

Омни дугуйт роботын координат тооцоолох алгоритм

Б.Алтанцоож, Д.Нанзадрагчаа, М.Баярпүрэв

Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим
Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль, МУИС
Улаанбаатар хот, Монгол Улс
Цахим шуудан: altantsooj@seas.num.edu.mn

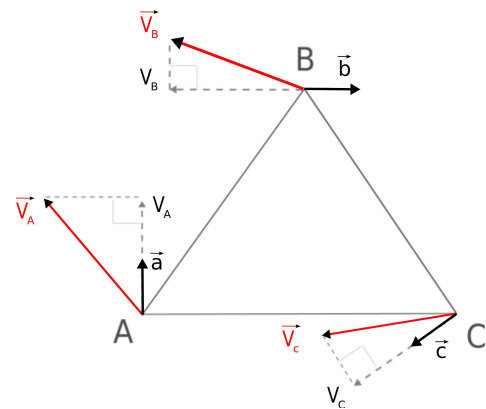
Хураангуй—Роботын координатыг өндөр нарийвчлалтайгаар, бодит хугацаанд олох бодлого нь роботийн чухал асуудал билээ. Энэхүү судалгааны ажилд хөдөлгөөнт робот дээр байрлуулсан омни дугуй бүхий ротари энкодер ашиглан координатыг тооцоолох алгоритмыг санал болгоно. Ротари энкодерийн тасалдал үүсэх хугацааг бүртгэж тухайн цэгийн хурдны функцийг ойролцоолон сэргээнэ. Ингэхдээ хурдыг сэргээх аргуудыг онолын болон тооцон бодох аргаар үнэлнэ. Сэргээсэн хурднаасаа омни дугуйн кинематикт тулгуурлан роботын координатыг тооцоолох алгоритм санал болгоно.

Түлхүүр үгс—Зам төлөвлөлт, координат олох, роботикс, omni-wheel mobile robot

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд жолоочгүй машины судалгаа хөгжүүлэлт эрчимтэй явагдаж байна. Америкийн батлан хамгаалах яам ч энэ салбарыг анхаарч жил бүр DARPA Grand Challenge тэмцээнд жолоочгүй машины уралдаан явуулдаг. Түүнчлэн, үйлдвэрлэгч нар ч энэ салбарт өрсөлдөж эхлээд байна. Гүүгл компаний жолоочгүй машин, Тоётагийн i-unit концепт машин зэрэгийг дурдаж болно. Жолоочгүй машин эсвэл робот нь өөрийн координатыг маш нарийн мэдэж байх шаардлага гардаг. Үүнд GPS хиймэл дагуулыг ашиглаж болох хэдий ч нарийвчлал маш муу болно (Differential GPS ашигласан тохиолдолд 1м, бусад үед 7м). Радио долгион ашиглан үүнээс нарийн хэмжихийн тулд Ultra-wide-band технологи ашиглаж болох ч дэд бүтэц нь үнэтэй, хэрэглэгдэх хүрээ багатай болчихдог. Камер ашигласан хиймэл оюун ухааныг хэрэглэж болох хэдийг ч энэ нь нүсэр тооцоолол шаардах бөгөөд real-time чанараа алддаг дутагдалтай. Хөдөлгөөнт робот дээр бэхэлсэн омни дугуй бүхий ротари энкодер хэрэглэн координатыг олох алгоритм маань тооцоолол багатай, хямд, real-time зэрэг давуу талуудтай. Энэ өгүүллийг дараах байдлаар зохион байгуулсан болно: II дэд бүлэгт омни дугуйт роботын кинематик, траекторын анализыг хийнэ. III дэд бүлэгт санал болгож буй алгоритм, IV дэд бүлэгт алгоритмын симуляцыг танилцуулах бөгөөд V дэд бүлэгт дүгнэлтээ танилцуулав.

