

Universidade Federal do Paraná
Especialização em Inteligência Artificial Aplicada

Mobile Robotics

Percepção

Prof. Eduardo Todt
2019

Percepção

- Adquirir conhecimento sobre o ambiente
- Fornecer realimentação para controle em tarefas de localização e navegação
- Informações de diagnóstico



- **Origem dos sinais**

- Propriocetivos

- Velocidade motor, carga rodas, ângulos juntas, tensão bateria

- Exteroceptivos

- Distâncias, intensidade luminosa, imagens, amplitude sonora

- **Natureza dos sensores**

- Passivos

- Sondas de temperatura, microfones, CCDs

- Ativos

- Sensores ultrassom, escaneres laser



Características

- **Faixa dinâmica**
- **Resolução**
- **Linearidade**
- **Largura de banda (bandwidth)**
- **Sensitividade**
- **Sensitividade cruzada**

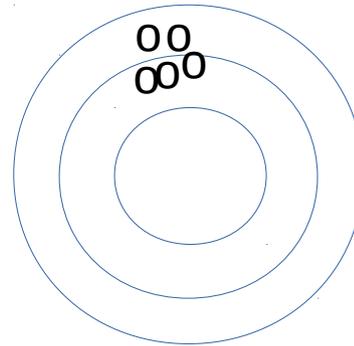
Características

■ **Acuracidade**

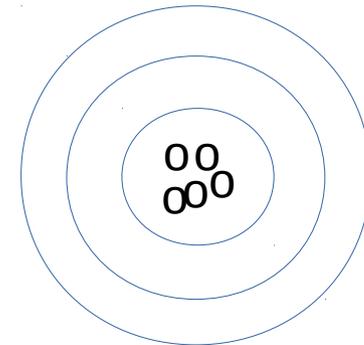
■ **Erros sistemáticos**

■ **Erros randômicos**

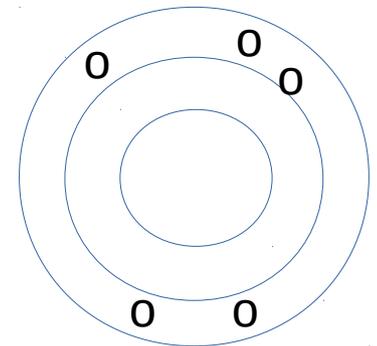
■ **Precisão**



Preciso e
não acurado



Preciso e
acurado



Não preciso
e não acurado

Exemplos

- Sensores tácteis

Chaves de contato, pára-choques, barreiras ópticas, sensores de proximidade

- Sensores para motor e rodas

Encoders de escovas, potenciômetros, synchros, resolvers, encoders ópticos, magnéticos, indutivos, capacitivos

- Sensores de orientação

Bússolas, gisoscópios, inclinômetros

- 
- Sinalizadores referenciados à terra (Ground-based beacons)
GPS, beacons ópticos, RF ou ultrassom, beacons refletivos
 - Medição ativa de distância
Sensores refletivos, ultrassom, laser rangefinder, triangulação óptica, luz estruturada
 - Sensores de movimento e velocidade
Radar doppler, doppler sônico
 - Sensores baseados em visão
Câmeras CCD/CMOS, visão estéreo, tracking

