



Autonomous Robotic Vehicles

Hellenic Mediterranean University

Lecture 9

Dr. Alina Eqtami

Μετά το σημερινό μάθημα θα μπορείτε:

- Να εξηγείτε τη βασική έννοια της **αντίληψης (Perception)** στα αυτόνομα ρομπότ.
- Να περιγράφετε τους **τύπους αισθητήρων** και τα δεδομένα που παρέχουν.
- Να αναγνωρίζετε τη σχέση μεταξύ **Perception, Localization και Mapping**.
- Να κατανοείτε τη σημασία του προβλήματος **εκτίμησης θέσης και προσανατολισμού** ενός ρομπότ στο χώρο.
- Να εισαχθείτε στα θεμέλια του **Localization** μέσω πιθανοκρατικών μεθόδων.

What is Perception?

- Perception είναι η διαδικασία με την οποία ένα ρομπότ **αντιλαμβάνεται και ερμηνεύει** τον κόσμο γύρω του, χρησιμοποιώντας δεδομένα από αισθητήρες.
- Μέσω της αντίληψης, το ρομπότ μπορεί να:
 - εντοπίζει αντικείμενα και εμπόδια,
 - αναγνωρίζει χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος,
 - εκτιμά τη δική του θέση και κατάσταση.
- Perception = σύνδεση ανάμεσα στους **αισθητήρες** και την **κατανόηση του περιβάλλοντος**.

Perception in the Robotic Architecture – 1

Η Αντίληψη (Perception) αποτελεί κρίσιμο μέρος της αρχιτεκτονικής των αυτόνομων ρομπότ.



Η ροή πληροφορίας στο ρομπότ:

Perception → Localization → Mapping → Planning → Control

Κεντρική ιδέα: Το ρομπότ **αντιλαμβάνεται**, **κατανοεί** και **ενεργεί**.

Ρόλοι βασικών υποσυστημάτων:

- **Perception:** Αντίληψη του περιβάλλοντος από αισθητήρες.
- **Localization:** Εκτίμηση θέσης και προσανατολισμού του ρομπότ.
- **Mapping:** Δημιουργία αναπαράστασης του χώρου (χάρτης).
- **Planning / Control:** Σχεδιασμός πορείας και εκτέλεση κίνησης.

Στόχος:

- Συνδυασμός όλων των επιπέδων για **αυτόνομη λειτουργία** του ρομπότ.
- Κάθε επίπεδο τροφοδοτεί το επόμενο με επεξεργασμένες πληροφορίες.

Οι αισθητήρες αποτελούν την πηγή δεδομένων για το σύστημα Perception.

Κατηγορίες Αισθητήρων

- **Εσωτερικοί (Proprioceptive):** μετρούν τοπικές καταστάσεις του ρομπότ
 - Encoders (μετρούν περιστροφές τροχών)
 - IMU (γωνιακή ταχύτητα, επιτάχυνση)
- **Εξωτερικοί (Exteroceptive):** μετρούν χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος
 - LIDAR, Sonar, Camera, GPS.

Σημείωση: Οι αισθητήρες αλλά και τα συστήματα όρασης αναλύονται διεξοδικά στα μαθήματα του 7ου εξαμήνου 'Αισθητήρια Όργανα και Συστήματα Μετρήσεων' καθώς και 'Μηχανική Όραση'.

What is Localization?

Localization είναι η διαδικασία εκτίμησης της θέσης και του προσανατολισμού ενός ρομπότ μέσα σε ένα γνωστό ή άγνωστο περιβάλλον.

- Απαντά στην ερώτηση: «**Πού βρίσκομαι**»
- Είναι απαραίτητη για ασφαλή και αυτόνομη πλοήγηση.
- Συνδυάζει πληροφορία από:
 - το **μοντέλο κίνησης** (π.χ. από οδομετρία),
 - τις **μετρήσεις αισθητήρων** (π.χ. LIDAR, GPS, κάμερες).
- Το αποτέλεσμα είναι μια **εκτίμηση θέσης** (x, y, θ) με αβεβαιότητα.

Οδομετρία (Odometry)

- Υπολογίζει τη μετατόπιση του ρομπότ βάσει **εσωτερικών μετρήσεων** — κυρίως από Encoders & IMU.
- Παρέχει **σχετική εκτίμηση θέσης και προσανατολισμού**:

$$x_t = x_{t-1} + f(u_t)$$

όπου u_t είναι οι μετρήσεις από τους εσωτερικούς αισθητήρες.