II. ОМНИ ДУГУЙТ РОБОТЫН КИНЕМАТИК



Зураг 1. Омни чиглэлт гурван дугуйт роботын кинематик
 A, B, C нь роботын дугуйнууд, $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ нь харгалзан A, B, C дугуйны чиглэлийн векторууд, $\vec{V}_A, \vec{V}_B, \vec{V}_C$ нь харгалзан A, B, C дугуйны хурдны векторууд, V_A, V_B, V_C нь A, B, C дугуйны чиглэлийн дагуух хурдны векторууд.

Дугуй тус бүрийг харгалзан A, B, C гэе. Эргэлтийн өнцөгийг талбайн координатын системийн ox тэнхлэг болон \vec{AC} векторын хооронд цагийн зүүний эсрэг хэмжээнд $\theta(t)$ гэж тэмдэглэе. A дугуйны траекторыг $\vec{r}_A(t)$ гэсэн муруйгаар өгөгдсөн гэж үзье. A цэгээс B цэгрүү чиглэсэн векторыг θ өнцөг бүхий эргэлтийн матрицаар үржээд A цэгийн координат дээр нэмбэл энэ нь B дугуйны тухайн агшин дахь координат болох юм. B дугуйны траектор илэрхийллийг бичвэл:

$$\vec{r}_B(t) = \vec{r}_A(t) + \vec{AB} \begin{pmatrix} \cos \theta(t) & -\sin \theta(t) \\ \sin \theta(t) & \cos \theta(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Энд \vec{AB} гэдэг нь A цэгээс B цэгрүү чиглэсэн вектор болно. Мөн үүний адилаар C дугуйны траектор илэрхийллийг бичвэл:

$$\begin{aligned} \vec{r}_C(t) &= \vec{r}_A(t) + \vec{AC} \begin{pmatrix} \cos \theta(t) & -\sin \theta(t) \\ \sin \theta(t) & \cos \theta(t) \end{pmatrix} \\ &= \vec{r}_A(t) + AC \begin{pmatrix} \cos \theta(t) \\ \sin \theta(t) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

Энд \vec{r}_A нь А дугуйны траектор илэрхийллийг мөн \vec{r}_B болон \vec{r}_C нь В, С дугуйны траекторыг тус тус илэрхийлсэн болно. Эдгээр өгөгдсөн траектор илэрхийллийн нэгдүгээр зэргийн уламжлал нь тэдгээрийн тухайн агшин дахь хурдны илэрхийллийн тэгшитгэл гарна. Үүнийг бичвэл:

$$\vec{V}_A(t) = (\vec{r}_A(t))' = \begin{pmatrix} v_{ax}(t) \\ v_{ay}(t) \end{pmatrix} \quad (3)$$

Үүний адилаар бусад хурдны илэрхийллийг тооцвол:

$$\begin{aligned} \vec{V}_B(t) &= (\vec{r}_B(t))' = \begin{pmatrix} v_{bx}(t) \\ v_{by}(t) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} v_{ax} + \omega [AB_x \cos \theta(t) - AB_y \sin \theta(t)] \\ v_{ay} - \omega [AB_x \sin \theta(t) + AB_y \cos \theta(t)] \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\vec{V}_C(t) = (\vec{r}_C(t))' = \begin{pmatrix} v_{cx}(t) \\ v_{cy}(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_{ax} - AC\omega \sin \theta(t) \\ v_{ay} + AC\omega \cos \theta(t) \end{pmatrix} \quad (5)$$

