

SICK AG WHITEPAPER

HDDM⁺ – MEDIÇÃO DE DISTÂNCIAS COM UMA DAS MAIS AVANÇADAS E INOVADORAS TECNOLOGIAS DA SICK

2017-11

AUTOR

Dr. Thorsten Theilig
Head of Product Unit Long Range Distance Sensors
na SICK AG em Waldkirch / Alemanha

RESUMO

Este Whitepaper descreve as múltiplas vantagens da técnica de medição de distância ótica HDDM⁺ nas diferentes aplicações. A HDDM⁺ (High Definition Distance Measurement Plus) é uma técnica de time of flight para a medição de distância sem contato que é usada tanto nos sensores de distância em sensores como nos sensores 2D ou 3D-LiDAR.

A tecnologia é adequado para a área interna e externa, para a medição de distância aos objetos de reflexão difusa e aos refletores de retro-reflexão. O alcance dos sensores de distância com HDDM⁺ é de até 1,5 km no filme de retro-reflexão. A HDDM⁺, ao contrário das tecnologias como “single pulse” ou correlação de fase, é um processo de medição estatístico. Ou seja, para calcular um valor de distância, o sensor avalia estatisticamente os ecos de vários pulsos de laser. Com HDDM⁺, além disso, é possível realizar sensores com capacidade multi-eco. Se vários ecos estiverem disponíveis, o relevante eco útil pode ser identificado e selecionado para a avaliação. Isto permite as medições de distância com uma alta segurança de medição, mesmo sob difíceis condições ambientais.

Índice

Princípios da tecnologia	2
Sensores óticos de distância e LiDAR	2
Medição do tempo de voo	2
Processo de medição correlação de fase	3
Medição de tempo de voo do pulso óptica	3
Processo de medição HDDM+	4

Princípios da tecnologia

Sensores óticos de distância e LiDAR

Os sensores óticos de distância, bem como sensores 2D e 3D (do inglês LiDAR = abrev. para: light detection and ranging) são usados nas mais diversas indústrias e aplicações. Deste modo, o âmbito das aplicações vai desde a medição de distância na faixa de micrômetros, p. ex., no controle de qualidade da produção eletrônica, passando pela detecção de objetos multidimensional e a determinação da posição com sensores 2D e 3D-LiDAR na construção de sistemas e máquinas, chegando até à determinação de posição dos guindastes de ponte ou veículos conectados com trilhos. Dependendo da faixa de distância, dos requisitos para a precisão de repetição e medição e das condições ambientais, são usados princípios de medição adequados de forma ideal para cada situação de aplicação.

Medição do tempo de voo

A medição do tempo de voo (inglês.: time-of-flight measurement; ToF, inglês: time-of-flight) é um processo indireto para determinar a distância a um objeto a ser medido. O sensor envia um feixe de luz na direção do objeto a ser medido. Este feixe de luz geralmente é luz de laser com comprimentos de ondas na faixa visível ou no infravermelho próximo. O sensor recebe a luz que reflete o objeto a ser medido. A partir do tempo de voo, com o conhecimento da velocidade da luz, é calculada a distância entre o sensor e o objeto a ser medido..

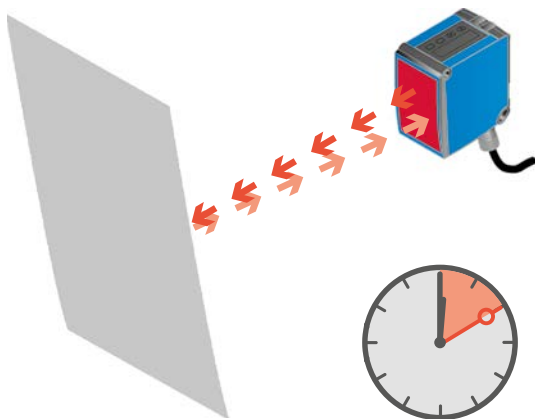


Fig. 1: Representação do princípio da medição do tempo de voo.

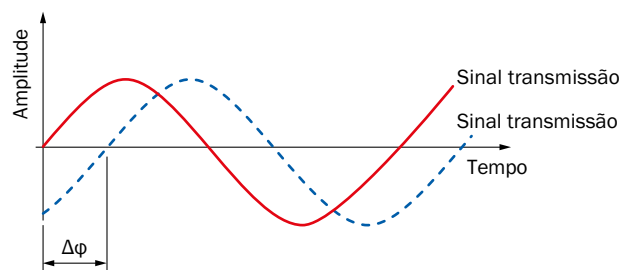
A medição de distância é praticamente independente das características da superfície do objeto a ser medido. A medição do tempo de voo é adequada, portanto, tanto para uma medição de distância unidimensional como também para a medição multidimensional com sensores LiDAR que detectam superfícies ou ângulos sólidos.