Encoders

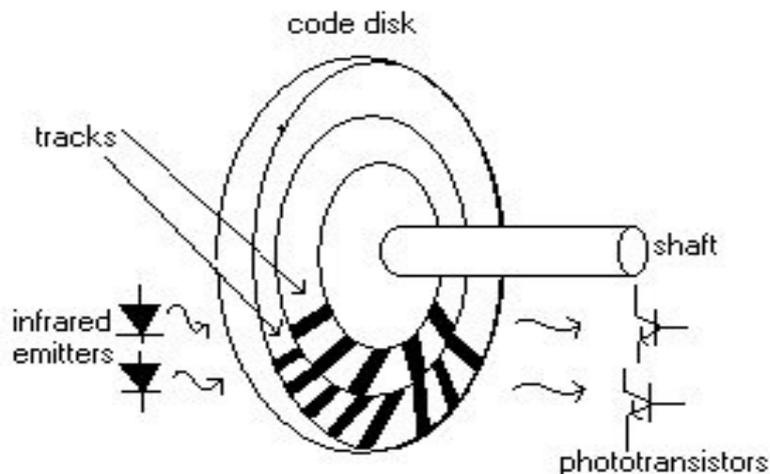


Fig 1. A rotary optical encoder

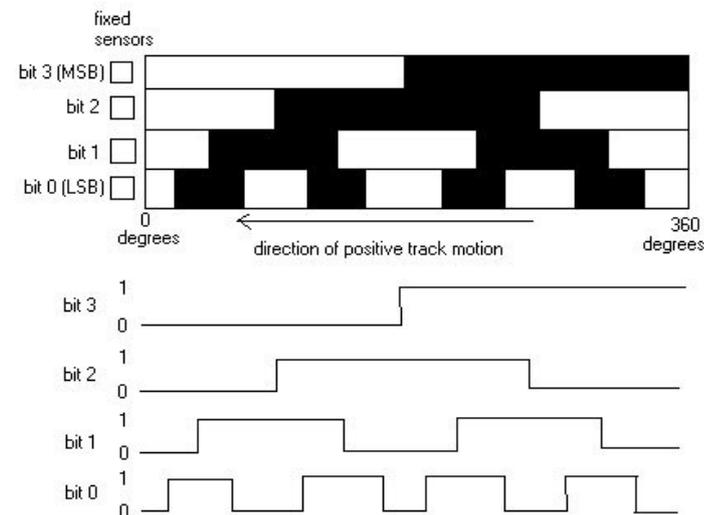


Fig 2. 4-Bit gray code absolute encoder disk track patterns

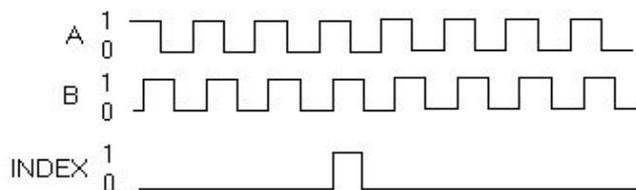
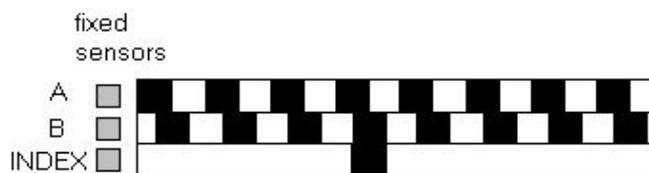
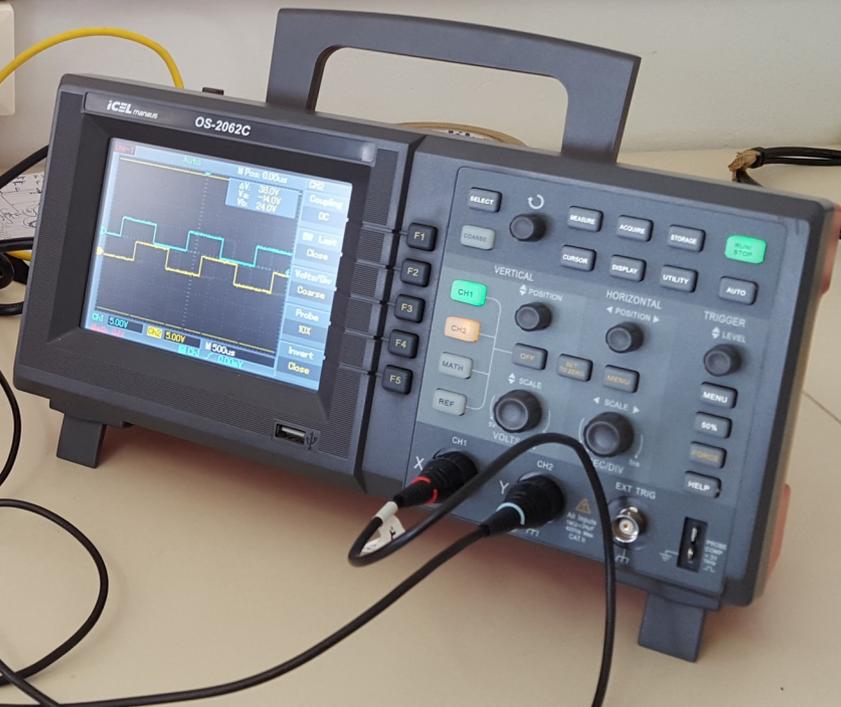
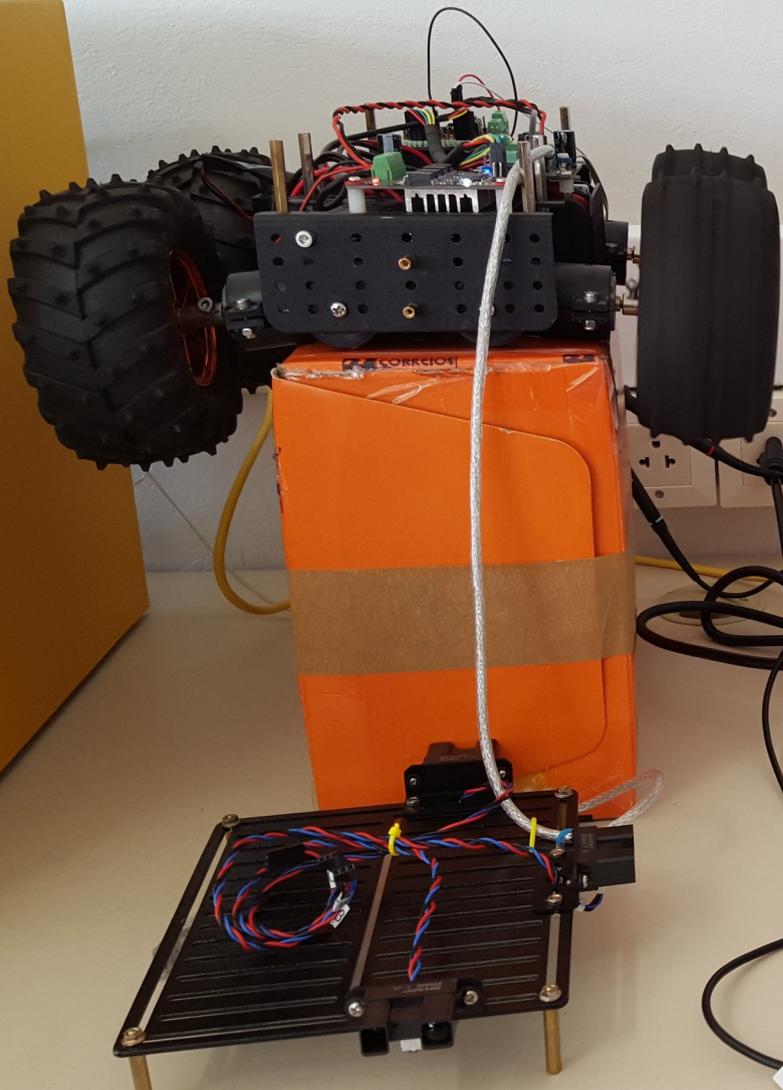


Fig 5. Incremental encoder disk track patterns

Encoder em quadratura

- quantidade
- direção
- referência zero
- acuracidade 100%

Ciclos por revolução (CPR)
 Robotica típ. 2.000
 Indústria até 10.000



Bússolas

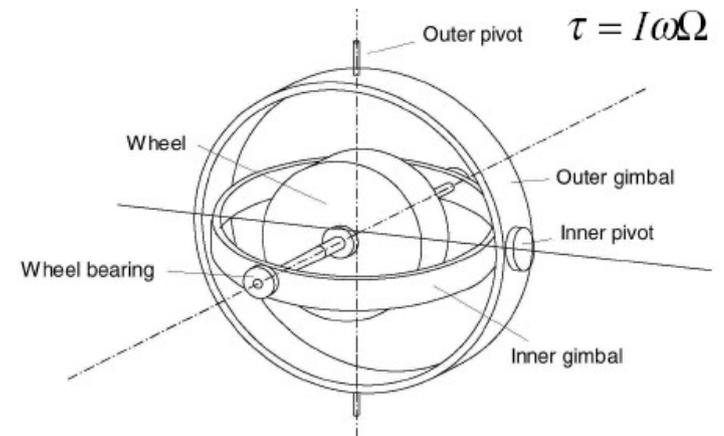
■ Digital compass

- ❑ Honeywell HMR3200), acuracidade 1° , resolução $0,1^\circ$, US\$300.00
- ❑ Dinsmore 1490, Hall effect, 8 direções, US\$15.00
- ❑ Hall effect: alteração do potencial elétrico com o campo magnético, baixa resolução, baixa BW
- ❑ Flux gate: baseado em bobinas por onde o campo magnético causa alteração na fase de corrente alternada. Maior acuracidade e resolução.