- Αντιστοιχεί στο **μοντέλο κίνησης (motion model)** του ρομπότ.

Πρόβλεψη (Prediction):

- Υπολογίζει πώς **πιστεύουμε** ότι κινήθηκε το ρομπότ, χωρίς εξωτερικές πληροφορίες.
- Παρέχει τη βάση για όλα τα συστήματα εντοπισμού.

Πλεονεκτήματα: απλή, συνεχής, ανεξάρτητη από το περιβάλλον.

Μειονέκτημα: **σωρευτικό σφάλμα (drift)** με το χρόνο — μικρά σφάλματα θέσης αυξάνονται καθώς το ρομπότ κινείται.

Εντοπισμός (Localization)

- Χρησιμοποιεί τις μετρήσεις οδομετρίας ως **πρόβλεψη** της νέας θέσης του ρομπότ.
- Συνδυάζει αυτή την πρόβλεψη με **μετρήσεις από το περιβάλλον** (π.χ. LIDAR, άμ, GPS) για να βελτιώσει την εκτίμηση.
- Αυτή η διαδικασία ονομάζεται:
Prediction (Odometry) \Rightarrow Correction (Localization)
- Είναι η βάση των **πιθανοκρατικών μεθόδων εντοπισμού** όπως:
 - Kalman Filter (EKF)
 - Particle Filter
 - Monte Carlo Localization

Ο στόχος:

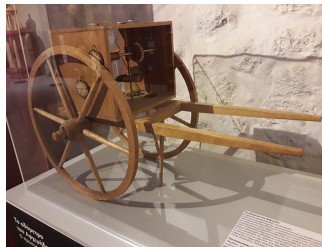
- Ελαχιστοποίηση του σφάλματος θέσης (x, y, θ)
- Συνδυασμός **μοντέλου κίνησης** και **παρατηρήσεων** για αξιόπιστη εκτίμηση κατάστασης.

Οδομετρία (Odometry) – Ιστορική Προέλευση

Η **οδομετρία** είναι μία ιδέα που εμφανίζεται ήδη από τον ελληνιστικό κόσμο, πιθανότατα από τον **Αρχιμήδη**.

Αρχή λειτουργίας:

- Μέτρηση των **περιστροφών ενός τροχού** γνωστής διαμέτρου.
- Υπολογισμός της **απόστασης** που διένυσε ένα όχημα βάσει των περιστροφών.
- Αποτελεί την πρώτη μορφή **μηχανικού οδομέτρου**.



Reconstituted odometer of the Museum of Ancient Greek Technology, inspired by Archimedes' design.

Πηγή: Wikipedia

Αρχή λειτουργίας

- Η μέτρηση των **περιστροφών ενός τροχού** γνωστής διαμέτρου επιτρέπει τον υπολογισμό της **διανυθείσας απόστασης**.

$$s = r \Delta\phi$$

όπου r η ακτίνα του τροχού και $\Delta\phi$ η γωνία περιστροφής.

- Για ένα ρομπότ που κινείται στο επίπεδο, αν γνωρίζουμε την **αρχική θέση** και τον **προσανατολισμό**, τότε μέσω της συνεχούς μέτρησης των περιστροφών των τροχών μπορούμε να υπολογίζουμε τη νέα του θέση.
- Η μέθοδος βασίζεται στην **ολοκλήρωση της κίνησης** με βάση εσωτερικές μετρήσεις.
- **Μειονέκτημα**: τα μικρά σφάλματα στη μέτρηση συσσωρεύονται με τον χρόνο (**σωρευτικό σφάλμα – drift**).

Οδομετρικοί Υπολογισμοί για τον Προσδιορισμό Θέσης - 1

Για να περιγράψουμε τη θέση ενός ρομπότ στο επίπεδο, ορίζουμε δύο συστήματα συντεταγμένων:

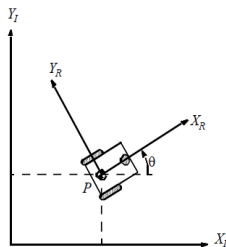
- **Αδρανειακό (παγκόσμιο) σύστημα:** $\{I\} = \{X_I, Y_I\}$
- **Τοπικό (προσαρμοσμένο στο ρομπότ) σύστημα:** $\{R\} = \{X_R, Y_R\}$

Πόζα του ρομπότ (Pose)

Η κατάσταση του ρομπότ στο επίπεδο περιγράφεται από:

$$\xi_I = [x_I \quad y_I \quad \theta_I]^T$$

όπου x_I, y_I είναι οι συντεταγμένες και θ_I ο προσανατολισμός.



