento que resultam de um nível de ruído relativamente elevado. Os sistemas de LDIRCM convencionais, cujo cardan (ou um outro elemento de direcionamento de feixe) é mais lento, por exemplo, da ordem de diversas dezenas de segundo para apontar

para uma determinada direção e, portanto, um alarme falso, podem aumentar o tempo de mirar um alvo verdadeiro, porque o cardan pode mirar um alarme falso na outra direção. Esta questão é aumentada com o longo tempo de espera para a operação dos lasers de estado sólido alterado OPO, que também podem ser medidos em dezenas de segundos. As taxas elevadas de alarmes falsos podem praticamente requerer que o laser opere continuamente, e reduzem significativamente a sua confiabilidade já limitada. Os lasers semicondutores, que são propostos como parte de algumas realizações da invenção, podem iniciar a operação dentro de um tempo muito curto de espera, e têm o potencial de ser significativamente mais confiáveis quanto a suas alternativas de estado sólido.

Adicionalmente, de acordo com algumas realizações da invenção o sistema de MWS pode ser utilizado conjuntamente, por exemplo, com sistemas de detecção de ameaça e/ou de rastreamento de ameaça de retaguarda, tal como um sistema do radar MWS. Deve ser apreciado que o uso de um sistema de detecção de ameaça e/ou de rastreamento de ameaça de retaguarda pode prover uma outra camada de filtragem de modo que, em alguns casos, um alarme falso recebido de um módulo sensor de MWS pode ser rejeitado com base em uma referência cruzada com dados do sistema de retaguarda. Consequentemente, quando o MWS é utilizado conjuntamente com um sistema de retaguarda uma taxa mais elevada de alarmes falsos pode ser permitida.

Além disso, também deve ser apreciado que, de acordo com algumas realizações da invenção, uma aplicação de rastreamento de um módulo sensor de MWS pode ser inerentemente mais menos sensível ao nível de ruído dos dados do sensor de imagens. A aplicação de rastreamento é inerentemente menos sensível ao nível de ruído dos dados do sensor de imagens para pelo menos pelas seguintes razões: o

rastreamento de uma ameaça é iniciado e executado em uma faixas curta do que a detecção da ameaça; o rastreamento utiliza mais amostras da ameaça e, portanto, podem acomodar com relação mais baixa entre sinal e ruído (SNR) e entre sinal e desordenação (SCR) do que a detecção; janelas podem ser utilizadas, aumentando também o número das amostras que o rastreamento está utilizando como sua linha base.

Na discussão acima, foi feita referência aos sensores Meio-Infravermelhos como um exemplo das tecnologias de sensores de imagens recentemente desenvolvidas que podem ser implementadas em um sensor de MWS de acordo com algumas realizações da invenção. Agora é apresentada uma descrição de uma implementação inovadora da tecnologia de sensores infravermelhos de ondas curtas (SWIR) para obter um sensor de imagens em um módulo sensor de MWS de acordo com algumas realizações da invenção. De acordo com algumas realizações das realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode incluir uma disposição de sensores infravermelhos de ondas curtas (daqui por diante: "SWIR"). Os sensores de SWIR podem ser configurados para operar na faixa de SWIR (um 1-3 μm).

De acordo com algumas realizações da invenção, uma disposição de sensores de SWIR pode receber refrigeração suficiente de uma unidade de refrigeração TEC. Desse modo, de acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode incluir uma unidade de refrigeração TEC para refrigerar um sensor de imagens do módulo sensor de MWS. Os exemplos dos detectores de refrigeração TEC de SWIR que podem ser utilizados como parte de um módulo sensor de MWS de acordo com algumas realizações da invenção podem incluir, mas sem ficar a eles limitados, sensores InGaAs SWIR, ou sensores MCT SWIR.

Deve ser apreciado que a inclusão de sensores de imagens que requerem somente refrigeração TEC, eliminando

desse modo a necessidade de um módulo sensor de MWS que inclua refrigeração criogênica, um módulo sensor de MWS mais leve e/ou menor pode ser obtido. Um módulo sensor de MWS mais leve e/ou menor pode contribuir para um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção que mantém um custo total, um tamanho e um peso do sistema que são próximos daqueles de um sistema de LDIRCM típico.

Tendo sido descritas várias tecnologias de sensores de imagens que podem ser implementadas como parte de um módulo sensor de MWS em um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção, agora é apresentada uma descrição de aspectos adicionais da invenção, que são associados com as capacidades de rastreamento que podem ser obtidas de um módulo sensor de MWS que é utilizado conjuntamente com uma unidade de setor em um LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção.

Conforme acima mencionado, de acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma pode incluir um módulo sensor de MWS que seja configurável para prover capacidades de detecção de ameaça e de rastreamento de ameaça dentro de um setor específico em relação à plataforma. Conforme também foi mencionado acima, de acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM montável em uma plataforma pode incluir uma unidade de setor que seja configurável para prover capacidades de bloquear eletronicamente uma ameaça com respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor em relação à plataforma que é substancialmente de menos de 180 graus para dezenas de graus. De acordo com um aspecto da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser montado na plataforma de maneira tal que, quando uma ameaça for detectada dentro de um setor em relação à plataforma que é associada com uma unidade de setor da dita pluralidade de unidades de setor, o campo de visão

instantâneo (daqui por diante: "IFOV") de cada pixel de um sensor de imagens do módulo sensor de MWS é menor do que a meia largura máxima total (daqui por diante: ângulo de divergência de campo distante de "FWHM") de um feixe laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor.

Agora é feita referência à FIGURA 6A, que é uma ilustração gráfica do campo de visão instantâneo de um pixel de um sensor de imagens de um módulo sensor de MWS que faz parte de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. Na FIGURA 6A, é mostrada uma disposição de sensores 602 que fazem parte de um sensor de imagens de um módulo sensor de MWS e um elemento óptico de manipulação de imagens 604, por exemplo, uma lente de manipulação de imagens, posicionada na trajetória óptica da disposição de sensores 602. O elemento óptico 604 pode ser adaptado para coletar a luz ambiente e para focalizar a luz ambiente na disposição de sensores 602. A tangência inversa da largura da disposição de sensores 602 dividida pelo comprimento focal eficaz do elemento óptico de manipulação de imagens 604 pode definir um campo de visão total (daqui por diante: "FOV") do módulo sensor de MWS.