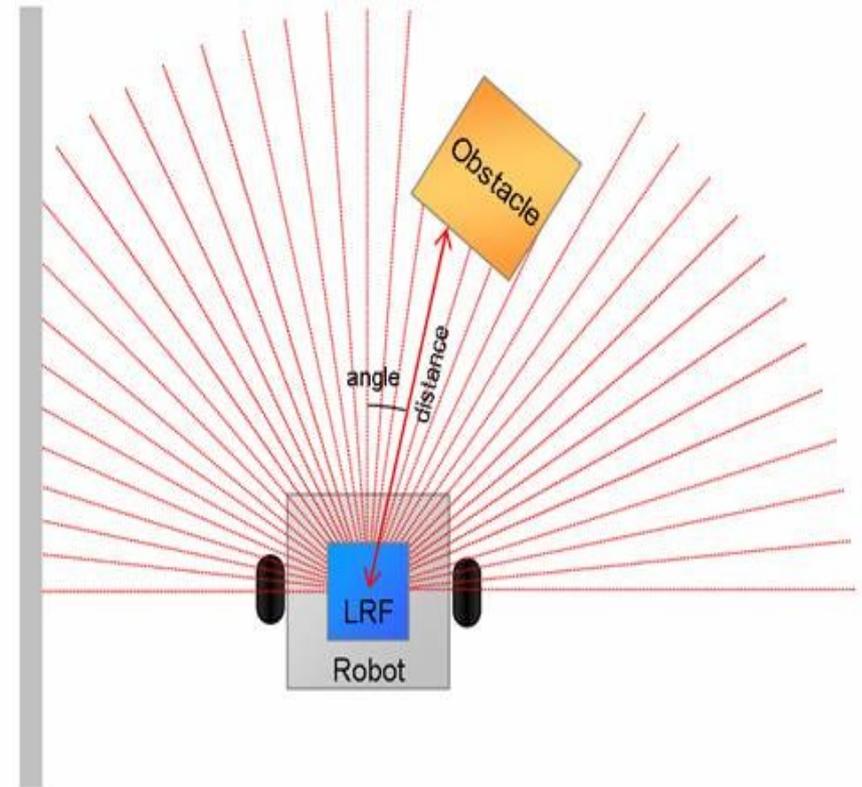
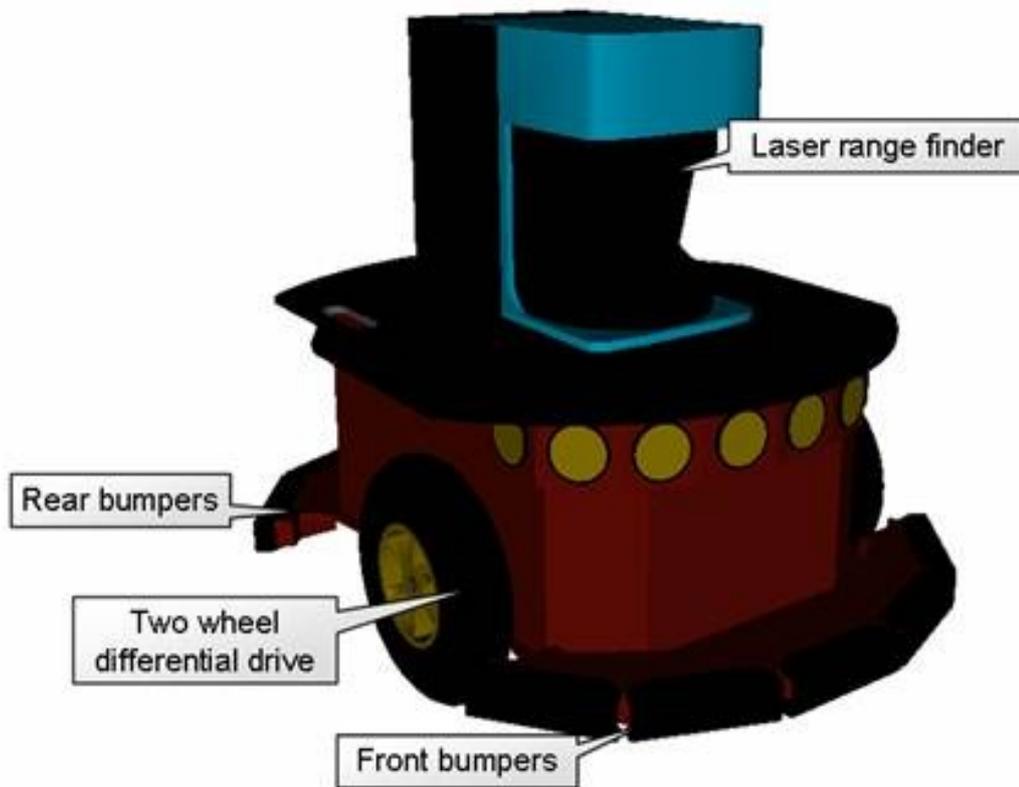


Giroscópios

- Preservam orientação em relação a um frame de referência fixo
- Mecânicos (bons 0,1 graus/6h são caríssimos US\$100.000) e Ópticos (estado sólido, baseados na velocidade da luz em fibras ópticas, ex: Analog Devices ADXRS50 US\$50.00)
- Estação MIR (1986-2001) tinha 11 giroscópios
- Hitec HG-R01 US\$50.00