Quase todos os sensores LiDAR usados atualmente nas aplicações industriais funcionam segundo o seguinte princípio: o feixe de laser do sensor detecta os objetos na sua área de detecção, a unidade receptora do sensor mede a luz refletida. Com o conhecimento do ângulo, sob o qual o sensor envia e recebe o feixe de laser, e o time of flight, é criada uma figura da parea de detecção.

A luz infravermelha dos comprimentos de onda de 905 nm e 850 nm frequentemente usados na medição do tempo de voo é invisível para as pessoas. Isto é uma grande vantagem em muitas aplicações. Os sensores 2D-LiDAR, p. ex., que funcionam na base de infravermelho, são usados para a proteção de obras de arte em museus. Nos ambientes de trabalho, a luz de laser invisível não perturba. Para o alinhamento de um sensor de distância infravermelho ao objeto de medição, primeiramente é ativado um laser de alinhamento visível. As áreas de detecção de sensores com base em infravermelho LiDAR são visualizados frequentemente com a ajuda de aparelhos de visualização de infravermelho. Na medição de distância com luz visível, o laser de medição pode ser usado diretamente para o alinhamento mecânico do sensor.

Processo de medição correlação de fase

No processo de medição correlação de fase, o sensor envia um feixe de luz contínuo de modulação de amplitude. A distância entre o sensor e o objeto de medição é determinado do deslocamento da fase da modulação entre a luz enviada e a luz recebida.



$$s = \frac{a * \lambda + R * \lambda}{2}$$

a = Número de períodos de comprimento de ondas

λ = Comprimento de onda: $\lambda = c_0 / f$

(c_0 = Velocidade da luz no vácuo, f = frequência)

R = Fração de um único comprimento de onda: $R = \Delta\phi / 2\pi$

($\Delta\phi$ = Deslocamento da fase)

s = Valor de medição da distância

Fig. 2: Princípio de funcionamento do processo de medição correlação de fase.

O processo de medição correlação de fase é especialmente adequado para a medição de distância altamente precisa e rápida a objetos que se movimentam continuamente ao longo do eixo de laser. Este tipo de rastreamento axial de objetos pode ser encontrado, p. ex. na determinação de posição de equipamentos de armazenamento e recuperação em depósitos de estantes verticais totalmente automatizados. O sensor de distância se movimenta geralmente com o equipamento de armazenamento e recuperação e mede a distância a um refletor fixo no final do corredor.

Medição de tempo de voo do pulso óptica

Na medição de tempo de voo do pulso, o sensor envia curtos impulsos de luz refletidos parcialmente pelo objeto de medição. O sensor determina a diferença de tempo entre enviar e receber o impulso e calcula a distância entre o sensor e o objeto. Na medição de tempo de voo do pulso, diferencia-se entre o processo estatístico e o processo determinístico. Nos sistemas de tempo de voo do pulso ("single pulse"), o sensor envia impulsos individuais de laser e determina a partir do tempo de voo de cada impulso um valor de distância. Os sistemas de tempo de voo de pulso estatísticos, ao contrário, enviam num curto período de tempo uma série aos impulsos. A partir dos ecos recebidos de uma série, é calculado um valor de distância com métodos estatísticos. Deste modo, mesmo com a perda de um ou vários ecos de uma série devido a falhas no caminho de medição, é possível determinar um valor de distância válido com alta certeza de medição.

Diferentemente do processo de medição correlação de fase, no qual um feixe de luz contínuo é usado, os impulsos individuais dos sistemas de tempo de voo do pulso contêm uma ou várias dimensões da mais alta potência. Deste modo, com este princípio os sistemas de tempo de voo de pulso podem ser expostos à robusta luz externa, como ocorre tipicamente nas aplicações externas.