A FIGURA 6A fornece uma ilustração de um IFOV de um pixel 606 em uma disposição de sensores que podem fazer parte de um módulo sensor de MWS ou como parte de uma disposição de sensores que fazem parte de um sensor de rastreamento de ameaça designada, de acordo com algumas realizações da invenção. O IFOV do pixel 606 é definido pelo passo horizontal do pixel (a distância entre dois centros de sensores adjacentes), denotado por 'P', quando dividido pelo comprimento focal do elemento óptico de manipulação de imagens, denotado por 'f':

$$IFOV = \tan^{-1}(P/f) \cong P/f \qquad \text{(Equação 1)}$$

A tangência inversa da largura da disposição de

sensores 602 denotada por 'W' dividida pelo comprimento focal eficaz do elemento óptico de manipulação de imagens 604 pode definir um campo de visão total (dali por diante: "FOV") do módulo sensor de MWS:

$$FOV = \tan^{-1} (W/f) \qquad \text{(Equação 2)}$$

Agora é feita referência à FIGURA 6B que é uma ilustração de um diagrama de blocos de um divergência de um feixe laser que pode ser gerado por uma unidade de setor que faz parte de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção. Um gerador de energia eletromagnética 612 gera energia eletromagnética. A energia eletromagnética é recebida por uma lente de colimação 614 que colima a energia eletromagnética, causando desse modo um feixe laser. O feixe laser se desloca através da atmosfera e em algum ponto começa a ser desviado. A diversão do feixe laser da linha central do feixe no meio campo distante máximo é denotada na FIGURA 6 pela letra grega 'θ'.

Agora é feita referência à FIGURA 6C, que é um gráfico que ilustra o ângulo de divergência do feixe laser mostrado na FIGURA 6B. Conforme pode ser visto na FIGURA 6C, a meia largura máxima total do ângulo de divergência de campo distante do feixe laser mostrado na FIGURA 6B é marcada pela linha horizontal no ponto a meia altura do gráfico de distribuição de campo - ângulo de divergência.

Conforme acima mencionado, uma pluralidade de módulos sensores de MWS e uma pluralidade de unidades de setor de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção pode ser montada em uma plataforma. De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma

posição e/ou a direção da ameaça detectada, por meio do que a ameaça está dentro do setor de sobreposição (definido pela sobreposição entre o setor de cobertura de detecção/rastreamento do módulo sensor de MWS e o setor coberto pela unidade de setor), o IFOV de cada pixel fornecido pelo módulo sensor de MWS pode ser menor do que o ângulo de divergência de campo distante de FWHM de um feixe laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor. De acordo ainda com outras realizações da invenção, o módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada de modo que permite que a unidade de setor de direcione um feixe laser a um sistema de orientação da ameaça detectada.

Conforme acima mencionado, um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de módulos sensores de MWS e uma pluralidade de unidades de setor pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que um módulo sensor de MWS (ou sensor de rastreamento de ameaça) é fixado rigidamente à plataforma e também fixado rigidamente a uma unidade de setor. O módulo sensor de MWS pode ser adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça que é dirigida para a plataforma e também pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor à qual é fixado rigidamente os dados de rastreamento a fim de permitir que a unidade de setor rastreie a ameaça detectada. O módulo sensor de MWS pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados de rastreamento de modo que permite que a unidade de setor direcione um feixe laser ao sistema de orientação da ameaça detectada. De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser adaptado para fornecer a uma

unidade de setor à qual é fixado rigidamente os dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada (dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada). Para assegurar que os dados de rastreamento possam ser suficientemente precisos para apontar o feixe laser na ameaça, o IFOV de cada pixel fornecido pelo módulo sensor de MWS é menor do que o ângulo de divergência de campo distante de FWHM de um feixe laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor. Deve ser apreciado que, quando um módulo sensor de MWS é fixado rigidamente a uma unidade de setor, o desalinhamento entre o módulo sensor de MWS e a unidade de setor pode ser reduzido substancialmente e possivelmente o desalinhamento mecânico pode ser virtualmente eliminado.

Agora é apresentada uma descrição de um outro aspecto da invenção que é associado com as capacidades de rastreamento que podem ser obtidas de um módulo sensor de MWS que seja utilizado conjuntamente com uma unidade de setor em um sistema de LDIRCM distribuído de acordo com algumas realizações da invenção. Conforme acima mencionado, uma pluralidade de módulos sensores de MWS e uma pluralidade de unidades de setor de um sistema de LDIRCM de acordo com algumas realizações da invenção podem ser montadas em uma plataforma. De acordo com outras realizações da invenção, um módulo sensor de MWS cujo setor de cobertura de detecção/rastreamento se sobrepõe pelo menos com uma parte de um setor coberto por uma unidade de setor pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor os dados com respeito a uma posição e/ou a direção da ameaça detectada, por meio do que a ameaça fica dentro do setor de sobreposição (definido pela sobreposição entre o setor de cobertura de detecção/rastreamento módulo sensor de MWS e o setor coberto pela unidade de setor), os dados fornecidos pelo módulo sensor de MWS são associados com um erro angular que é

substancialmente menor do que o ângulo de divergência de campo distante do feixe laser gerado pela unidade de setor.