LIDAR



<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb483042.aspx>

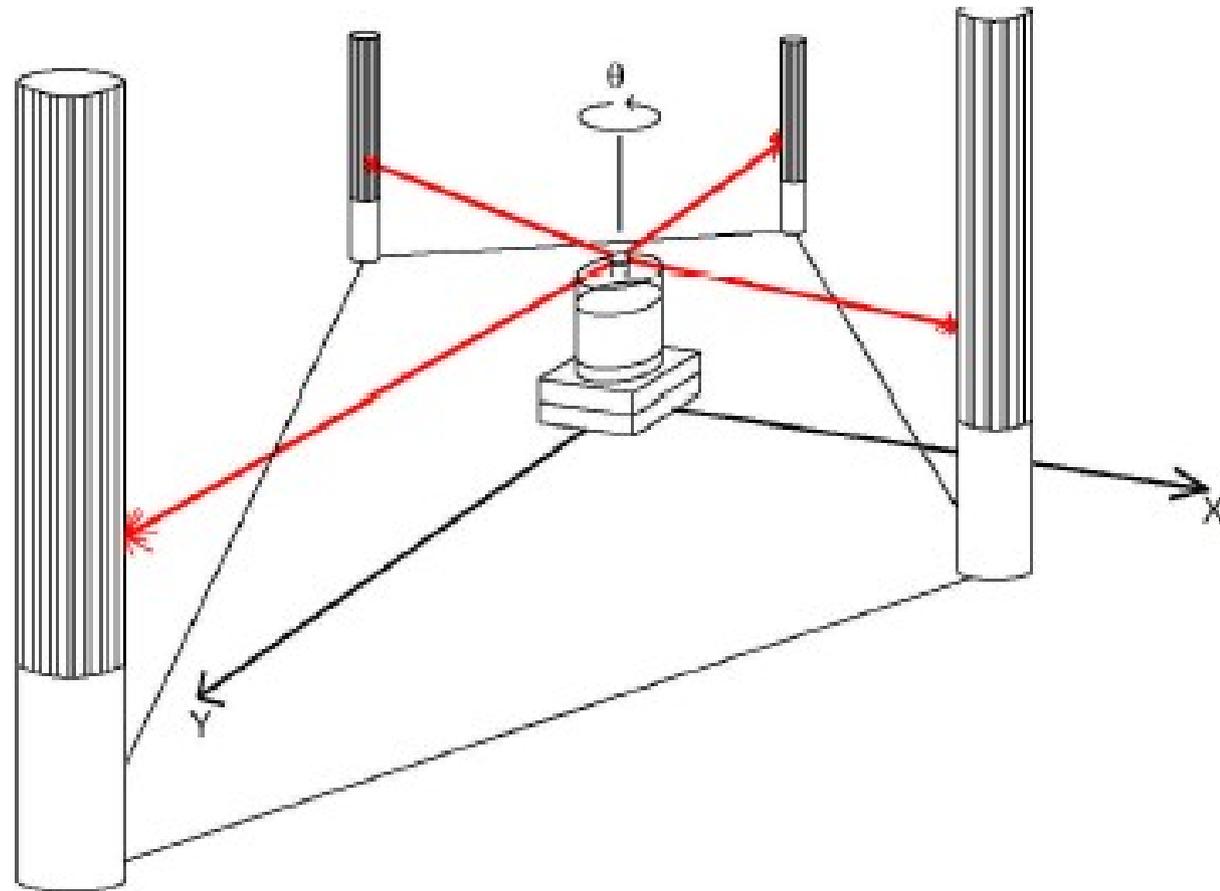
US\$ 100-10.000

Landmarks

Naturais
Artificiais

Ativos
Passivos

Distinguíveis
Não-distinguíveis



GPS

Origem militar

24 satélites orbitando em torno da terra a 20190 m

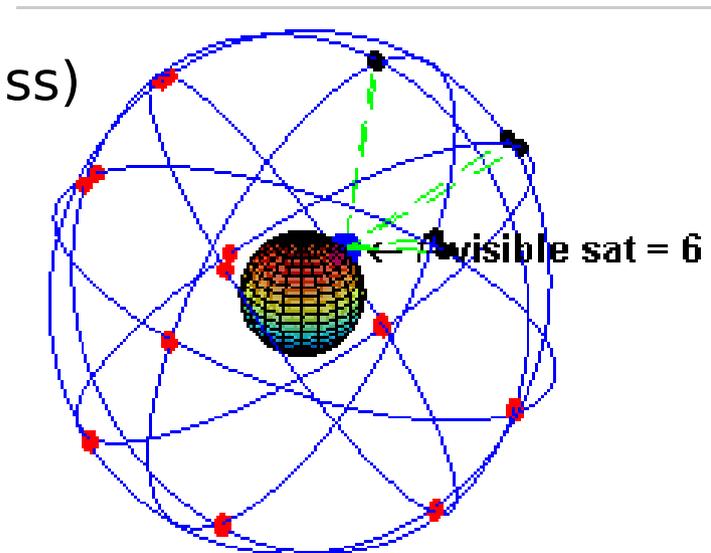
4 satélites em cada um de 6 planos inclinados a 55° com respeito ao plano do equador

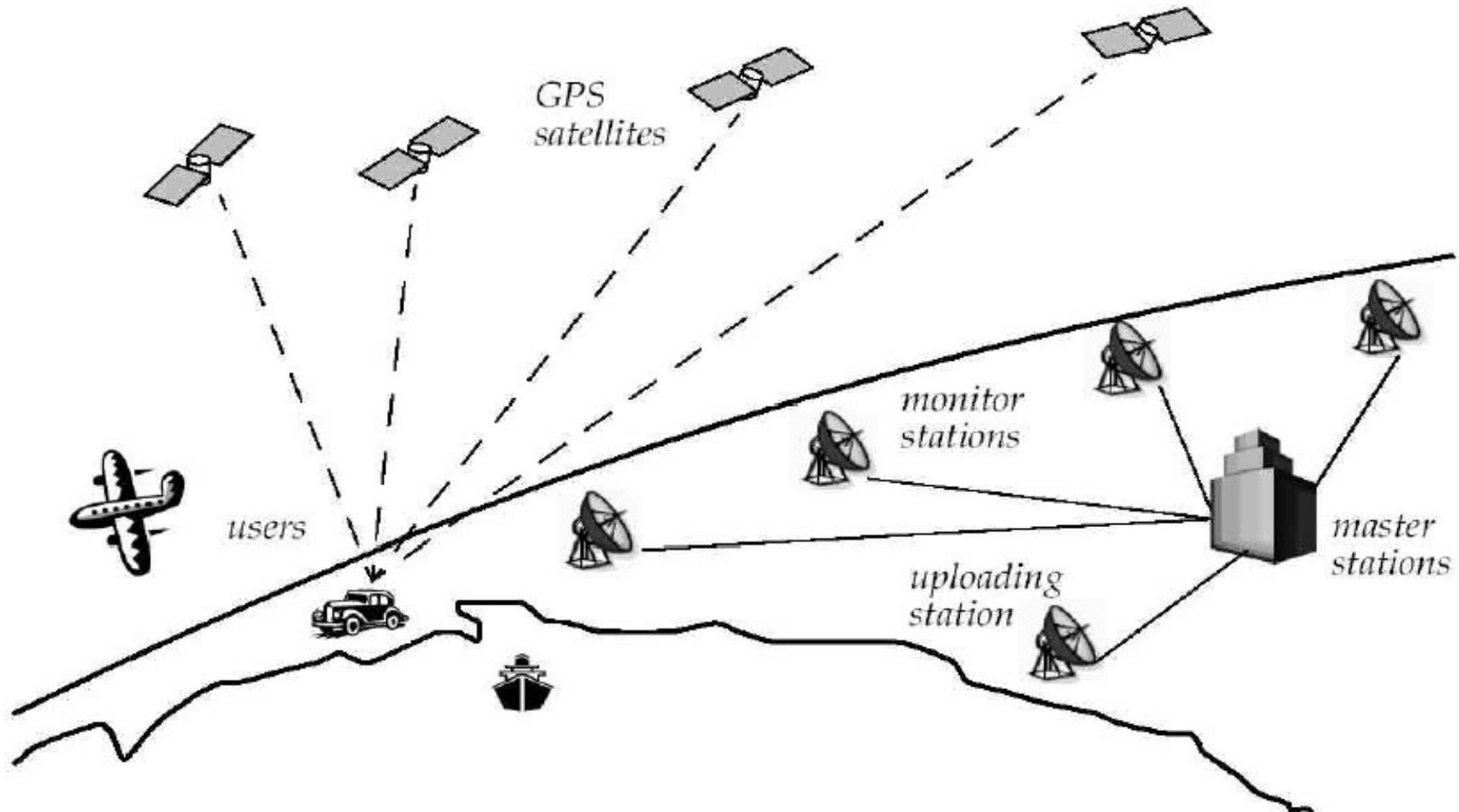
Outros sistemas

Global Navigation Satellite System (Glonass)