Processo de medição HDDM+

A HDDM+ (High Definition Distance Measurement Plus) é uma técnica de time of flight para a medição de distância sem contato que é usada tanto nos sensores de distância em sensores como nos sensores 2D ou 3D-LiDAR. Como evolução das comprovada tecnologia HDDM, a HDDM+ é adequada para a área interna e externa, para a medição de distância aos objetos de reflexão difusa e aos refletores de retro-reflexão. O alcance dos sensores de distância com HDDM+ é de até 1,5 km no filme de retro-reflexão. A HDDM+, ao contrário das tecnologias como “single pulse” ou correlação de fase, é um processo de medição estatístico. Ou seja, para calcular um valor de distância, o sensor avalia estatisticamente os ecos de vários pulsos de laser.

Com HDDM+, além disso, é possível realizar sensores com capacidade multi-eco. Em muitas aplicações, o sensor recebe vários ecos devido à reflexão múltipla do feixe de luz. As possíveis causas de tais ecos (deturpadores) são, p. ex. discos de proteção, através dos quais é medido, chuva, neve, névoa ou poeira.

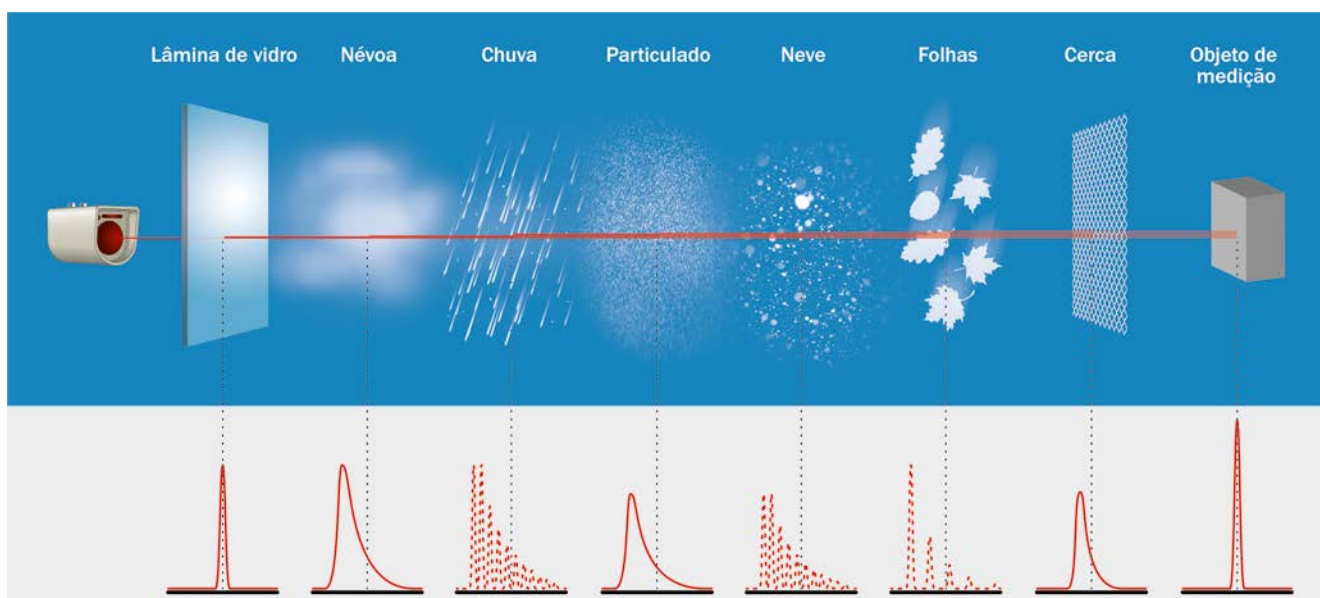


Fig. 3: O gráfico mostra simbolicamente a capacidade de múltiplos ecos dos sensores de distância SICK Dx1000, que podem diferenciar com cada medição até 8 ecos devido às reflexões ao longo do trecho de medição.

Geralmente, somente um dos ecos recebidos representa a real distância entre o sensor e o objeto de medição. Os outros ecos podem levar a medições incorretas. No sensor de distância Dx1000 e sensor 3D-LiDAR MRS1000, a capacidade de múltiplos ecos da tecnologia HDDM+ permite, no caso da presença de vários ecos, identificar o eco útil relevante e avaliar somente este e enviá-lo ao comando conectado. Os ecos indesejados podem ser suprimidos.

