Innovative Teaching Approaches in development of Software Designed Instrumentation and its application in real-time systems

Theory of Robotics Systems

Autonomous Mobile Robots

Perception | Sensors

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Innovative Teaching Approaches in development of Software Designed Instrumentation and its application in real-time systems

Faculty of Technical Sciences

Ss. Cyril and Methodius University
Faculty of Electrical Engineering and Information Technologies

Zagreb University of Applied Sciences

School of Electrical Engineering
University of Belgrade

Faculty of Physics
Warsaw University of Technology

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Innovative Teaching Approaches in development of Software Designed Instrumentation and its application in real-time systems

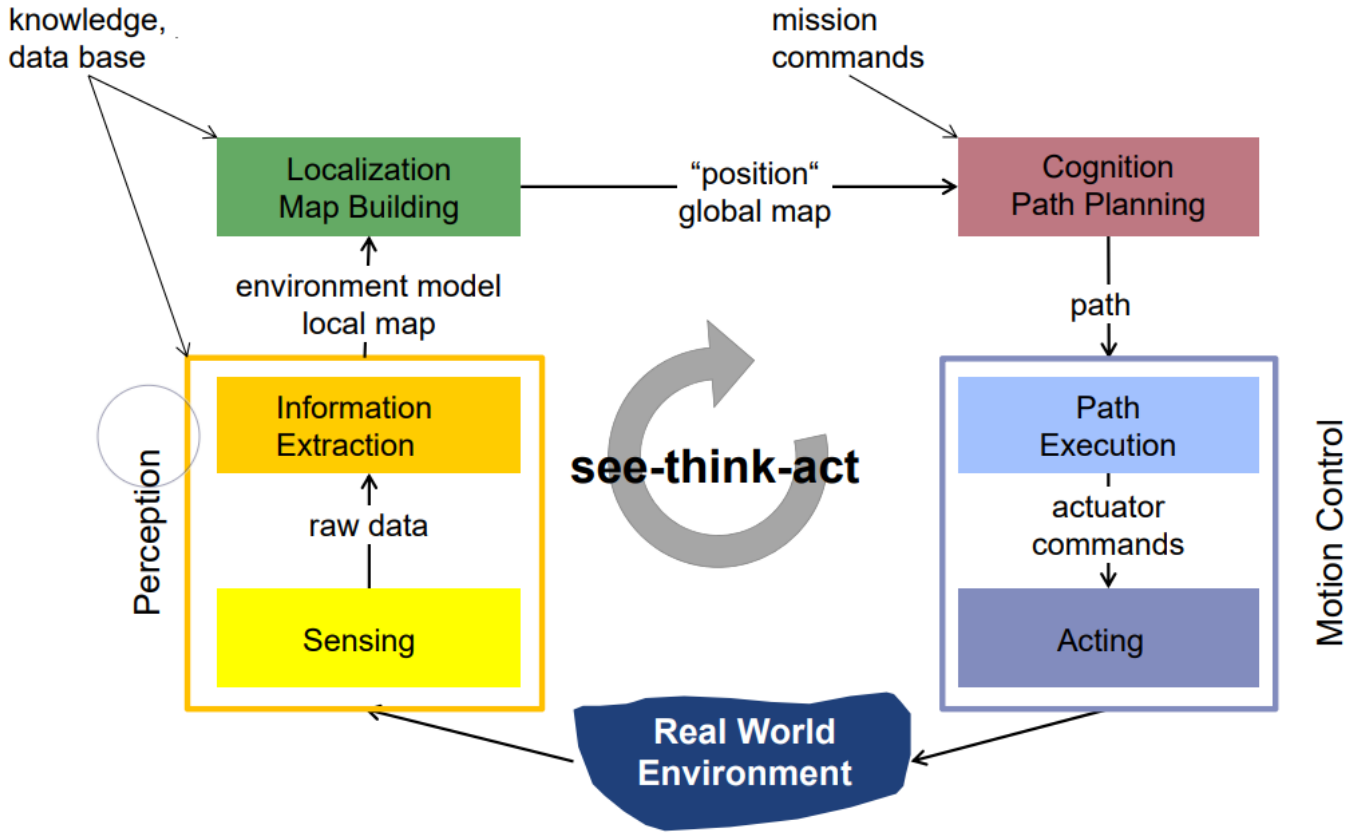
Teorija Robotskih Sistema

Autonomni Mobilni Roboti

Percepcija | Senzori

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Kontrolna šema mobilnih robota



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Percepcija je teška!