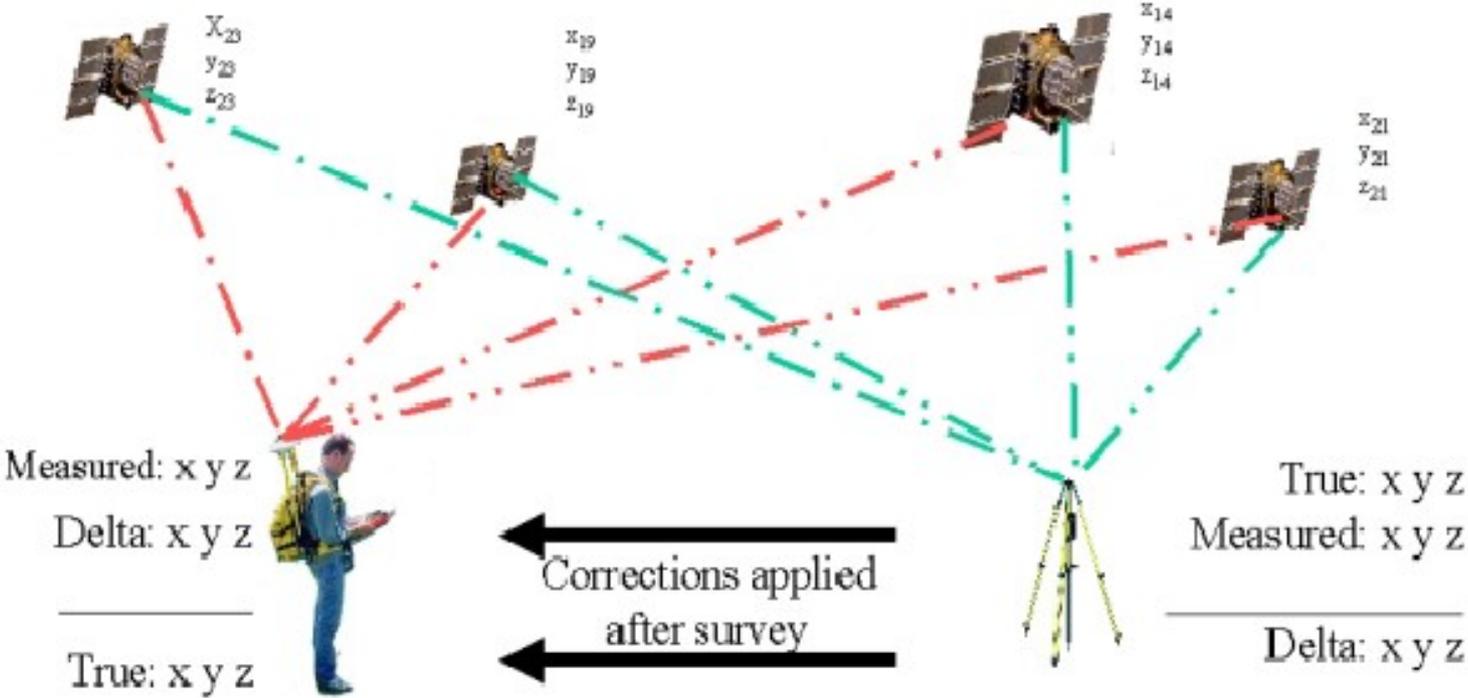
Galileo

Beidou Navigation System (BNS)





Differential GPS



NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
National Ocean Service
National Geodetic Survey



Positioning America for the Future

Sensores ativos

- Medições em distâncias grandes: range sensors

Time-of-flight

$$D=c*t$$

D=distância percorrida - usualmente ida-e-volta

c=velocidade de propagação da onda

t=tempo de propagação

Ultrassom: velocidade do som (aprox. 0,3m/ms)

Laser: velocidade da luz (aprox. 0,3m/ns)



Incertezas na medição do tempo, ângulo de abertura, iterações com ambiente, variação velocidade, velocidade robô e alvo

Ultrassom

Tx pacote de ondas

$$d = \frac{c * t}{2}$$

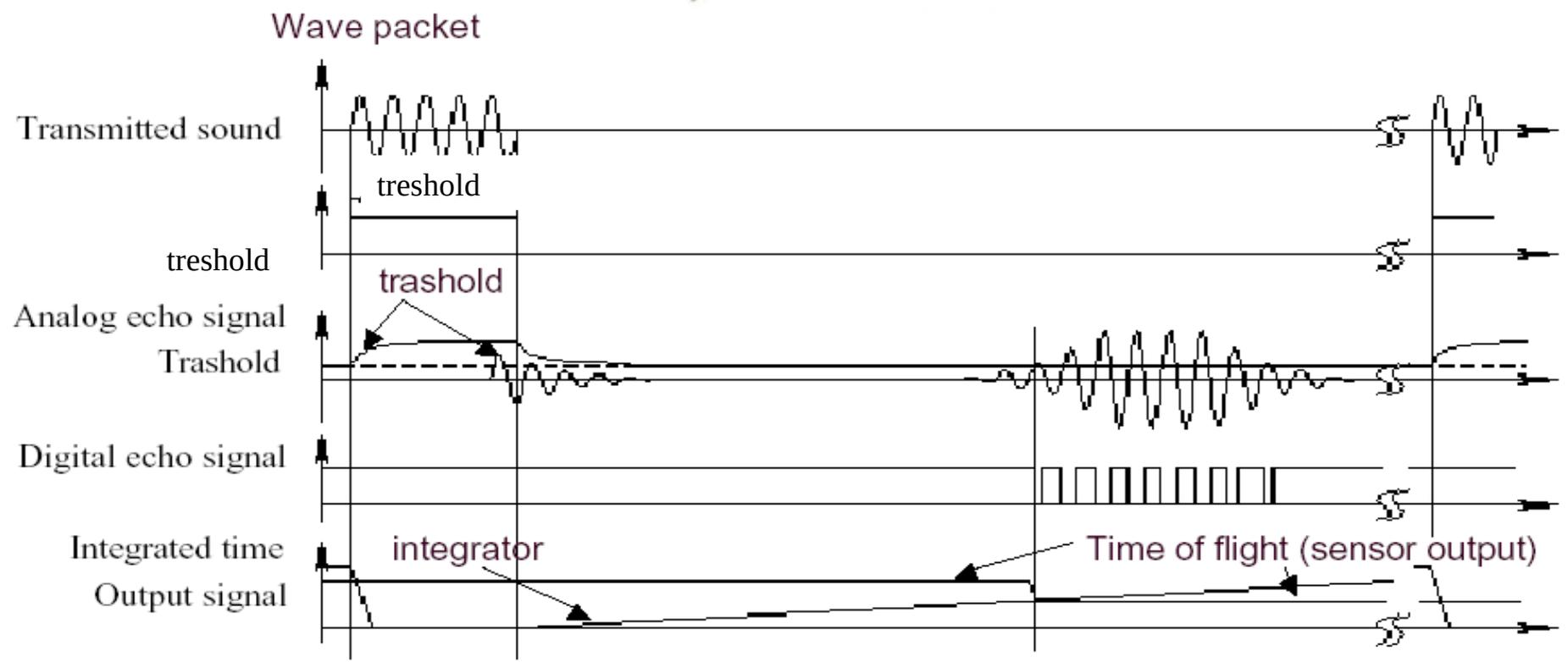
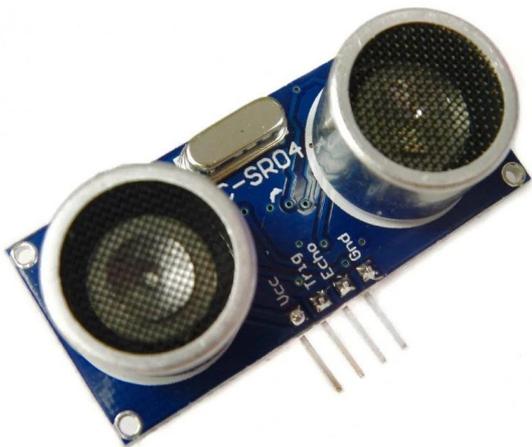
Velocidade do som no ar (aprox. 340m/s)