No exemplo do sensor de distância Dx1000, a interface de usuário SOPAS ET permite representar os ecos detectados como função da distância do objeto graficamente no PC e selecionar o eco útil. Para isso, pode ser definida uma “Region of Interest” (ROI). Os ecos que ficam fora da ROI são avaliados; os ecos fora desta são eliminados. Assim é possível realizar medições de distância sobre objetos de medição distantes através de uma cerca de arame, configurando a ROI de modo que o eco útil do objeto de medição fica dentro da ROI e o eco da cerca fora da ROI. Além disso, é possível selecionar o primeiro ou o último dos ecos presentes dentro da ROI selecionada para a avaliação.

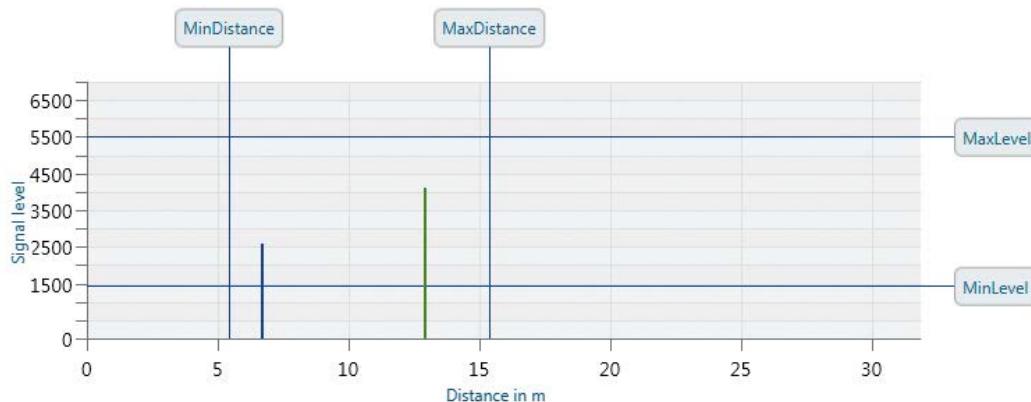


Fig. 4: Representação gráfica e configuração da Region of Interest do sensor de distância SICK Dx1000.

Com isso, é possível realizar as medições de distância mesmo nas superfícies refletoras. Um exemplo apresenta a medição de nível de alumínio líquido. No caso de ausência de um filme óxido sobre o alumínio líquido, o laser do sensor de distância é refletido através da superfície refletora. Uma reflexão direta do feixe de luz na ótica de recepção nos sensores de distância a laser convencionais geralmente leva a medições incorretas e falhas. Para evitar isto, o sensor de distância geralmente é alinhado alguns graus para fora do normal da superfície. O sensor, porém, recebe um eco do objeto de medição. Visto que, entretanto, uma parte considerável do feixe de luz é refletida através da superfície refletora na ótica de recepção do sensor para o fundo, o sensor recebe geralmente um segundo eco que se origina de uma reflexão de fundo, p. ex. em um teto de um pavilhão. No caso de um sensor de distância convencional com tecnologia de tempo de voo da luz, a detecção simultânea de dois ecos leva na maioria dos casos a medições incorretas ou mesmo falhas. Com a tecnologia de múltiplos ecos da HDDM+, por sua vez, é possível identificar o eco perturbador, suprimi-lo através da configuração adequada da ROI e, deste modo, realizar uma medição de distância com alta segurança de medição sobre a superfície refletora.

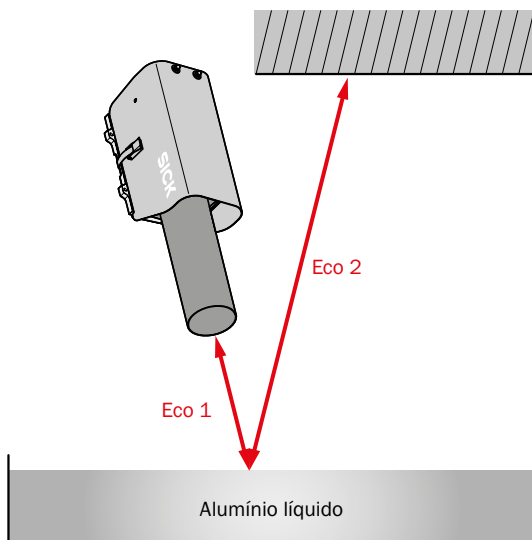


Fig. 5: Situação de ecos múltiplos na medição de distância sobre superfície de alumínio líquido.

