



## Μάθημα: "Ρομποτική II: Ευφυή Ρομποτικά Συστήματα"

(8<sup>ο</sup> εξάμηνο, Ακαδ. Έτος: 2018-19)

Διδάσκων: Κων/νος Τζαφέστας

### Αναλυτική Άσκηση #2:

**Διακριτό φίλτρο Kalman** για σύμμιξη αισθητηριακών δεδομένων και εκτίμηση θέσης κινητού ρομπότ

**(Discrete Kalman filter for sensor fusion and mobile robot localisation)**

Έστω ρομποτικό όχημα διαφορικής οδήγησης (differential drive) (βλ. Σχήμα 2). Η θέση του οχήματος σε κάθε χρονική στιγμή  $t$  περιγράφεται από το διάνυσμα:  $\begin{bmatrix} x^{(t)} & y^{(t)} \end{bmatrix}^T$  και η γωνία προσανατολισμού του (μετρούμενη ως προς τον άξονα  $x$ ) ωρίζεται ως  $\theta^{(t)}$ . Έστω επίσης  $v^{(t)}$  η γραμμική ταχύτητα του οχήματος (κατά τον εμπρόσθιο άξονα κίνησης  $x$ , βλ. Σχ. 1 και Σχ. 2), και  $\omega^{(t)}$  η γωνιακή ταχύτητα του οχήματος, τη χρονική στιγμή  $t$ .

Υποθέτουμε ότι το ρομπότ είναι εφοδιασμένο:

(α) με σύστημα γραμμικών επιταχυνσιόμετρων, το οποίο παρέχει μετρήσεις για την επιταχυνόμενη κίνηση του οχήματος, όπου  $a_x$  η μέτρηση επιτάχυνσης κατά τον άξονα  $x$  (εμπρόσθιας κίνησης του οχήματος),

(β) μαγνητόμετρου το οποίο παρέχει πληροφορία για τον προσανατολισμό  $\theta$  του οχήματος και

(γ) με σύστημα αισθητήρων υπερήχων, συμμετρικά τοποθετημένων ως προς τον κεντρικό άξονα του οχήματος, όπως εικονίζεται στο Σχήμα 2.

Θεωρούμε ότι το όχημα ξεκινά (από στάση) τη χρονική στιγμή 0 (με απόλυτη βεβαιότητα) από τη θέση  $[0, 0]^T$ , με αρχική μέτρηση προσανατολισμού  $\theta = 0^\circ$  και αρχική μέτρηση στον εμπρόσθιο αισθητήρα υπερήχων  $l_{\text{front}} = 50$  cm (από σταθερό τοίχο ο οποίος ευρίσκεται κάθετα προσανατολισμένος ως προς την αρχική διεύθυνση  $x$  του οχήματος). Υποθέτουμε ότι το όχημα εκτελεί μια **ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη** κίνηση κατά το χρονικό διάστημα  $[0, T_1]$  (όπου  $T_1=0.5\text{sec}$ ).

Έστω ότι τη χρονική στιγμή  $T_1$  λαμβάνονται οι εξής μετρήσεις:  $l_{\text{front}} = 46$  cm,  $\theta = 5^\circ$ ,  $a_x = 0.4$  m/(sec)<sup>2</sup>.

Υποθέτουμε επίσης ότι: (1) η μέτρηση απόστασης που παρέχει κάθε αισθητήρας υπερήχων παρουσιάζει αβεβαιότητα η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί σε σφάλμα μέτρησης ίσο με 1 cm, (2) το μαγνητόμετρο παρουσιάζει αβεβαιότητα η οποία ακολουθεί κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση που αντιστοιχεί σε σφάλμα μέτρησης ίσο με  $3^\circ$  και (3) το σύστημα επιταχυνσιόμετρων παρέχει απ'ευθείας μετρήσεις της γραμμικής επιτάχυνσης του οχήματος, με αβεβαιότητα η οποία ακολουθεί και αυτή κανονική κατανομή με τυπική απόκλιση  $0.1$  m/(sec)<sup>2</sup>.

Να περιγραφεί αναλυτικά η εφαρμογή ενός διακριτού φίλτρου Kalman εκτίμησης θέσης του ρομποτικού οχήματος (localisation) και να προσδιορισθεί η βέλτιστη εκτίμηση θέσης που επιστρέφει τη χρονική στιγμή  $T_1$ .

*Παρατήρηση:* Όπου χρειάζεται, βάσει της επιλογής των μοντέλων που θα εφαρμοσθούν, μπορούν να γίνουν υποθέσεις γραμμικοποίησης για να εφαρμοσθεί ένα γραμμικό Γκαουσιανό φίλτρο.