- "In robotics, the easy problems are hard and the hard problems are easy"
  - S. Pinker. The Language Instinct. New York: Harper Perennial Modern Classics, 1994

beating the world's chess master: EASY

create a machine with some "common sense": very HARD

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Izazovi i pokretači tehnološkog napretka

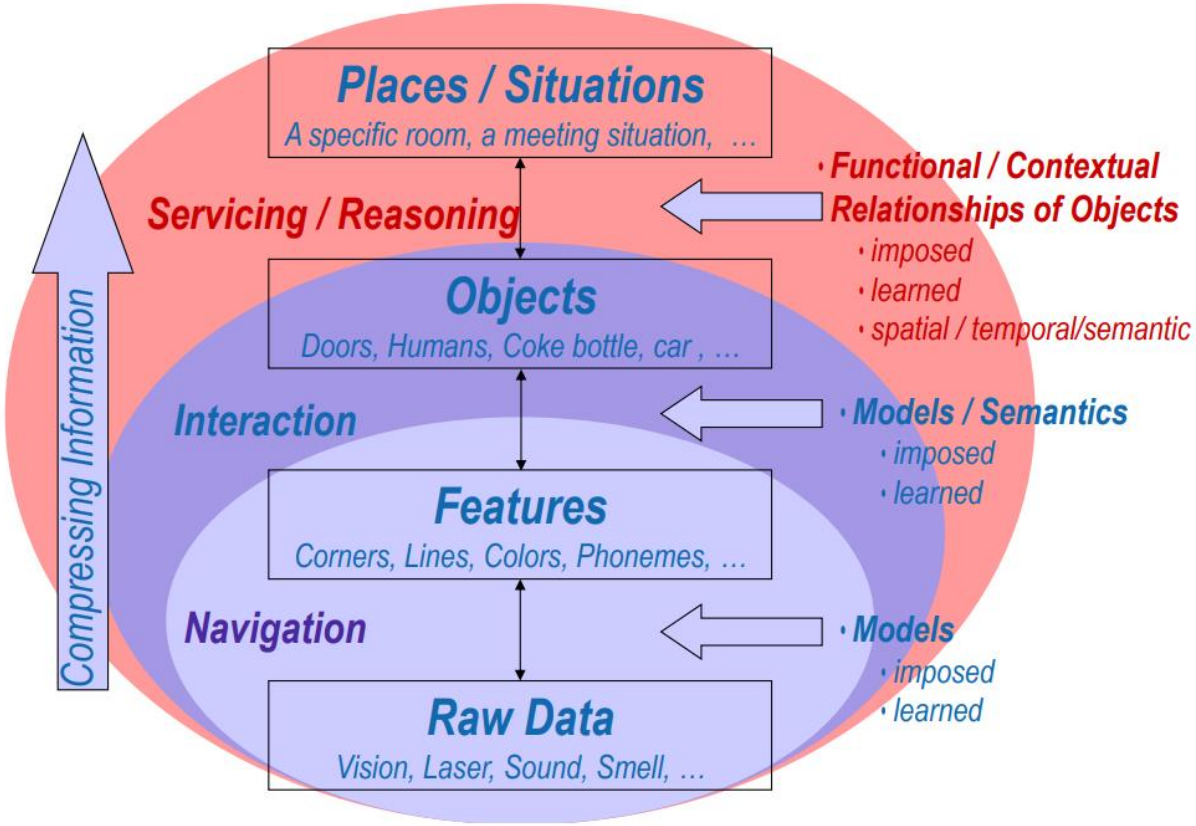
- Izazovi:
  - Opažanje, osećanje i razumevanje okruženja.
  - Suočavanje sa neizvesnim i delimično dostupnim informacijama.
  - Delovanje na odgovarajući način sa okolinom.
- Tehnološki pokretači:

(tehnološko napredak omogućava razvoj robotike)

  - Laserski time-of-flight senzori.
  - Kombinovanje kamera i IMU senzora zarad bolje estimacije.
  - „Popustljivi“ aktuatori.
  - Novi materijali.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Definicija percepcije



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Senzori – podela

- Senzore delimo na dve velike grupe proprioceptivne/exteroceptivne i na aktivne/pasivne.
- Proprioceptivni senzori mere interne vrednosti sistema (robota) kao što su brzina motora, opterećenje točkova, pozicije zglobova, napon baterija…
- Exteroceptivni senzori prikupljanju informacije iz okruženja robota, merenja razdaljine, intenzitet svetlosti ili zvuka.
- Pasivni senzori mere koriste energiju okruženja kao ulazna merenja. (temperaturne sonde, mikrofoni, CCD ili CMOS kamere)
- Aktivni senzori emituju energiju ka okruženju, a zatim mere reakciju okruženja.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Senzori – podela