Οδομετρικοί Υπολογισμοί για τον Προσδιορισμό Θέσης - 2

Οι ταχύτητες του ρομπότ μπορούν να εκφραστούν είτε:

- στο **τοπικό σύστημα** του ρομπότ (**frame R**), είτε
- στο **παγκόσμιο σύστημα** (**frame I**).

Μετασχηματισμός από το τοπικό στο παγκόσμιο σύστημα

Ο πίνακας περιστροφής που συνδέει τα δύο είναι:

$$R_{RI} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

και συνεπώς:

$$\dot{\xi}_I = R_{RI} \dot{\xi}_R$$

Αυτός ο μετασχηματισμός επιτρέπει να υπολογίζουμε τις **παγκόσμιες ταχύτητες** του ρομπότ από τις **τοπικές** μετρήσεις των αισθητήρων (π.χ. encoders).

Δειγματοληψία: Δt = χρόνος βήματος του συστήματος.

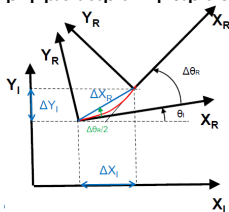
Στοιχειώδεις μετατοπίσεις στα δύο συστήματα

$$\begin{bmatrix} \Delta x_I \\ \Delta y_I \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \cos(\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2}) & -\sin(\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2}) \\ \sin(\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2}) & \cos(\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2}) \end{bmatrix}}_{R_{RI}(\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2})} \begin{bmatrix} \Delta x_R \\ \Delta y_R \end{bmatrix}, \quad \Delta\theta = \theta_I^+ - \theta_I$$

- Το $\Delta x_R, \Delta y_R$ είναι οι **στοιχειώδεις μετατοπίσεις** στο τοπικό σύστημα $\{R\}$ κατά το διάστημα Δt .
- Ο **μετασχηματισμός** γίνεται στο $\theta_I + \frac{\Delta\theta}{2}$ (mid-point) για καλύτερη ακρίβεια.

Στοιχειώδεις Μετατοπίσεις – Γεωμετρική Ερμηνεία

Κατά τη διάρκεια του χρονικού βήματος Δt , το ρομπότ κινείται από τη θέση P στη θέση P' , με μικρή μεταβολή προσανατολισμού $\Delta\theta$.



Γιατί χρησιμοποιούμε τη γωνία $\theta + \frac{\Delta\theta}{2}$

- Κατά το διάστημα Δt , ο προσανατολισμός του ρομπότ αλλάζει σταδιακά από θ σε $\theta + \Delta\theta$.
- Αν χρησιμοποιήσουμε μόνο τη μία άκρη (π.χ. θ), τότε η μετατόπιση υπολογίζεται με γωνία που δεν αντιπροσωπεύει το μέσο της τροχιάς.
- Η χρήση της **μέσης γωνίας** $\theta + \frac{\Delta\theta}{2}$ αντιστοιχεί γεωμετρικά στο **τόξο κυκλικής τροχιάς** που διανύει το ρομπότ.
- Έτσι μειώνεται το σφάλμα ολοκλήρωσης.

Αναδρομικός τύπος (dead reckoning)

$$\underbrace{\begin{bmatrix} x_l^+ \\ y_l^+ \\ \theta_l^+ \end{bmatrix}}_{\text{νέα πόζα}} = \underbrace{\begin{bmatrix} x_l \\ y_l \\ \theta_l \end{bmatrix}}_{\text{τρέχουσα πόζα}} + \underbrace{\begin{bmatrix} \Delta x_l \\ \Delta y_l \\ \Delta \theta \end{bmatrix}}_{\text{στοιχειώδης μεταβολή σε } \Delta t}$$

Εξειδίκευση μέσω του κινηματικού μοντέλου:

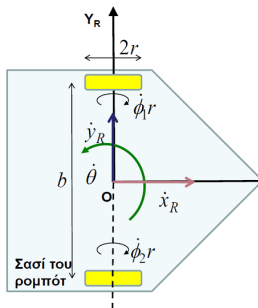
$$\Delta x_l = v \Delta t \cos\left(\theta_l + \frac{\omega \Delta t}{2}\right), \quad \Delta y_l = v \Delta t \sin\left(\theta_l + \frac{\omega \Delta t}{2}\right), \quad \Delta \theta = \omega \Delta t$$

Σχόλια:

- Για Unicycle: $\Delta y_R \approx 0$, $\Delta x_R \approx v \Delta t$.
- Η χρήση mid-point $(\theta_l + \Delta\theta/2)$ μειώνει σφάλματα ολοκλήρωσης.
- Η διαδικασία είναι **ολοκλήρωση κίνησης** → **συσσώρευση σφάλματος (drift)** με τον χρόνο.