$$c = \sqrt{\gamma.R.T}$$

γ : ration of specific heats

R: gas constant

T: temperature in degree Kelvin



Signals of an ultrasonic sensor

Frequência típica: 40-180KHz

Geração do som: piezoelétrico

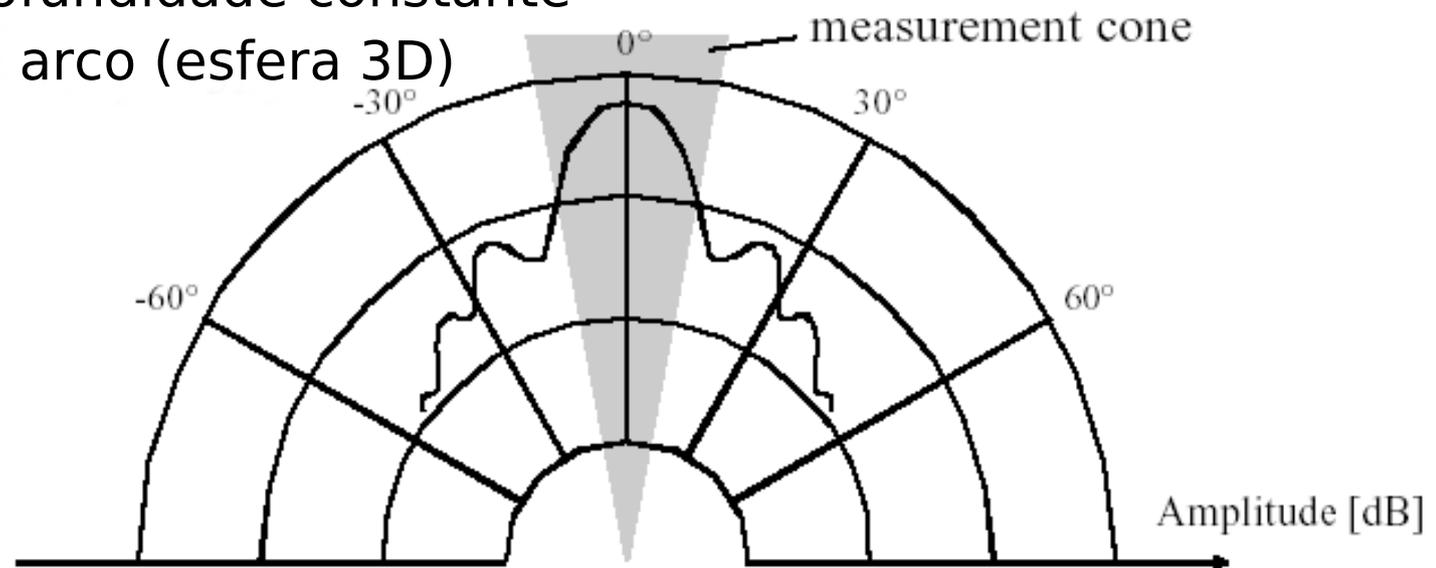
Transmissor junto ou separado do receptor

Propagação em cone

Aberturas entre 20° a 40°

Regiões de profundidade constante

Segmentos de arco (esfera 3D)



Problemas

Superfícies absorvem som
Geometria da reflexão

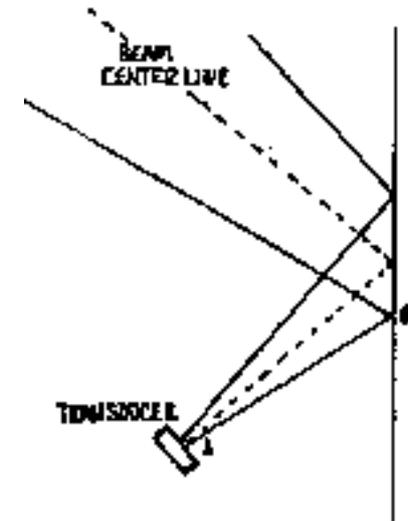
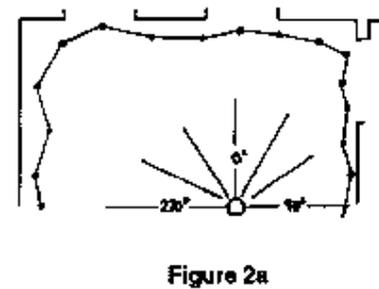
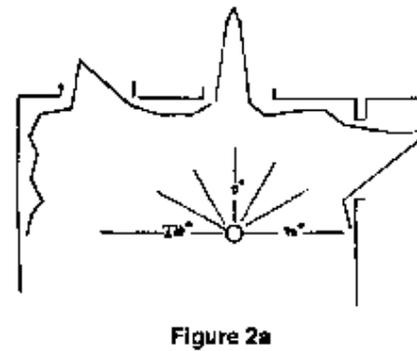
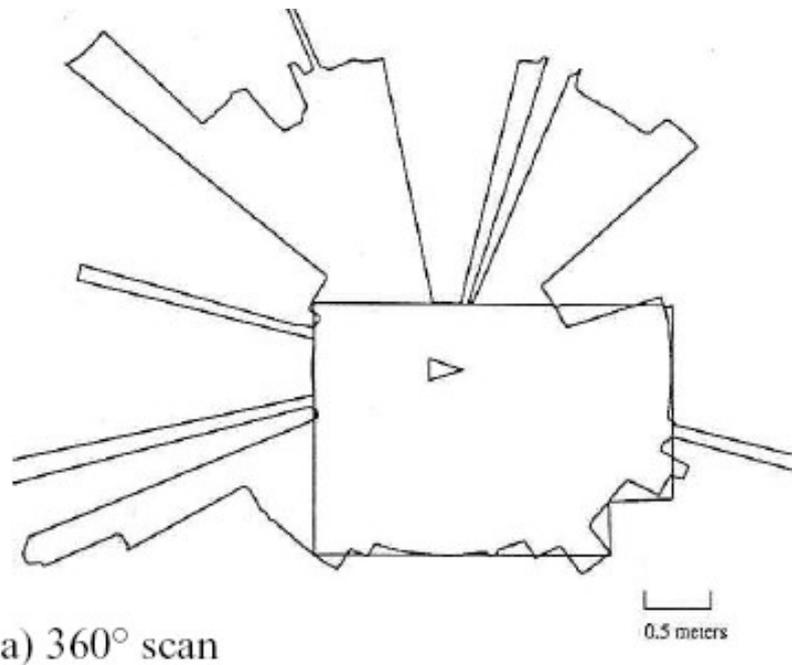