General classification (typical use)	Sensor Sensor System	PC or EC	A or P
Tactile sensors (detection of physical contact or closeness; security switches)	Contact switches, bumpers Optical barriers Noncontact proximity sensors	EC EC EC	P A A
Wheel/motor sensors (wheel/motor speed and position)	Brush encoders Potentiometers Synchros, resolvers Optical encoders Magnetic encoders Inductive encoders Capacitive encoders	PC PC PC PC PC PC PC	P P A A A A A
Heading sensors (orientation of the robot in relation to a fixed reference frame)	Compass Gyroscopes Inclinometers	EC PC EC	P P A/P
Acceleration sensor	Accelerometer	PC	P
Ground beacons (localization in a fixed reference frame)	GPS Active optical or RF beacons Active ultrasonic beacons Reflective beacons	EC EC EC EC	A A A A
Active ranging (reflectivity, time-of-flight, and geometric triangulation)	Reflectivity sensors Ultrasonic sensor Laser rangefinder Optical triangulation (1D) Structured light (2D)	EC EC EC EC EC	A A A A A
Motion/speed sensors (speed relative to fixed or moving objects)	Doppler radar Doppler sound	EC EC	A A
Vision sensors (visual ranging, whole-image analysis, segmentation, object recognition)	CCD/CMOS camera(s) Visual ranging packages Object tracking packages	EC	P

A, active; P, passive; P/A, passive/active; PC, proprioceptive; EC, exteroceptive.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

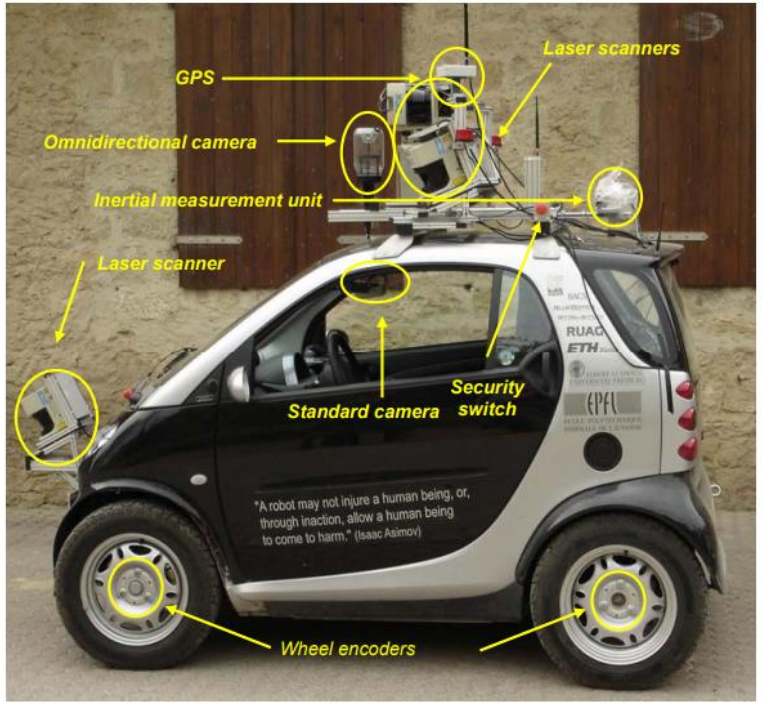
Senzori – karakteristike

- Dinamički opseg – zavisi od minimalne i maksimalne ulazne veličine.
- Rezolucija – minimalna razlika između dve vrednosti koja može biti izmerena senzorom.
- Linearnost – govori o vezi između ulaza i izlaza senzora.
- Propusni opseg – označava brzinu očitavanja informacija sa senzora.
- Senzitivnost – odnos promene izlaznog signala u odnosu na ulazni signal.
- Greška – razlika između stvarne i izmerene vrednosti.
- Tačnost – stepen sigurnosti merenja $(1 - \frac{|error|}{v})$.
- Sistematična greška – greška koja se teorijski može opisati.
- Slučajna greška – može se opisati samo teorijom verovatnoće.
- Preciznost – da li senzor koji više puta meri istu stvar daje isti izlaz.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Senzori – tipični senzori i njihova upotreba