ω нь өнцгөөс авсан нэгдүгээр зэргийн уламжлал буюу өнцөг хурд нь болно. Зураг 1 дээр \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} нь харгалзан А,В,С дугуйны чиглэлийг тодорхойлсон векторууд болно. Омни дугуйн эргэлт өвөрмөц байдаг. Хавтгай дээр авч үзвэл бүх чиглэлд шилждэг. Тухайн дугуйн эргэлт хийх шилжилт нь дугуйн хурд болон байрлал хоёроос зэрэг хамаарна. Дугуйн чиглэлийн анхны векторуудаа харгалзан олбол:

$$\vec{a}(0) = \begin{pmatrix} a_x(0) \\ a_y(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_a & -\sin \theta_a \\ \sin \theta_a & \cos \theta_a \end{pmatrix} \frac{\vec{AB}}{\|\vec{AB}\|} \quad (6)$$

$$\vec{b}(0) = \begin{pmatrix} b_x(0) \\ b_y(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_b & -\sin \theta_b \\ \sin \theta_b & \cos \theta_b \end{pmatrix} \frac{\vec{BC}}{\|\vec{BC}\|} \quad (7)$$

$$\vec{c}(0) = \begin{pmatrix} c_x(0) \\ c_y(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_c & -\sin \theta_c \\ \sin \theta_c & \cos \theta_c \end{pmatrix} \frac{\vec{AC}}{\|\vec{AC}\|} \quad (8)$$

Энд θ_a , θ_b , θ_c нь харгалзан А, В, С дугуй тус бүрийн АВ, ВС, АС тэнхлэгтэй үүсгэн бэхэлсэн анхны өнцгүүд болно. Одоо роботын тухайн агшин дахь хазайлгаас хамааран \vec{a} , \vec{b} , \vec{c} эдгээр векторууд нь бодогдох илэрхийллийг бичвэл:

$$\begin{aligned} \vec{a}(t) &= \begin{pmatrix} a_x(t) \\ a_y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta(t) & -\sin \theta(t) \\ \sin \theta(t) & \cos \theta(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_x(0) \\ a_y(0) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \cos \theta(t)a_x(0) - \sin \theta(t)a_y(0) \\ \sin \theta(t)a_x(0) + \cos \theta(t)a_y(0) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (9)$$

Үүнтэй төстэйгөөр

$$\vec{b}(t) = \begin{pmatrix} \cos \theta(t)b_x(0) - \sin \theta(t)b_y(0) \\ \sin \theta(t)b_x(0) + \cos \theta(t)b_y(0) \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\vec{c}(t) = \begin{pmatrix} \cos \theta(t)c_x(0) - \sin \theta(t)c_y(0) \\ \sin \theta(t)c_x(0) + \cos \theta(t)c_y(0) \end{pmatrix} \quad (11)$$

Зураг 1 дээр илэрхийлсэн V_A, V_B, V_C утгууд нь дугуй тус бүрийн хурдны вектор $\vec{V}_A, \vec{V}_B, \vec{V}_C$ ба дугуйн чиглэлийн вектор $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$ хоорондын харгалзан скаляр үржвэрүүд / дотоод үржвэр/ болно. Гаргалгаа илэрхийллийг бичвэл:

$$V_A = \vec{V}_A \cdot \vec{a} = v_{ax}a_x + v_{ay}a_y \quad (12)$$

$$V_B = \vec{V}_B \cdot \vec{b} = v_{bx}b_x + v_{by}b_y \quad (13)$$

$$V_C = \vec{V}_C \cdot \vec{c} = v_{cx}c_x + v_{cy}c_y \quad (14)$$

Иймээс омни чиглэлт гурван дугуйт роботын дугуй бүрийн эргэлт хийх шилжилтийг тодорхойлогч утгууд нь харгалзан V_A, V_B, V_C утгууд болно.