Nos sensores LiDAR LMS1000, MRS1000 e TiM100, a capacidade de múltiplos ecos da tecnologia HDDM+ permite uma representação extraordinariamente precisa dos cantos dos objetos. Se o laser de medição, com o seu ponto de luz imenso, tocar no canto do objeto, geralmente um objeto que está atrás produz um segundo eco. A capacidade de múltiplos ecos da HDDM+ evita de forma segura a mistura de ambos os ecos e fornece uma figura precisa do canto do objeto.

Os sensores de distância e LiDAR equipados com HDDM+ são especialmente aptos ao uso na área externa. Isto inclui uma alta robustez em relação à luz externa, chuva, névoa ou poeira no caminho de medição. A insensibilidade em relação à luz externa resulta da avaliação estatística dos ecos. Os ecos falsos devido a uma corrente induzida por luz externa do fotodiodo, que podem levar a medições incorretas no processo de medição de single pulse, são filtrados efetivamente. Para uma medição sem problemas no caso de chuva ou neve, com a capacidade de múltiplos ecos é possível também filtrar de forma efetiva os reflexos breves do laser de medição. Além disso, a tecnologia HDDM+ permite a supressão efetiva dos reflexos indesejados devido à névoa ou à poeira na faixa de medição.

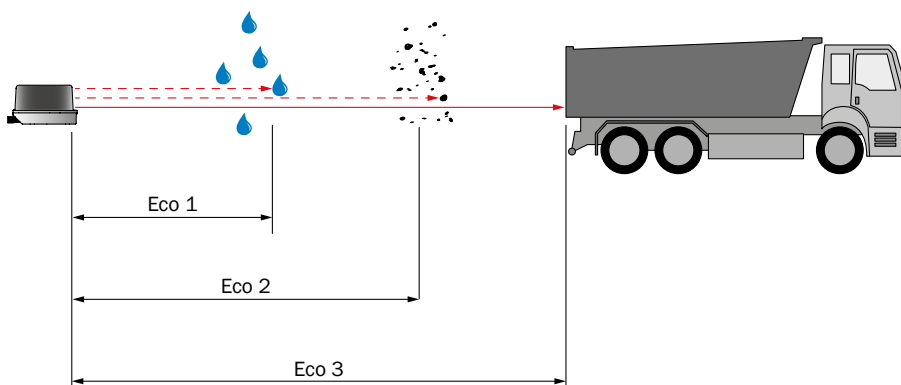


Fig. 6: Representação do princípio da capacidade de múltiplos ecos dos sensores SICK-LiDAR LMS1000 e MRS1000 no caso de poeira, chuva, neve ou névoa ao longo do trecho de medição.

No porto, é possível evitar, p. ex. colisões de pórtico sobre pneus (rubber tired gantry, RTG) através do permanente monitoramento da área de movimentação com um sensor 3D-LiDAR MRS1000. A tecnologia de múltiplos ecos permite a diferenciação confiável entre os ecos e interferência devido à chuva ou à névoa e os ecos dos contêineres e outros obstáculos na área de movimentação. Deste modo, é possível evitar de forma confiável as colisões e alcançar ao mesmo uma alta disponibilidade.

HDDM+ permite, além disso, adaptar o alcance de um sensor de distância através da seleção adequada do tempo de ciclo de medição à aplicação individual. A técnica atual é um tempo de ciclo de medição de 1 ms para aplicações altamente dinâmicas. Se o foco da medição estiver em um grande alcance e a melhor precisão de repetição possível, isto pode ser obtido através de um prolongamento do tempo de ciclo de medição. Deste modo, é possível, na medição de distância sobre objetos de medição naturais, realizar alcances de várias centenas de metros, dependendo da luminescência do objeto de medição. Os refletivos "Diamond Grade" detectam o sensor de distância DL1000 mesmo na distância de um quilômetro e meio. Com o mesmo sensor, é possível uma medição de distância de até uma distância mínima de 20 cm. Com a tecnologia HDDM+, é possível, apesar de um nível de sinal extremamente diferente, determinar com segurança um sinal de distância com pouco ruído.