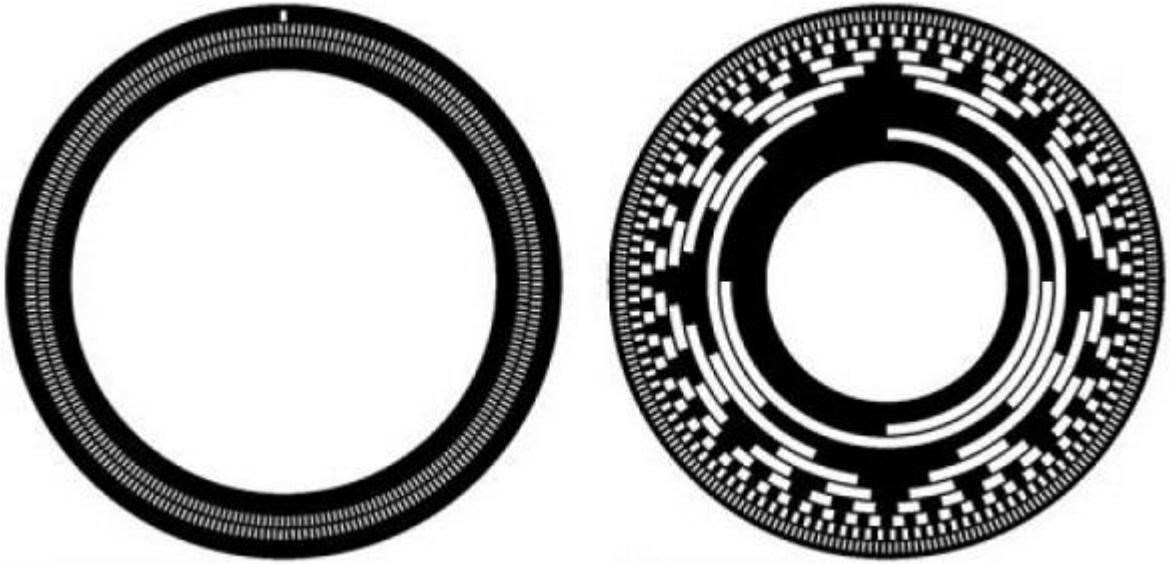
- Taktilni senzori
  - Detektuju fizički kontakt ili služe kao sigurnosni prekidači.
- GPS
  - Navigacija i globalno pozicioniranje
- Inertial Measurment Unit (IMU)
  - Merenje orijentacije i ubrzanja robota
- Enkoderi na točkovima
  - Estimacija lokalnog kretanja (odometrija)
- Laserski skeneri
  - Obilaženje prepreka, estimacija kretanja, interpretacija okruženja
- Kamere
  - Informacije o teksturi, estimacija kretanja, interpretacija scene



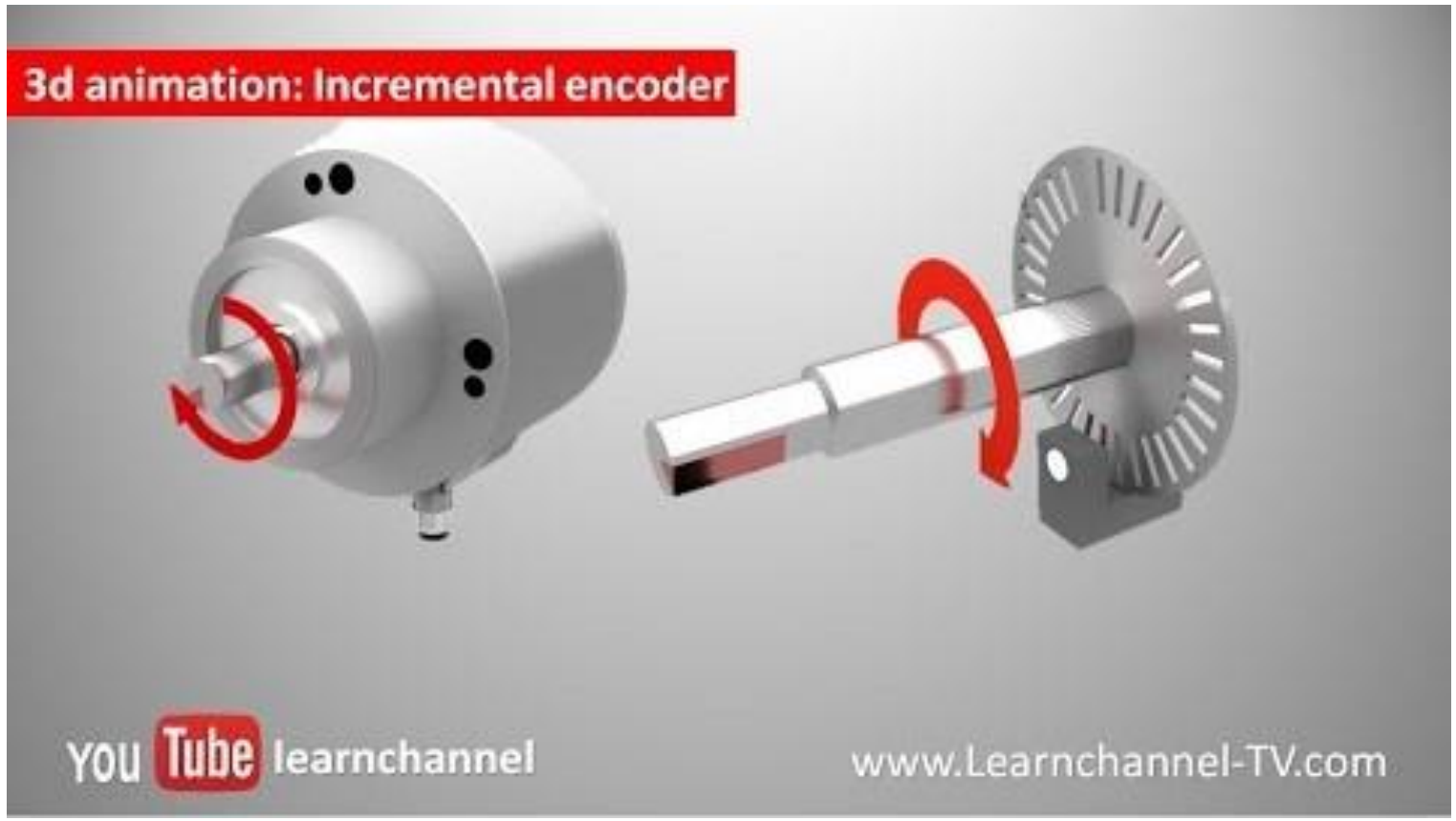
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Enkoderi - podela