Conforme acima mencionado, um sistema de LDIRCM que inclui uma pluralidade de módulos sensores de MWS e uma pluralidade de unidades de setor pode ser montado em uma plataforma de maneira tal que um módulo sensor de MWS é fixado rigidamente à plataforma e também a uma unidade de setor. O módulo sensor de MWS pode ser adaptado para detectar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça que é dirigida para a plataforma e também pode ser adaptado para fornecer à unidade de setor à qual é fixado rigidamente com os dados de rastreamento a fim de permitir que a unidade de setor rastreie a ameaça detectada. De acordo com algumas realizações da invenção, um módulo sensor de MWS pode ser adaptado para fornecer a uma unidade de setor à qual é fixado rigidamente os dados de rastreamento com respeito a uma ameaça detectada (dados com respeito a uma posição e/ou direção da ameaça detectada), e os dados de rastreamento podem ser suficientemente precisos de modo que o erro angular associado com os dados de rastreamento seja menor do que o ângulo de divergência de campo distante de um feixe laser gerado por uma unidade laser da unidade de setor. Deve ser apreciado que, quando um módulo sensor de MWS é fixado rigidamente a uma unidade de setor, o desalinhamento entre o módulo sensor de MWS e a unidade de setor pode ser reduzido substancialmente e possivelmente o desalinhamento pode ser virtualmente eliminado.

Em uma outra realização da presente invenção, é proposto o uso de janelas para aumentar a velocidade de rastreamento da ameaça e possivelmente a confiabilidade de rastreamento. Conforme mencionado abaixo, é vantajoso o uso de circuitos de rastreamento rápido, para aumentar a precisão de rastreamento a fim de reduzir a divergência do feixe.

Conjuntamente com um cardan rápido, o rastreador precisa fornecer dados rapidamente renovados da posição sobre a ameaça. Tipicamente, a taxa de "frames" é limitada pelo canal de saída do circuito de leitura do detector do rastreador. Uma opção de janelas é oferecida de acordo com algumas realizações da invenção, onde o detector pode prover uma taxa mais elevada de "frames" para uma janela cujo tamanho seja menor do que o tamanho total do "frame", de modo que o tempo de renovação dos dados fornecidos para essa janela seja maior, enquanto a taxa de dados total para os pixels na janela escolhida é igual ou menor que do que a taxa de dados dos pixels no tamanho de "frame" total. Por exemplo: em um detector de 256 X 256 pixels com uma taxa de "frames"de 100 Hz, a taxa de dados do pixel é 256 x 256 x 100 = 6.55 Mpixel/segundo. Se uma opção de janelas for provida para uma janela de 50 x 50 pixels a 1.000 Hz, a taxa de dados do pixel é 50 x 50 x 1000 = 2,5 Mpixel/segundo. A posição da janela é atualizada externamente. Em alguns casos, mais de uma janela podem ser definidas simultaneamente. O circuito de rastreamento neste caso inclui uma detecção inicial do míssil dentro do "frame" completo, e então a definição de uma janela que seja centrada na posição do míssil detectado. O rastreador pode então fornecer a taxa de renovação sobre a posição do míssil que é significativamente mais alta do que a taxa de renovação do "frame" completo. A posição da janela pode ser atualizada com as mudanças da posição do míssil com respeito ao centro do "frame" do rastreador.

Embora determinadas características da invenção tenham sido aqui ilustradas e descritas, muitas modificações, substituições, mudanças e equivalentes ocorrerão aos elementos versados na técnica. Portanto, deve ficar compreendido que as reivindicações anexas se prestam a cobrir todas tais modificações e mudanças que se enquadram dentro do

âmbito verdadeiro da invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, caracterizado pelo fato de compreender:

uma pluralidade de unidades de setor operativamente independentes de cada unidade de setor que compreende:

- uma unidade laser semicondutora adaptada para produzir um feixe de energia laser infravermelha para proteger um sistema de orientação de uma ameaça;

- um controlador para controlar a operação da unidade laser semicondutora e para fornecer sinais de acionamento à unidade laser semicondutora;

- um módulo de orientação laser, em que o módulo de orientação laser é adaptado para girar pelo menos o feixe laser gerado pela dita unidade laser na direção de uma ameaça, permitindo desse modo conter uma ameaça dentro de um determinado setor em relação à unidade de setor, e

em que as ditas unidades de setor podem ser montadas na plataforma, de maneira tais que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor é configurada ao receber a energia elétrica para operar independentemente para prover uma capacidade de contenção a respeito de uma ameaça localizada dentro de um respectivo setor em relação à plataforma, e cada setor fica substancialmente a menos de 180 graus horizontalmente, propiciando uma capacidade de contenção de míssil combinada que cobre substancialmente todo o perímetro da dita plataforma.

2. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a unidade laser inclui um laser semicondutor que é configurável para prover um feixe laser a um comprimento de onda entre 3 e 5 μm.

3. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a unidade laser inclui um laser selecionado de um grupo que consiste em: um laser de cascata de quantum; um laser de cascata interfaixas; um laser semicondutor externamente bombeado que é configurável para prover um feixe laser a um comprimento de onda entre 3 e 5 μm.

4. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente:

uma pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento que podem ser montados na plataforma, de maneira tal que cada módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento é configurado para detectar uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma, em que cada setor fica substancialmente a menos de 180 graus horizontalmente, propiciando uma capacidade combinada de detecção e rastreamento que cobre substancialmente todo o perímetro da dita plataforma,

e em que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento pode ser rigidamente fixado a uma ou mais das ditas unidades da pluralidade de unidades de setor enquanto montados na plataforma, de maneira tal que o rastreamento dos dados provido por esse módulo de detecção de ameaça e rastreamento a uma unidade de setor à qual é fixado rigidamente é substancialmente afetado por distorções físicas da plataforma.

5. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de

acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento compreende uma disposição de detectores de observação fixa, e pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento pode ser fixado rigidamente a uma ou a mais unidades da dita pluralidade de unidades de setor quando montados na plataforma, de maneira tal que um erro angular entre uma localização de uma ameaça tal como representada pelos dados fornecidos por pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e uma linha central de um feixe de energia laser dirigido por uma ou mais das ditas unidades de setor com base nos dados de rastreamento na direção da ameaça, é menor do que a divergência distante do campo do dito feixe.

6. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento pode ser fixado rigidamente a uma ou mais unidades da dita pluralidade de unidades de setor enquanto montados na plataforma, de maneira tal que um campo de visão instantânea de cada pixel de pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento é menor do que o ângulo de divergência distante de campo meio máximo de largura total de um feixe de energia laser dirigido por uma ou mais das ditas unidades de setor na direção da ameaça.

7. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento é

operável para implementar um primeiro modo de operação para procurar um sinal que inclui uma assinatura de uma ameaça dirigida para a plataforma a uma primeira taxa de quadros e dentro de um primeiro quadro, e para implementar um segundo modo de operação para rastrear uma ameaça detectada durante o dito primeiro modo de operação, em que o segundo modo de operação inclui a definição de um subquadro dentro do primeiro quadro em torno da assinatura detectada da ameaça e a amostragem do subquadro a uma segunda taxa de quadros que é substancialmente mais elevada do que a primeira taxa de quadros.

8. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento é um sistema de advertência de mísseis (daqui por diante: "MWS").

9. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor quando montadas na plataforma é configurável para prover uma capacidade de contenção dentro de um setor de cobertura que fica aproximadamente 90 graus horizontalmente e dezenas de graus verticalmente.

10. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor quando montadas na plataforma é configurável para prover uma capacidade de contenção dentro de um setor de cobertura que fica aproximadamente 60 graus horizontalmente e dezenas de

graus verticalmente.

11. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um módulo de orientação laser de cada unidade de setor inclui um ou mais elementos orientadores de feixe que podem girar aproximadamente em torno de um primeiro e um segundo eixos, desse modo permitindo que os ditos um ou mais elementos orientadores de feixe dirijam pelo menos o feixe laser gerado pela dita unidade laser na direção de uma ameaça, e em que a dita pluralidade de unidades de setor pode ser montada na plataforma de maneira tal que um movimento de um dos ditos um ou mais elementos orientadores de feixe de um módulo de orientação a laser ou de cada unidade da dita pluralidade de unidades de setor em torno do primeiro eixo não faz com que a orientação do segundo eixo de um ou mais dos ditos elementos orientadores de feixe mude em respeito da plataforma, e vice-versa.

12. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 8, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento é associado operativamente com um refrigerador termo-elétrico ou então não é ativamente refrigerado de maneira nenhuma.

13. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 6 ou 12, caracterizado pelo fato de que pelo menos um módulo da dita pluralidade de módulos de detecção de ameaça e rastreamento inclui um detector SWIR que tem um comprimento de onda de corte que fica compreendido entre 1,5 e 3 μm.

14. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO

DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente uma unidade de detecção de ameaça de radar.

15. SISTEMA DE CONTRAMEDIDAS INFRAVERMELHO DIRIGIDO A LASER QUE PODE SER MONTADO EM UMA PLATAFORMA, caracterizado pelo fato de compreender:

uma pluralidade de unidades de setor, em que cada unidade de setor compreende:

- uma unidade laser semicondutora adaptada para produzir um feixe de energia infravermelha laser para proteger um sistema de orientação contra uma ameaça;

- uma lente de colimação para colimar o feixe laser produzido pela unidade laser semicondutora para reduzir o ângulo de divergência do feixe laser;

- um módulo de orientação do laser adaptado para dirigir pelo menos o feixe laser colimado na direção de uma ameaça dentro de um determinado setor em relação à unidade de setor, permitindo desse modo a contenção de uma ameaça localizada dentro de um determinado setor em relação à unidade de setor, e

- uma pluralidade de módulos de MWS de disposição de observação fixa para prover uma respectiva pluralidade de quadros em pixels, em que cada quadro representa um setor específico em relação ao módulo de MWS correspondente, e cada módulo de MWS permite a detecção e o rastreamento de uma ou mais ameaças dentro do respectivo quadro;

e cada módulo de MWS compreende uma disposição de sensores de observação fixa, em que cada sensor de observação fixa é configurado para prover uma representação em pixels de um campo de visão instantânea (IFOV) desse sensor, e cada sensor é configurado de maneira tal que seu respectivo pixel é menor do que o ângulo de divergência de campo distante meio

máximo de largura total (FWHM) de um feixe laser gerado por uma unidade de setor entre a dita pluralidade de unidades de setor,

e cada módulo da pluralidade de módulos de MWS da disposição de observação fixa é fixado rigidamente a uma unidade de setor para mantendo o IFOV de cada pixel do módulo de MWS menor do que o ângulo de divergência de campo distante FWHM de um feixe laser gerado pela unidade de setor, dentro de um setor de cobertura sobreposto do respectivo módulo de MWS da disposição de observação fixa e da unidade de setor.