Διαφορικά οδηγούμενο ρομπότ:

- Δύο κινητήριοι τροχοί, απόστασης b μεταξύ τους.
- Κάθε τροχός έχει ακτίνα r .
- Οι τροχοί περιστρέφονται με γωνιακές μεταβολές $\Delta\phi_1, \Delta\phi_2$ σε χρονικό διάστημα Δt .
- Ο ρυθμός περιστροφής κάθε τροχού μετρείται από encoders.



Διαφορικό ρομπότ: σχήμα με $b, r, \theta, \dot{x}_R, \dot{y}_R, \dot{\theta}$.

Παράδειγμα: Διαφορικά Οδηγούμενο Ρομπότ – Εξισώσεις

Οι γραμμικές μετατοπίσεις της περιφέρειας των τροχών στο διάστημα Δt :

$$\Delta U_1 = r \Delta \phi_1, \quad \Delta U_2 = r \Delta \phi_2$$

Στοιχειώδεις μετατοπίσεις στο τοπικό σύστημα $\{R\}$

$$\Delta U = \frac{\Delta U_1 + \Delta U_2}{2} = \frac{r}{2}(\Delta \phi_1 + \Delta \phi_2), \quad \Delta \theta = \frac{r}{b}(\Delta \phi_1 - \Delta \phi_2)$$

$$\Delta x_R \approx \Delta U, \quad \Delta y_R \approx 0$$

Μετασχηματισμός στο αδρανειακό σύστημα $\{I\}$

$$\Delta x_I = \Delta U \cos\left(\theta + \frac{\Delta \theta}{2}\right), \quad \Delta y_I = \Delta U \sin\left(\theta + \frac{\Delta \theta}{2}\right)$$

Σημείωση: Σε μια στροφή μικρού τόξου έχουμε (i) Εξωτερικό τόξο: $(R + \frac{b}{2}) \Delta \theta$ και (ii) Εσωτερικό τόξο: $(R - \frac{b}{2}) \Delta \theta$. Η διαφορά τους είναι: $(R + \frac{b}{2}) \Delta \theta - (R - \frac{b}{2}) \Delta \theta = b \Delta \theta$. Άρα: $\Delta U_R - \Delta U_L = b \Delta \theta$.

Οδομετρικό Μοντέλο Διαφορικού Ρομπότ – Τοπικό Σύστημα

Για το διαφορικά οδηγούμενο ρομπότ ισχύει:

Στοιχειώδεις μετατοπίσεις στο τοπικό σύστημα $\{R\}$

$$\begin{bmatrix} \Delta x_R \\ \Delta y_R \\ \Delta \theta \end{bmatrix} = \frac{r}{2} \begin{bmatrix} \Delta \phi_1 + \Delta \phi_2 \\ 0 \\ \frac{2}{b}(\Delta \phi_1 - \Delta \phi_2) \end{bmatrix}$$

Ερμηνεία:

- Δx_R : γραμμική μετατόπιση κατά τον διαμήκη άξονα.
- $\Delta y_R \approx 0$: δεν υπάρχει πλευρική κίνηση (μη-ολονομικός περιορισμός).
- $\Delta \theta$: περιστροφή γύρω από το κέντρο συμμετρίας.

Σημείωση: Οι τιμές $\Delta \phi_1, \Delta \phi_2$ προέρχονται από τις μετρήσεις των encoders των δύο τροχών. Το αποτέλεσμα περιγράφει την κίνηση του ρομπότ ως προς το σώμα του.