- Apsolutni / Inkrementalni
- Mehanički / Optički / Magnetni / Induktivni / Kapacitivni



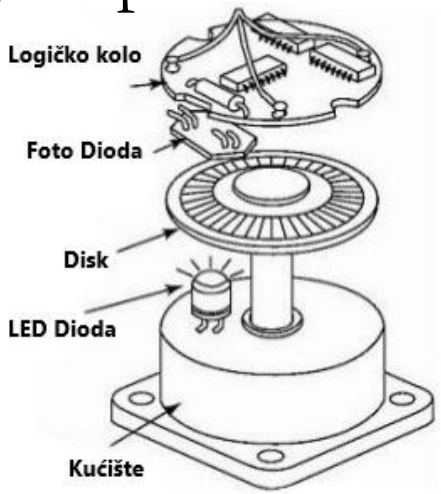
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

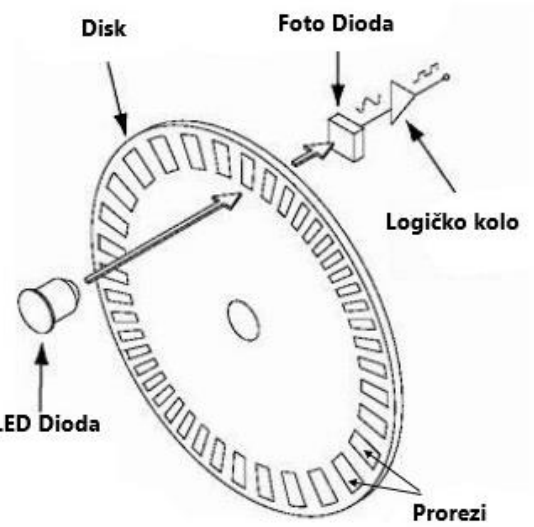

3d animation: Incremental encoder
YouTube learnchannel
www.Learnchannel-TV.com

Itasdi

Enkoderi – optički inkrementalni

- Konvertuje ugao u digitalni signal, broji impulse
- Izvor svetlosti – dioda
- Obrtni disk
- Prijemnik svetlosti - foto dioda
- Elektronsko kolo za obradu signala





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

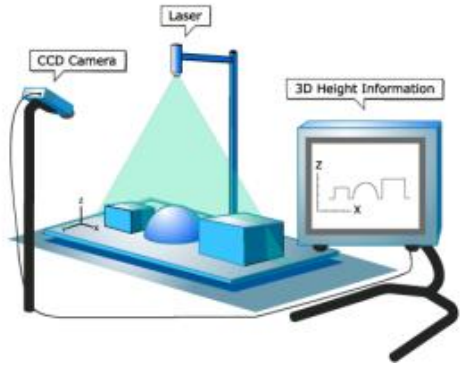
Enkoderi

- Mere poziciju ili brzinu točkova ili upravljača.
- Integraljenjem kretanja točka dobijamo estimaciju pozicije – odometrija.
- Optički enkoderi spadaju u grupu proprieceptivnih senzora.
- Tipična rezolucija: 64 – 2048 inkremenata po rotaciji.
- Sa jednim izlazom – mere broj tranzicija ali ne mogu da kažu u kom smeru
- Sa dva izlaza u kvadraturi – broj tranzicija, smer kretanja i 4 puta veća rezolucija.

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Senzori rastojanja

- Sonari
- Laserski daljinomeri
- Time of Flight kamere
- Strukturne kamere



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Time of Flight senzori

- Mere udaljenost u velikom prostoru – senzori dometa
- Informacije o opsegu:
  - Ključna informacija za lokalizaciju i modelovanje okruženja
- Ultrazvučni senzori, kao i laserski senzori razdaljine koriste propagaciju brzine zvuka ili elektromagnetnih talasa.
- Pređena udaljenost talasa daje se pomoći:
  - d = pređeni put (uobičajeno dužina kružnog puta)
  - c = brzina prostiranja talasa
  - t = vreme leta

$$d = c \cdot t$$

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Time of Flight senzori

- Važno je naglasiti
  - Brzina prostiranja zvuka: 0.3 m/ms
  - Brzina prostiranja elektromagnetskih talasa: 0.3 m/ns
  - Elektromagnetni signal putuje milion puta brže
  - 3 metra
    - Ekvivalentno 10 ms kod ultrazvučnih sistema
    - Ekvivalentno samo 10 ns kod laserskih senzora
    - Merenje vremena leta kod elektromagnetnih signala nije jednostavan zadatak
    - Laserski senzori su veoma skupi i delikatni