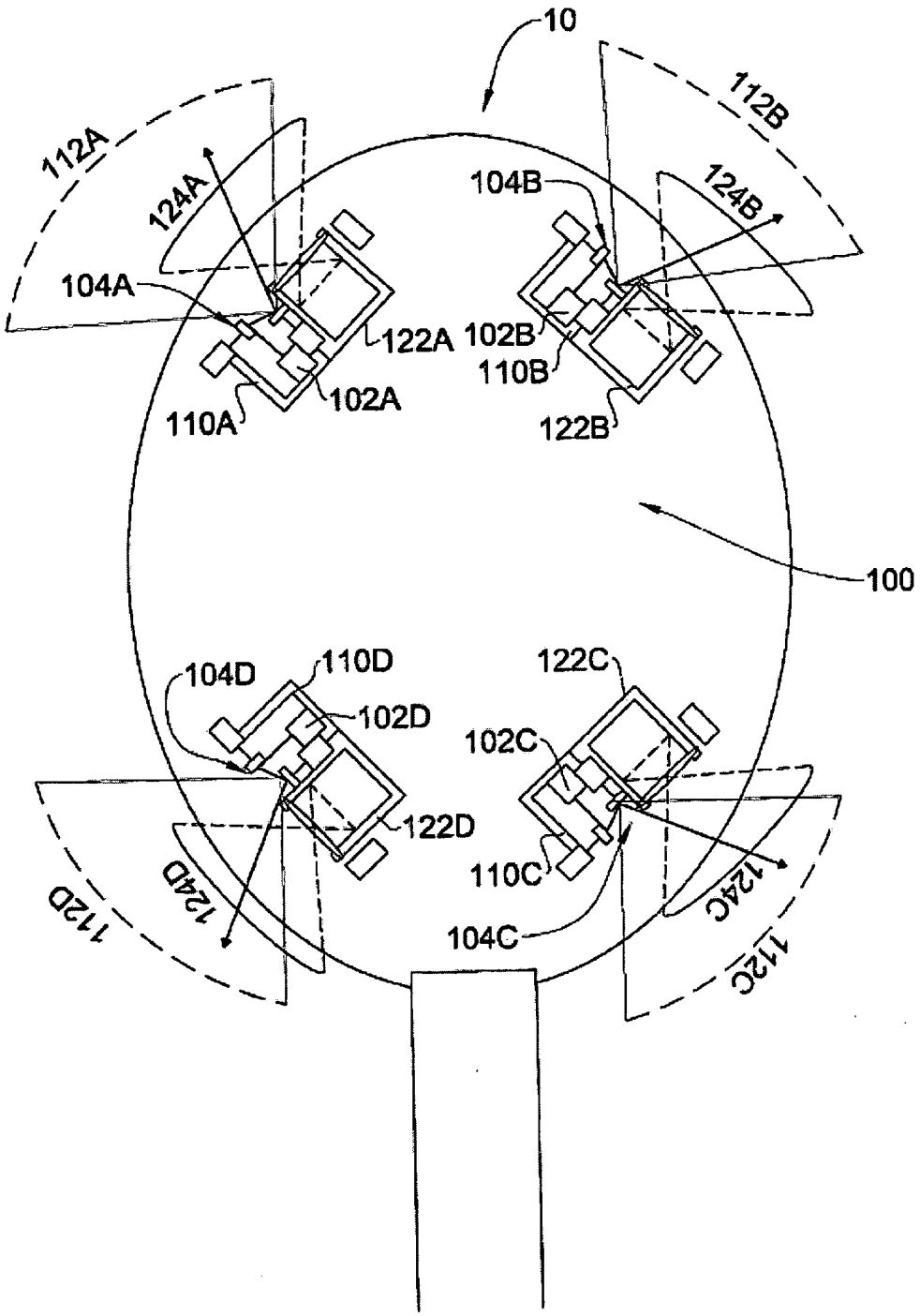

10
112A
124A
104A
122A
102A
110A
112B
104B
124B
102B
110B
122B
100
104D
110D
102D
122D
112D
124D
122C
102C
110C
104C
124C
112C

FIG. 1

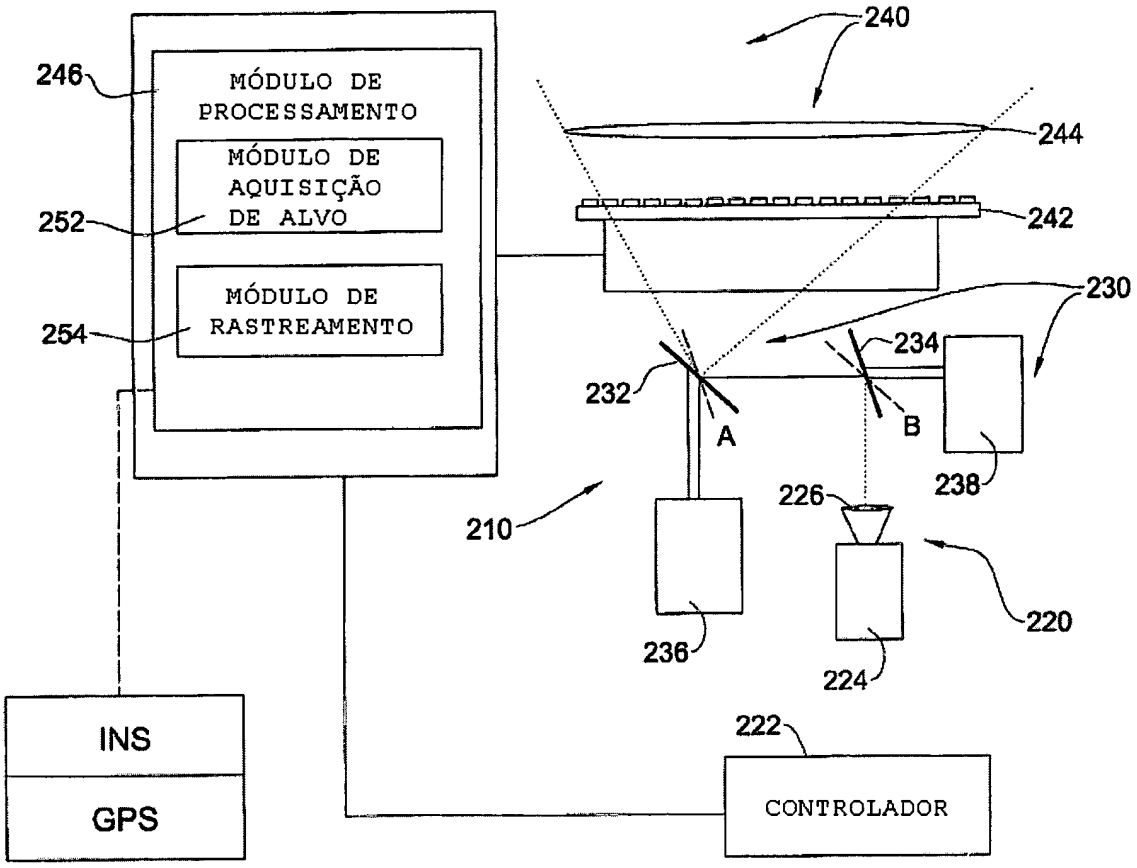

246
MÓDULO DE PROCESSAMENTO
MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE ALVO
252
MÓDULO DE RASTREAMENTO
254
INS
GPS
240
244
242
230
234
232
A
B
238
210
226
220
236
224
222
CONTROLADOR