Οδομετρικό Μοντέλο Διαφορικού Ρομπότ – Αδρανειακό Σύστημα

Για να εκφραστεί η μετατόπιση στο **παγκόσμιο σύστημα** $\{I\}$, εφαρμόζεται ο πίνακας περιστροφής στο $\theta + \frac{\Delta\theta}{2}$:

$$\begin{bmatrix} \Delta x_I \\ \Delta y_I \\ \Delta\theta \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} \cos(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) & -\sin(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) & 0 \\ \sin(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) & \cos(\theta + \frac{\Delta\theta}{2}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{\text{μετασχηματισμός } \{R\} \rightarrow \{I\}} \frac{r}{2} \begin{bmatrix} \Delta\phi_1 + \Delta\phi_2 \\ 0 \\ \frac{2}{b}(\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2) \end{bmatrix}$$

Ενημέρωση θέσης:

$$x_I^+ = x_I + \Delta x_I$$

$$y_I^+ = y_I + \Delta y_I$$

$$\theta_I^+ = \theta_I + \Delta\theta$$

Πειραματική Εφαρμογή Οδομετρίας

Σκοπός: Να εκτιμηθεί η θέση και ο προσανατολισμός ενός διαφορικού ρομπότ, χρησιμοποιώντας μετρήσεις $\phi_1(t)$, $\phi_2(t)$ από encoders και (προαιρετικά) IMU.

Υπολογιζόμενα Μεγέθη

- $\Delta\phi_1 = \phi_1(k+1) - \phi_1(k)$
- $\Delta\phi_2 = \phi_2(k+1) - \phi_2(k)$
- $\Delta\theta = \frac{r}{b}(\Delta\phi_1 - \Delta\phi_2)$
- $\Delta x, \Delta y$: από το οδομετρικό μοντέλο

Ενημέρωση Πόζας (Pose Update)

$$x_{k+1} = x_k + \Delta x_l$$

$$y_{k+1} = y_k + \Delta y_l$$

$$\theta_{k+1} = \theta_k + \Delta\theta$$

Η **οδομετρία** είναι μια εξαιρετικά απλή μέθοδος προσδιορισμού της θέσης στο επίπεδο, αλλά «**υποφέρει**» από **σφάλματα**.

Σημαντικότερες πηγές σφαλμάτων

- Η διαδικασία είναι ουσιαστικά μία **ολοκλήρωση σε διακριτό χρόνο**. Επηρεάζεται άμεσα από το χρονικό βήμα ολοκλήρωσης Δt και τη **διακριτική ικανότητα των κωδικοποιητών θέσης**.
- Η ολοκλήρωση διακριτού χρόνου **δεν επηρεάζει** τη συνολικά διανυθείσα απόσταση, αλλά **επηρεάζει έντονα** τον υπολογισμό της **γωνίας στροφής** και συνεπώς την εκτίμηση της θέσης.
- **Διαφορές στις διαμέτρους των τροχών** — συστηματικό σφάλμα, αντιμετωπίζεται με **καλό καλιμπράρισμα**.
- **Κακή ευθυγράμμιση τροχών** — επίσης συστηματικό σφάλμα.
- **Ολίσθηση τροχών** — **τυχαίο σφάλμα**, δύσκολα αντισταθμίσιμο.

Σφάλματα ολοκλήρωσης εμφανίζονται λόγω του πεπερασμένου χρονικού βήματος Δt και της περιορισμένης ανάλυσης των encoders.

Βασικές επιδράσεις

- **Μεγάλο Δt :** οι μετρήσεις καθυστερούν να ενημερωθούν — η κίνηση προσεγγίζεται “βηματικά” και αυξάνει το σφάλμα.
- **Χαμηλή ανάλυση encoders:** κάθε παλμός αντιστοιχεί σε μεγάλο βήμα γωνίας $\Delta\phi \rightarrow$ ποσοτικοποιημένο (quantization) σφάλμα.
- **Το σφάλμα στον προσανατολισμό θ πολλαπλασιάζεται** κατά την ολοκλήρωση \rightarrow μικρές αποκλίσεις οδηγούν σε μεγάλες χωρικές αποκλίσεις.

Συμπέρασμα: Η ακριβής οδομετρία απαιτεί **υψηλό ρυθμό δειγματοληψίας** και **encoders υψηλής ανάλυσης**.

Γιατί Χρειαζόμαστε Εντοπισμό (Localization)

Η **οδομετρία** παρέχει μια **προβλεπόμενη θέση** του ρομπότ βασισμένη σε εσωτερικές μετρήσεις. Ωστόσο, τα μικρά σφάλματα που εμφανίζονται σε κάθε βήμα **συσσωρεύονται με τον χρόνο (drift)**, οδηγώντας σε ολοένα και πιο ανακριβή εκτίμηση.