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

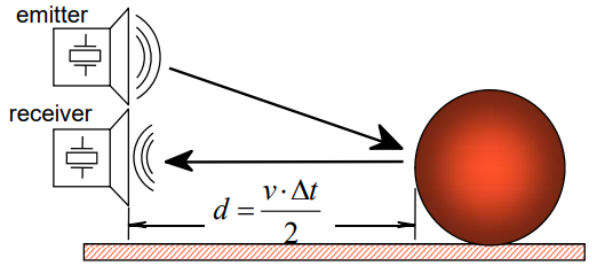
Time of Flight senzori

- Kvalitet Time of Flight senzora uglavnom zavisi od:
  - Preciznosti merenja vremena leta (laserski snezori)
  - Ugao otvorenosti snopa koji se šalje (ultrasonični senzori)
  - Načina interreagovanja sa metom
  - Varijacija brzine prostiranja (zvuk)
  - Brzina mobilnog robota i mete (ukoliko nisu stacionarni)

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Ultrazvučni senzor razdaljine

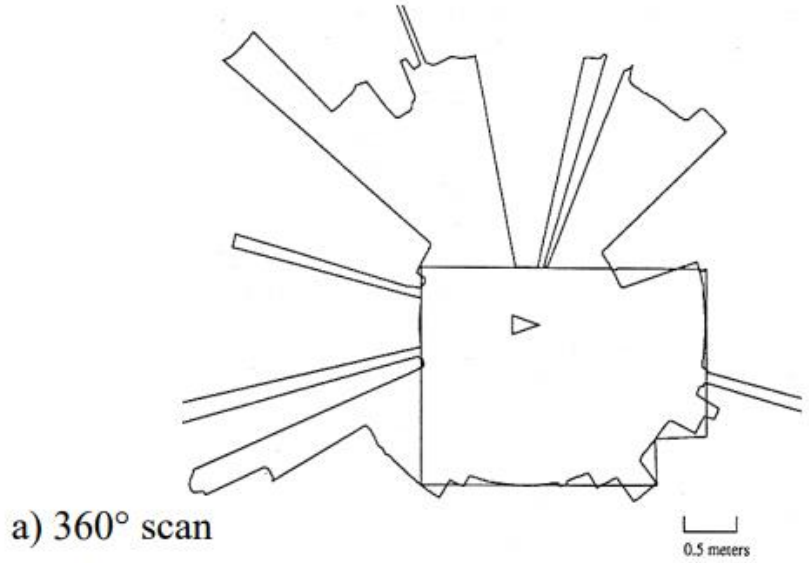
- Princip rada: Ultrazvučni puls se generiše pomoći piezo-električnog emitera, reflektuje se od površine objekta i detektuje pomoću pioezo-električnog prijemnmika.
- Osnovne karakteristike:
  - Preciznost zavisi od ugla pod kojim se nalazi prepreka.
  - Koristi se za razdaljine od nekoliko cm to nekoliko metara.
  - Uglavnom veoma jeftini.
- Aplikacije:
  - Merenje razdaljine (takođe i za objekte koji su providni).
  - Detekciju mogućih kolizija.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Ultrazvučni senzor razdaljine

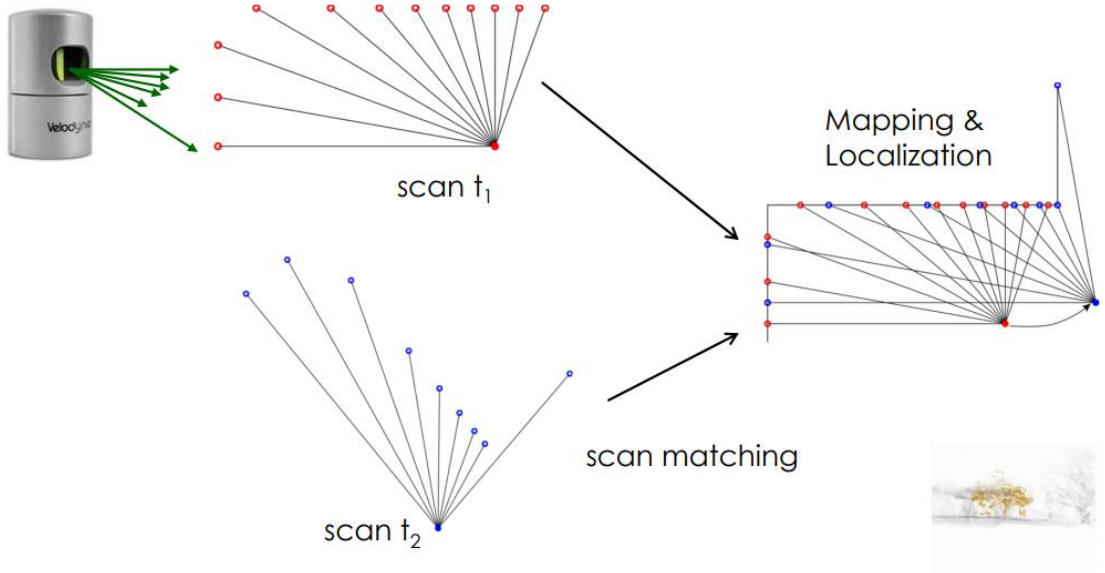
- Problemi priliko korišćenja ultrazvučnih senzora:
  - Mekane površine koje mogu da apsorbuju veliki deo zvučne energije.
  - Površine koje se nalaze pod uglom koji nije upravan na pravac prostiranja zvuka.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Itasdi