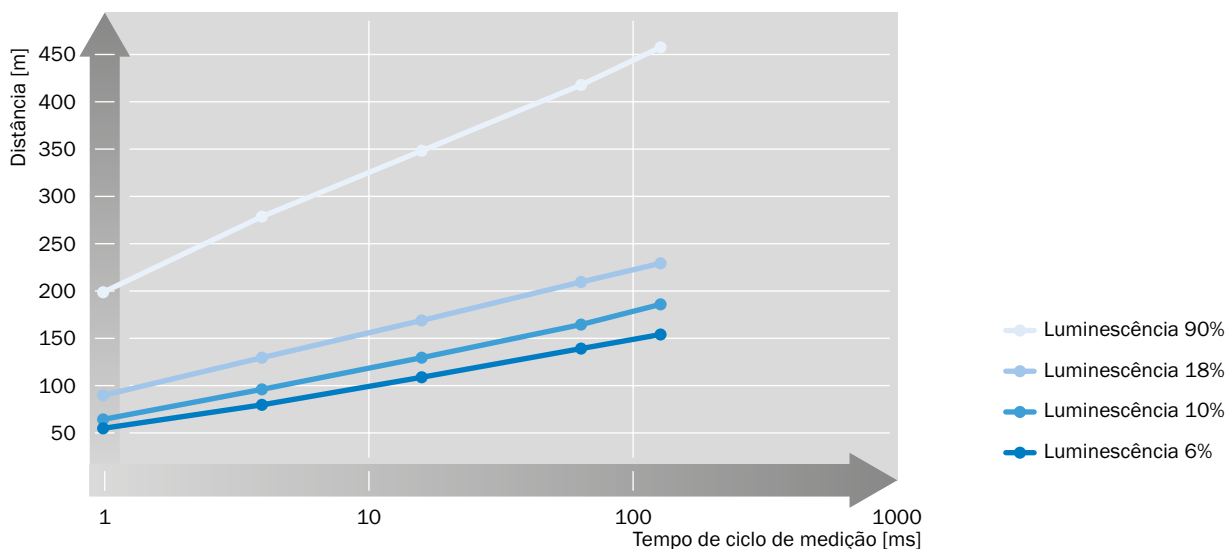


Fig. 7: Através do tempo de ciclo de medição, no sensor de distância SICK DT1000, é possível adaptar o alcance na medição sobre os objetos de medição naturais (ou seja, nenhum objeto de retro-reflexão) à respectiva aplicação. A luminescência é uma medida (dependendo do objeto) para o reflexo do laser de medição no objeto de medição.

HDDM+ é especialmente apto à medição sobre superfícies quentes, como, p. ex. na medição de nível de aço líquido ou na determinação de posição de brame de aço na fundição contínua. Os objetos com temperatura a partir de aprox. 700 °C enviam, dependendo do grau de emissão, uma parte significativa da sua radiação de calor no infravermelho próximo. No caso de medição do tempo de voo com base em infravermelho convencional, isto pode levar a medições incorretas ou mesmo à falha do sensor.

Enquanto o processo de medição correlação de fase basicamente é adequada ao rastreamento de objetos axial, é possível com HDDM+ detectar tanto distâncias continuamente modificadas como modificações de distância rápidas. As modificações de distância rápidas ocorrem, p. ex., na entrada lateral de objetos no laser de medição de um sensor de distância ou na detecção dos objetos com um sensor LiDAR, na qual o laser de medição passa por cima dos objetos presentes na área de detecção. Em um sensor LiDAR, que é baseado no processo de tempo de impulso determinístico, a cada impulso de laser individual é atribuído um valor de distância. Diferentemente, no sensores LiDAR com a tecnologia HDDM+, um número grande de impulsos de laser por segmento angular leva a uma sobreposição do ponto de luz laser e, com isso, uma detecção da área de leitura.

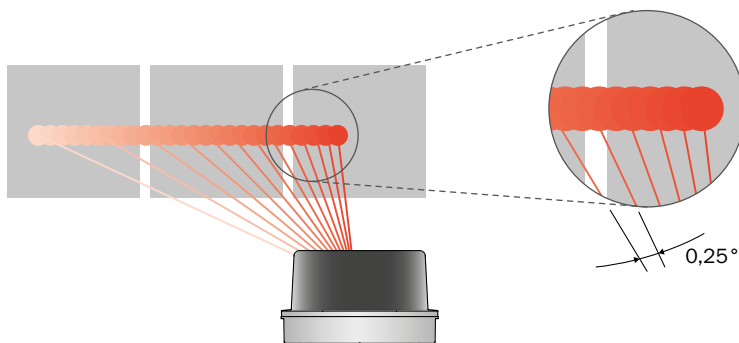


Fig. 8: Detecção completa da área de leitura no exemplo do sensor SICK LiDAR MRS1000.

REFERÊNCIAS

→ www.sick.com/micron-to-mile