FIG.2a

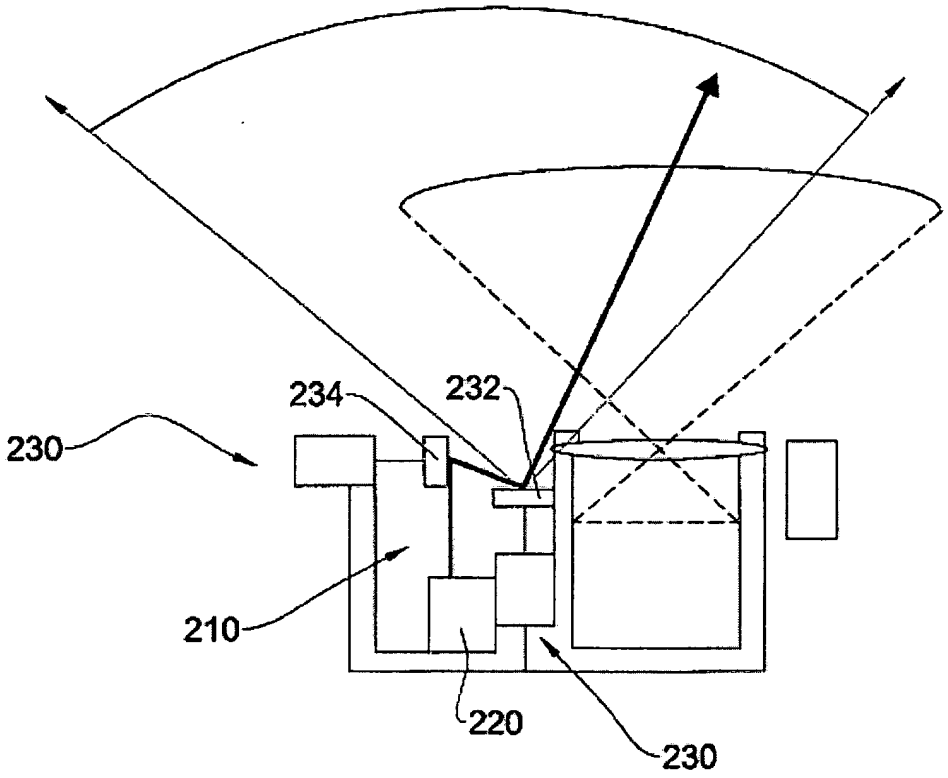


FIG.2B

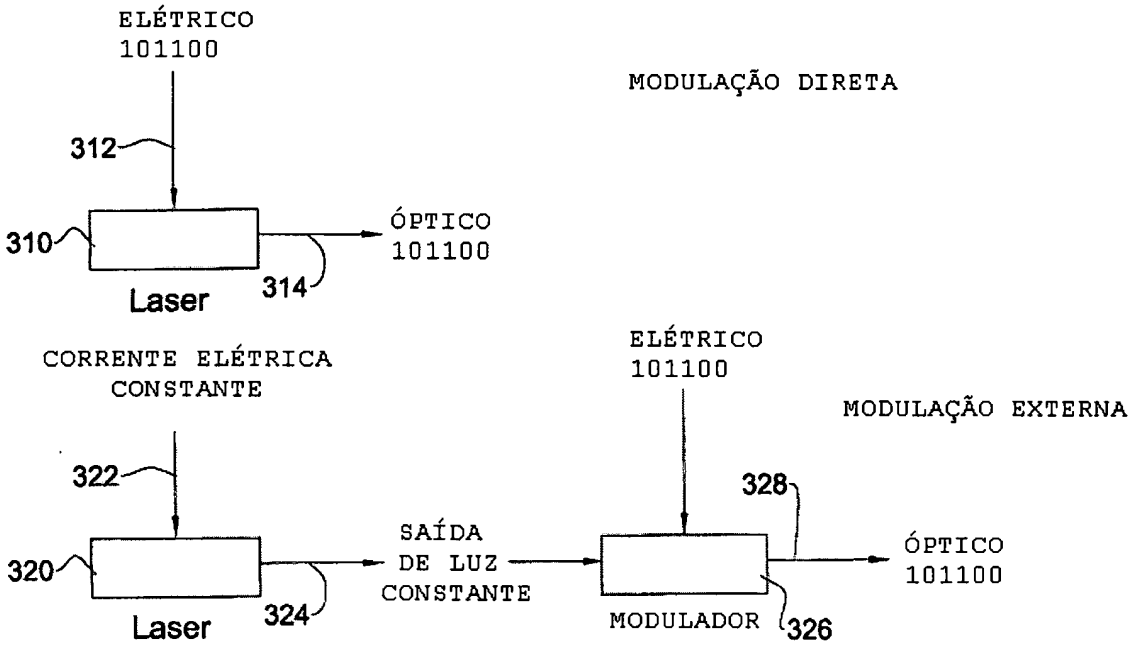

ELÉTRICO
101100
MODULAÇÃO DIRETA
312
310
ÓPTICO
101100
Laser
314
CORRENTE ELÉTRICA
CONSTANTE
ELÉTRICO
101100
MODULAÇÃO EXTERNA
322
328
320
SAÍDA
DE LUZ
CONSTANTE
ÓPTICO
101100
Laser
324
MODULADOR
326