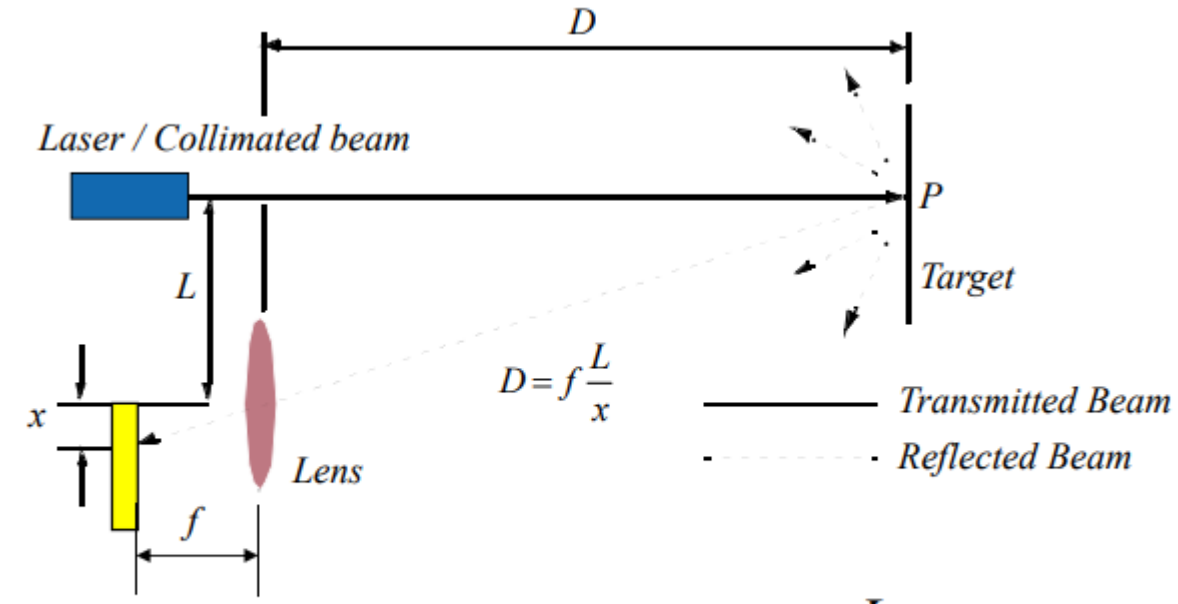
3D mapiranje pomoću laserskog senzora



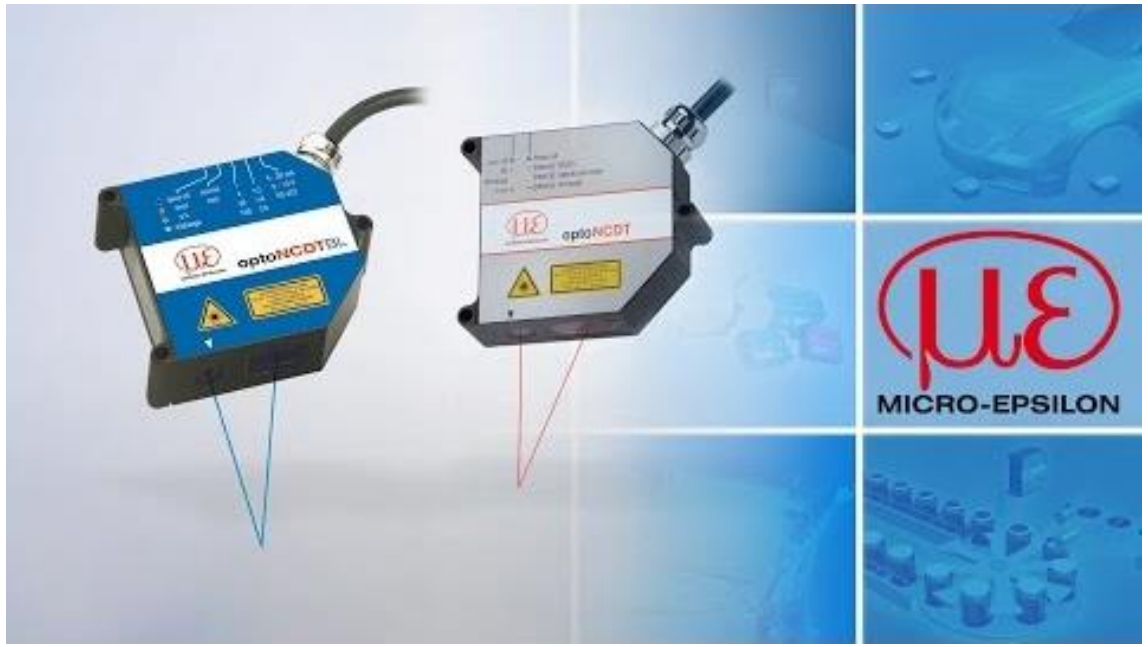
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Laserska Triangulacija (1D)