Figure 4a

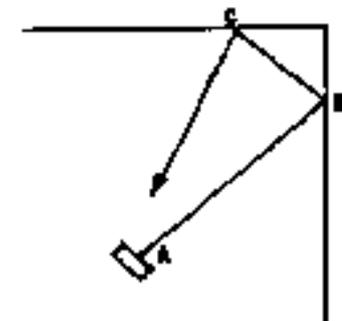


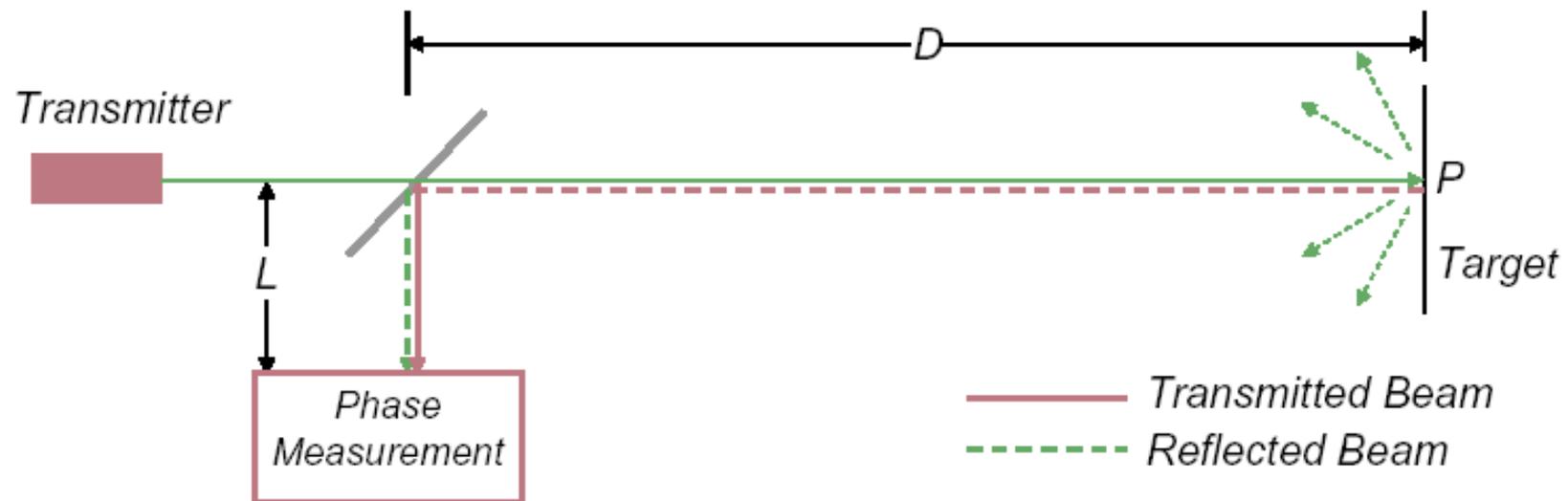
Figure 4b

LIDAR

Feixes transmitido e recebido são colineares

Detecção do tempo para ida-e-volta

Mecanismo mecânico com espelho para realizar varredura



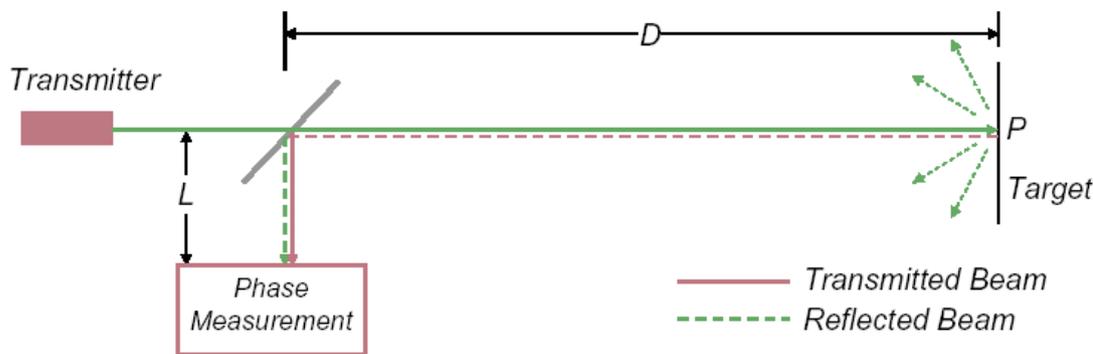
Time of flight vs phase

Laser pulsado (exige resolução de pico-segundos!)

Frequência de batimento entre onda modulada em frequência e sua reflexão

Deslocamento de fase entre onda emitida e refletida

Ambiguidade em módulos do comprimento de onda



Reflexão difusa, se rugosidade maior que comprimento de onda do feixe luminoso (tip. 824nm IR)

$$D' = L + 2D = L + \frac{\theta}{2\pi} \lambda$$

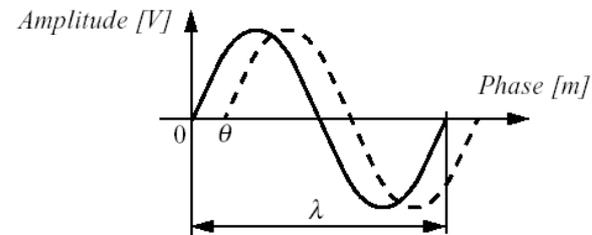
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$D = \frac{\lambda}{4\pi} \theta$$

Where:

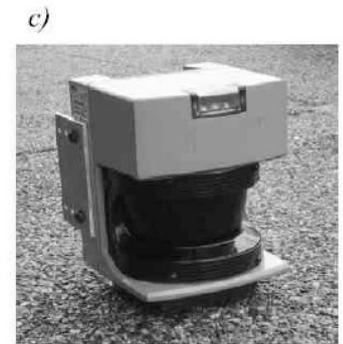
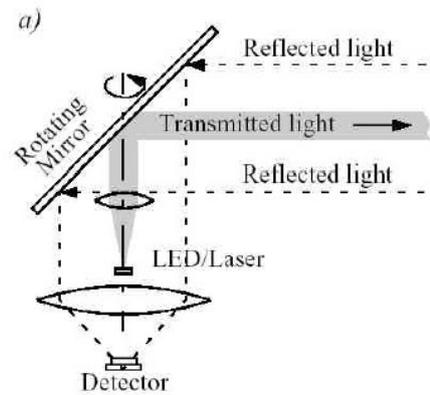
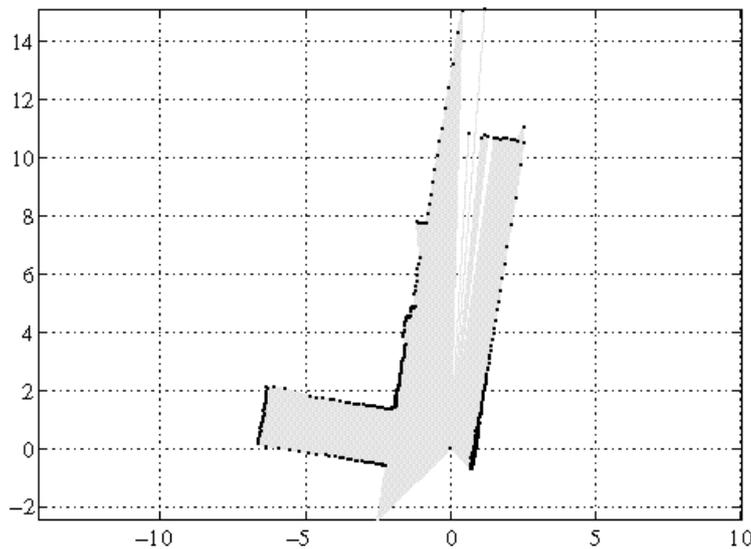
c : is the speed of light; f the modulating frequency; D' the distance covered by the emitted light is.

- for $f = 5$ MHz (as in the A.T&T. sensor), $\lambda = 60$ meters



Características típicas

- Resoluções angulares de 0,5 graus
- Resoluções de distância de 5 cm
- Distâncias entre 5 cm e 20 m

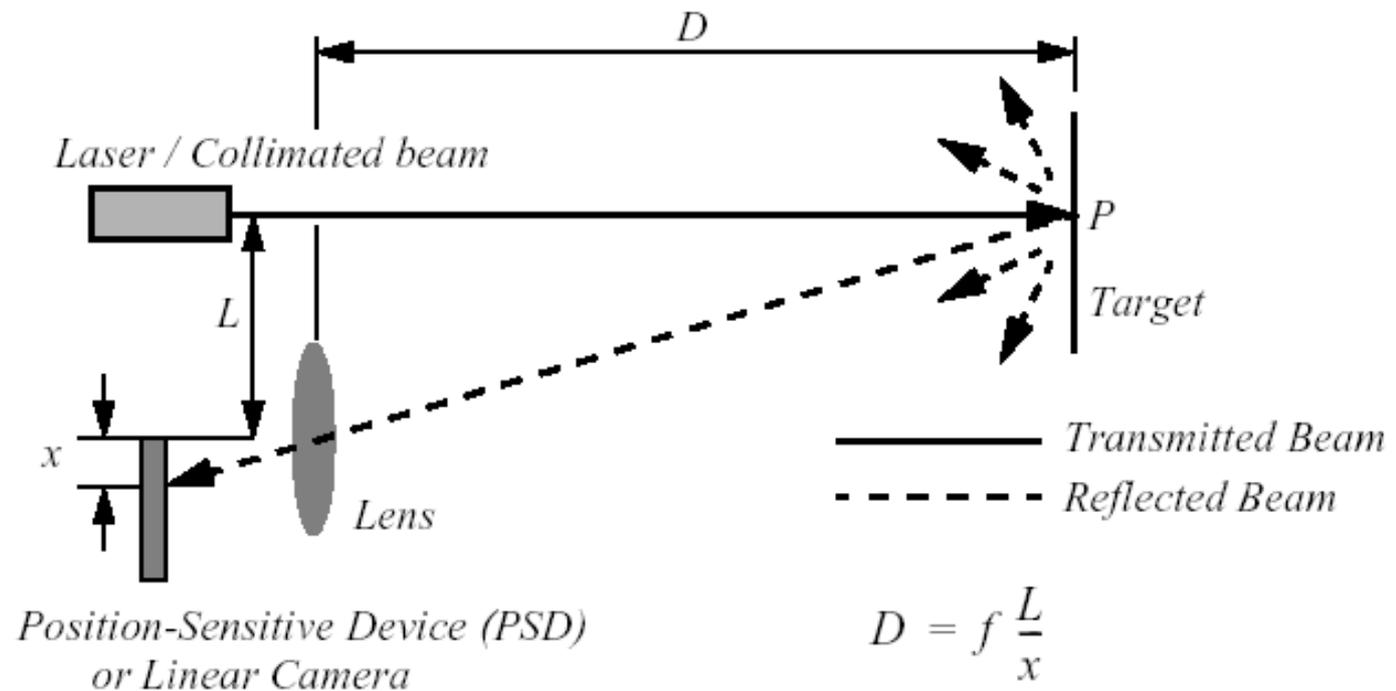


Triangulação Laser

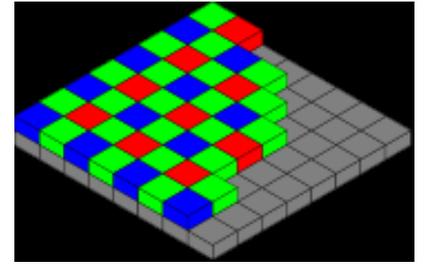
Bom para distâncias pequenas (até 1m)

Baratos

Implementações caseiras com webcam e laser pointer



Sensores para visão



Sensores

CCD

Array de sensores, carga em capacitores transferida entre pixels, leitura realizada em um extremo

Maior sensibilidade próximo a IR

Maior faixa dinâmica (ex: 40000:11 → 3600:1 → 35dB)

CMOS

Transistores junto a cada pixel permitem leitura em paralelo dos pixels

Menor resolução e menor sensibilidade devido à presença dos transistores adicionais

Processo de fabricação mais simples

Imagem em cores

Um CCD com filtros RGB em pixels vizinhos

Três CCDs, cada um com filtro global RGB

Problemas

Sensibilidades distintas para RGB, azul menor

White-balance

Color constancy