FIG. 3

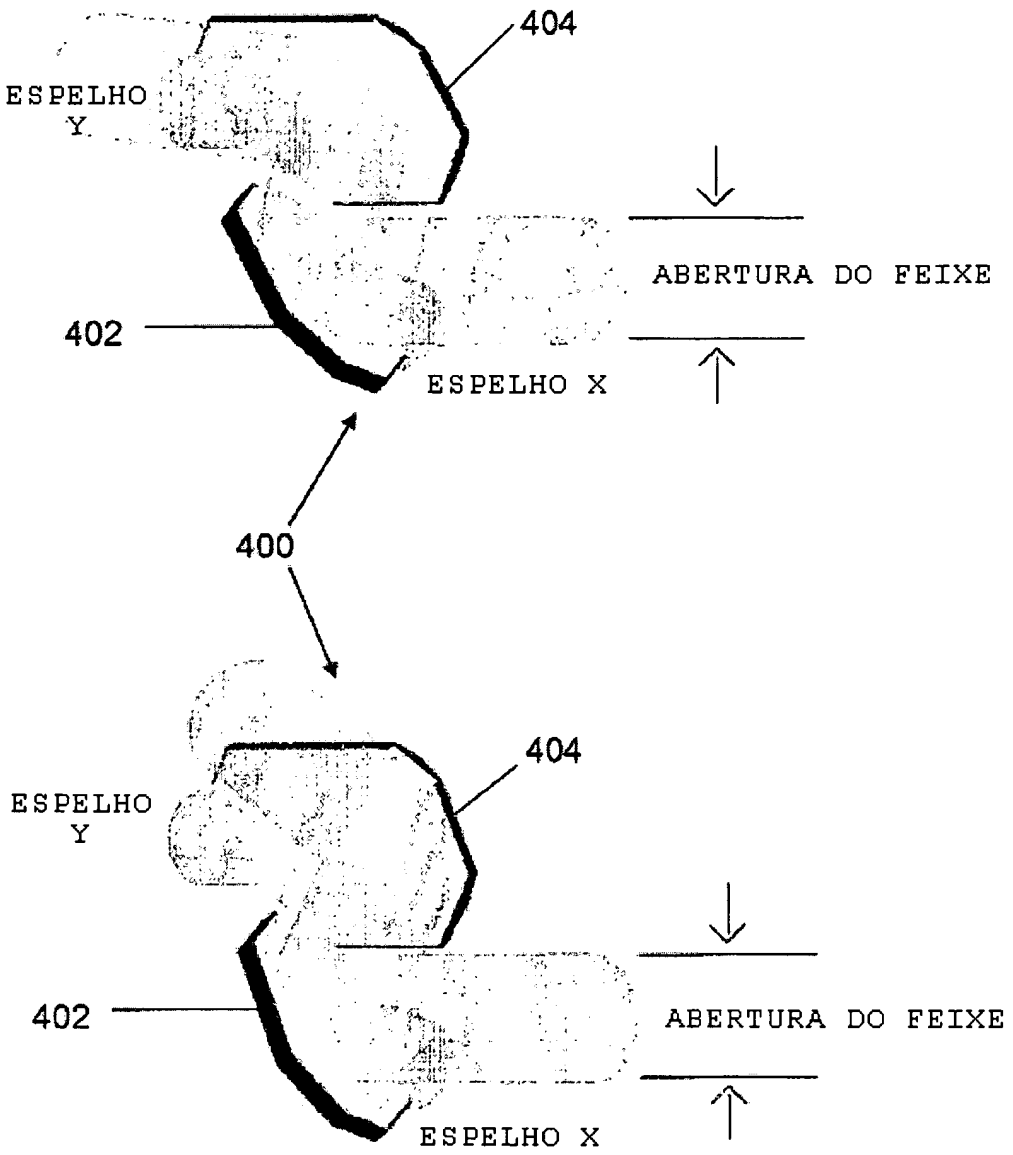

404
ESPELHO Y
ABERTURA DO FEIXE
402
ESPELHO X
400
404
ESPELHO Y
402
ABERTURA DO FEIXE
ESPELHO X

FIG. 4

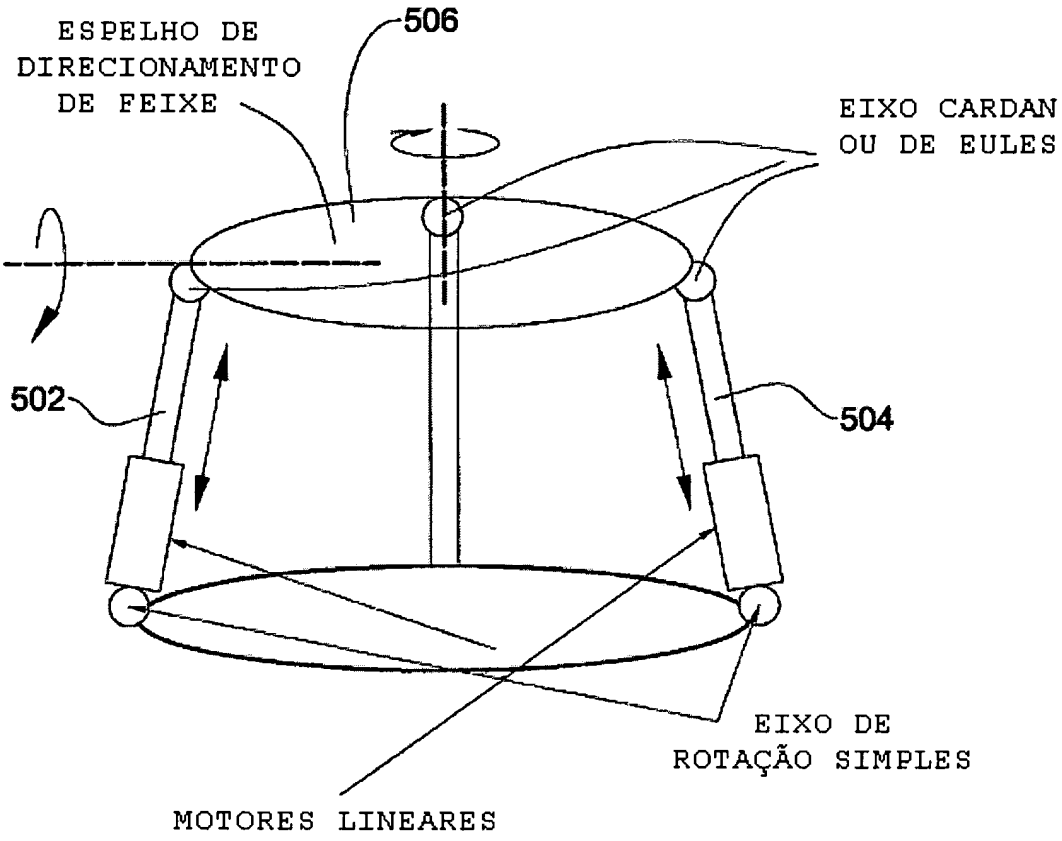

ESPELHO DE
DIRECIONAMENTO
DE FEIXE
506
EIXO CARDAN
OU DE EULES
502
504
EIXO DE
ROTAÇÃO SIMPLES
MOTORES LINEARES

FIG. 5

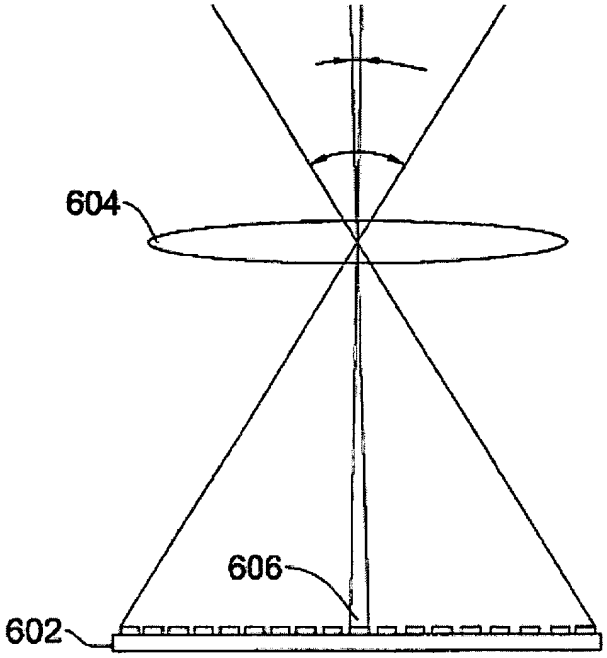


FIG. 6a

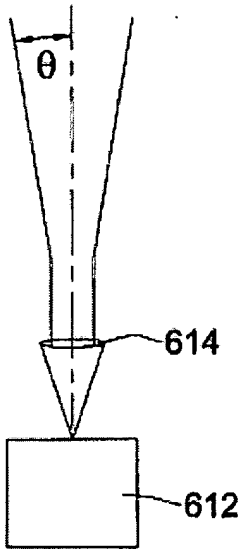


FIG. 6B

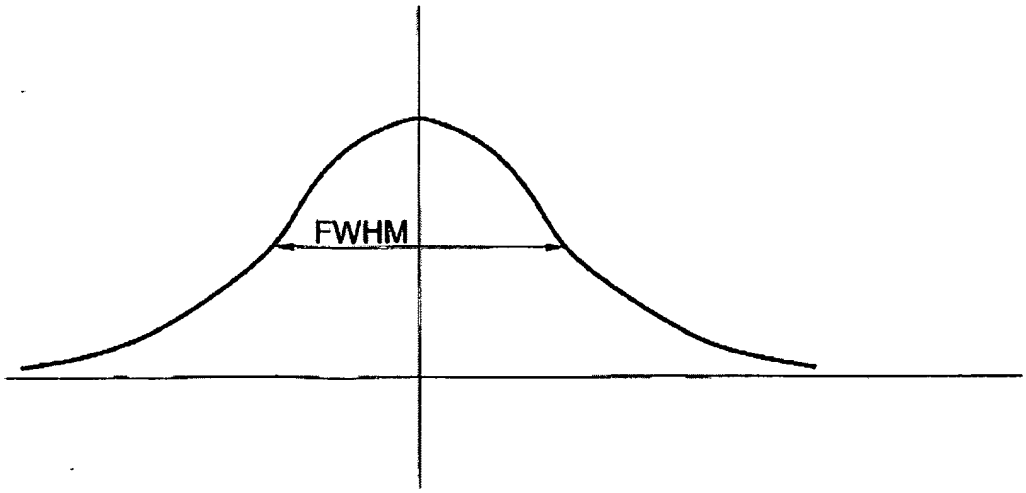


FIG. 6C

RESUMO

SISTEMA DE TRANSMISSOR ELETRÔNICO DE INTERFERÊNCIA DISTRIBUÍDO

De acordo com algumas realizações da invenção, é apresentado um sistema de contramedidas infravermelho dirigido a laser (daqui por diante: "sistema de LDIRCM") montável em uma plataforma. De acordo com algumas realizações da invenção, um sistema de LDIRCM pode incluir uma pluralidade de unidades de setor. Cada unidade de setor pode incluir pelo menos uma unidade laser e um módulo de orientação a laser. A unidade laser pode ser adaptada para gerar um feixe laser ou energia do laser que é destinada a bloquear um sistema de orientação contra uma ameaça. A unidade laser pode ser acoplada ao módulo de orientação a laser. O módulo de orientação a laser pode ser adaptado para direcionar pelo menos um feixe laser gerado pela unidade laser para uma ameaça. De acordo com um aspecto da invenção, cada unidade da pluralidade de unidades de setor é configurável para prover, quando montada na plataforma, uma capacidade de interferência no que diz respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor que está substancialmente a menos de 180 graus na horizontal. A pluralidade de unidades de setor pode ser montada na plataforma de maneira tal que cada das unidades de setor é configurável para prover uma capacidade de interferência no que diz respeito a uma ameaça localizada dentro de um setor diferente em relação à plataforma. Desse modo, a capacidade de interferência contra a ameaça do sistema de LDIRCM é definida pelo agregado dos setores diferentes cobertos por cada unidade da pluralidade de unidades de setor.