- Princip 1D laserske triangulacije:



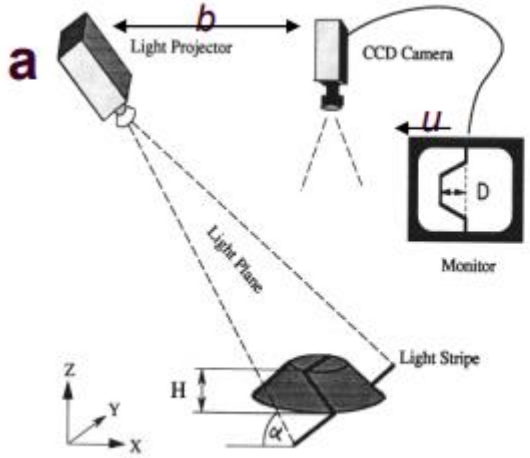
$$D = f\frac{L}{x}$$

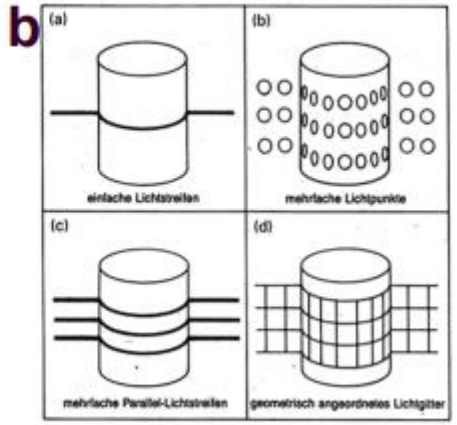


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Senzori na principu strukturnog svetla

- Korišćenjem strukturnog svetla smanjuje se uticaj ambijentalnog svetla na odziv.
- Svetlost se opaža kamerama.
- Domet do osvetljene tačke se može odrediti iz jednostavne geometrije.





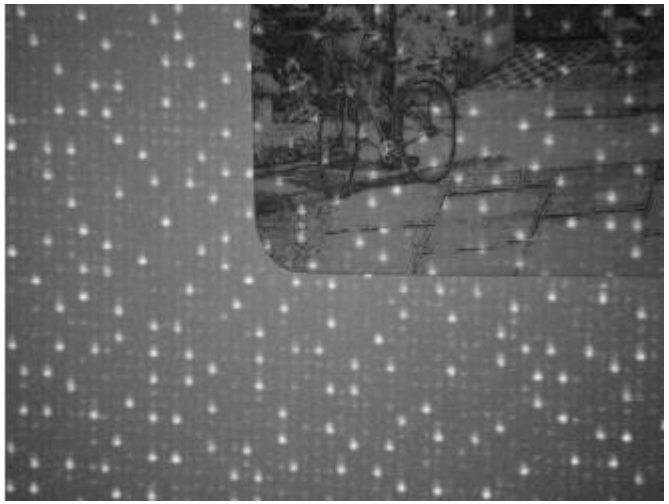
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

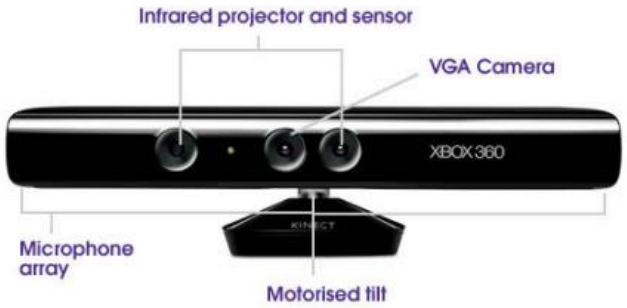
Senzori na principu strukturnog svetla

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Kinect senzor

- Osnovne komponente
  - IR Projector
  - IR Camera
  - VGA Camera
  - Mikrofonski niz
  - Motorizovana baza





Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Kinect senzor

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Thanks!

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union