Η βασική ιδέα του Εντοπισμού (Localization)

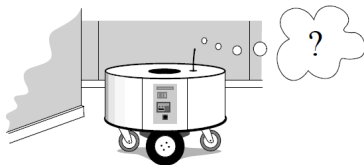
- Συνδυασμός της **πρόβλεψης** από το **μοντέλο κίνησης** με τις **μετρήσεις αισθητήρων**.
- Κάθε νέα μέτρηση **διορθώνει** την εκτίμηση θέσης.
- Το αποτέλεσμα είναι μια **πιθανοκρατική εκτίμηση** (probabilistic) της θέσης (x, y, θ) με αβεβαιότητα.

Στόχος: Η εκτίμηση της πιο πιθανής θέσης του ρομπότ στο χώρο, δεδομένων όλων των κινήσεων και των μετρήσεων μέχρι τώρα.

Ορισμός: Το ρομπότ εκτιμά τη θέση του χρησιμοποιώντας **αισθητηριακή πληροφορία** και έναν **χάρτη του περιβάλλοντος**.

Τύποι Χαρτών

- **Γνωστός χάρτης:** το ρομπότ κινείται σε ήδη χαρτογραφημένο περιβάλλον → **Localization**.
- **Άγνωστος χάρτης:** το ρομπότ πρέπει να εκτιμήσει τη θέση του και να χτίσει χάρτη ταυτόχρονα → **Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)**.



Where am I?

Προκλήσεις:

- Οι μετρήσεις αισθητήρων και ο χάρτης είναι **αβέβαιοι και θορυβώδεις**.
- Το ρομπότ πρέπει να λαμβάνει αποφάσεις υπό **αβεβαιότητα**.
- Το πρόβλημα γίνεται πολύπλοκο σε **δυναμικά ή άγνωστα περιβάλλοντα**.

Προσέγγιση:

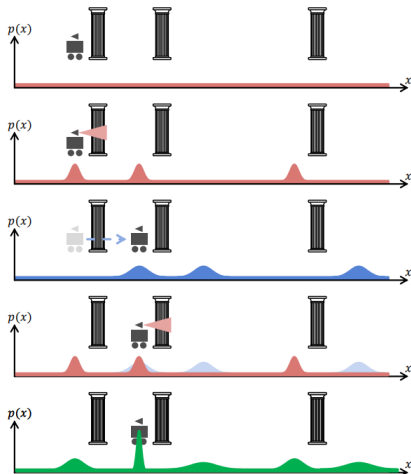
- Χρήση **πιθανοκρατικών μεθόδων** για αξιόπιστη εκτίμηση θέσης.
- Το ρομπότ διατηρεί μια **πίστη** (belief state) σχετικά με τη θέση του:

$$bel(x_t) = p(x_t | z_{1:t}, u_{1:t})$$

- Κάθε νέο δεδομένο **ενημερώνει** αυτή την πίστη μέσω **Prediction** και **Correction**.

Cycle of Localization

- **SEE:** Το ρομπότ ρωτά τους αισθητήρες του → εντοπίζει ότι βρίσκεται δίπλα σε έναν σύλο.
- **ACT:** Το ρομπότ κινείται ένα μέτρο εμπρός. Η κίνηση εκτιμάται από τους wheel encoders. → Προκύπτει **συσσώρευση αβεβαιότητας**.
- **SEE:** Το ρομπότ ξαναρωτά τους αισθητήρες του → εντοπίζει ξανά τον σύλο.
- **Belief update (information fusion):** Συνδυασμός της προβλεπόμενης θέσης με τη νέα παρατήρηση για βελτιωμένη εκτίμηση.



Perception–Action–Perception cycle in probabilistic localization.

*Image source: ETH Zürich – Autonomous Mobile

Την επόμενη φορά:

- Εισαγωγή στο **Kalman Filter** — μια από τις πιο σημαντικές μεθόδους **εκτίμησης κατάστασης (state estimation)**.
- Θα δούμε πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:
 - **Localization** (εκτίμηση θέσης ρομπότ),
 - και στη συνέχεια για **SLAM** (Simultaneous Localization and Mapping).
- Θα εξηγήσουμε πώς συνδυάζει **πρόβλεψη** και **διόρθωση** με τρόπο βέλτιστο και μαθηματικά θεμελιωμένο.

Υποχρεωτική Εργασία:

- Ανάπτυξη και επίδειξη **Odometry** αλγορίθμου.
- Στόχος: Υπολογισμός τροχιάς και απεικόνιση θέσης ρομπότ στο επίπεδο.
- Παράδοση: **Τέλος του μήνα**.

Next time: The Kalman Filter!