III. ОМНИ ЧИГЛЭЛТ РОБОТЫН КООРДИНАТ ОЛОХ АЛГОРИТМ

Гурван омни ротари энкодерийн харилцан байрлалыг доорх таван вектороор нэг утгатайгаар илэрхийлж болно:

$$\begin{aligned} \vec{AB} &= (B_x, B_y)^T, \vec{AC} = (C_x, C_y)^T, \vec{a} = (a_x, a_y)^T, \\ \vec{b} &= (b_x, b_y)^T, \vec{c} = (c_x, c_y)^T. \end{aligned}$$

Эдгээрийг хугацааны $t = 0$ агшин дахь утгууд гэж үзье. Робот хөдөлбөл эдгээр векторууд харилцан байрлал өөрчлөгдөхгүй тул бүгд адил өнцгөөр эргэлт хийнэ. Тэгвэл дээрх векторууд:

$$\begin{aligned} \vec{AB}(t) &= \begin{pmatrix} \cos \theta(t) & -\sin \theta(t) \\ \sin \theta(t) & \cos \theta(t) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} B_x \cos \theta(t) - B_y \sin \theta(t) \\ B_x \sin \theta(t) + B_y \cos \theta(t) \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (15)$$

$$\vec{AC}(t) = \begin{pmatrix} C_x \cos \theta(t) - C_y \sin \theta(t) \\ C_x \sin \theta(t) + C_y \cos \theta(t) \end{pmatrix} \quad (16)$$

$\vec{a}(t), \vec{b}(t), \vec{c}(t)$ векторын гаргалгаа илэрхийллийг (9), (10), (11) тэгшитгэлээс харж болно. Гурван омни дугуйт роботын хувьд доорх кинематик тэгшитгэл гаргаж авч чадна.

$$\begin{cases} \vec{v}_B - \vec{v}_A = \vec{\omega} \times \vec{AB} \\ \vec{v}_C - \vec{v}_A = \vec{\omega} \times \vec{AC} \\ \vec{v}_A \cdot \vec{a} = v_A \\ \vec{v}_B \cdot \vec{b} = v_B \\ \vec{v}_C \cdot \vec{c} = v_C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \vec{v}_B = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AB} \\ \vec{v}_C = \vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AC} \\ \vec{v}_A \cdot \vec{a} = v_A \\ \vec{v}_B \cdot \vec{b} = v_B \\ \vec{v}_C \cdot \vec{c} = v_C \end{cases} \quad (17)$$

Бичиглэлээ хялбаршуулах үүднээс хугацааны хувьсагч (t) -г ил дурдахгүй орхилоо.

$$(1) \Rightarrow \begin{cases} \vec{v}_A \cdot \vec{a}(t) = v_A \\ (\vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AB}) \cdot \vec{b} = v_B \\ (\vec{v}_A + \vec{\omega} \times \vec{AC}) \cdot \vec{c} = v_C \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{Ax}a_x + v_{Ay}a_y = v_A \\ \left(\begin{pmatrix} v_{Ax} \\ v_{Ay} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_x \\ B_y \end{pmatrix} \right)^T \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix} = v_B \\ \left(\begin{pmatrix} v_{Ax} \\ v_{Ay} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & \omega \\ -\omega & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} C_x \\ C_y \end{pmatrix} \right)^T \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix} = v_C \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_{Ax}a_x + v_{Ay}a_y = v_A \\ v_{Ax}b_x + v_{Ay}b_y = v_B - \omega(B_yb_x - B_xb_y) \\ v_{Ax}c_x + v_{Ay}c_y = v_C - \omega(C_yc_x - C_xc_y) \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} B_b = B_yb_x - B_xb_y \\ C_c = C_yc_x - C_xc_y \\ v_x = v_{Ax}, v_y = v_{Ay} \end{cases}$$

Дээрхи томъёоны $B_b(t) = B_yb_x - B_xb_y$ нь $\vec{AB}(t)$, \vec{b} векторуудыг гурван хэмжээт өргөтгөн харвал тэдээрийн вектор үржвэрийн z байгуулагч болохыг хялбархан харж болно. Өөрөөр хэлбэл $\vec{b}(t) \times \vec{AB}(t) = (0, 0, B_b(t))$. $\vec{AB}(t)$, b векторууд нь зэрэг эргэлдэж байгаа тул тэдгээрийн харилцан байрлал өөрчлөгдөхгүй бөгөөд xy хавтгайгаас гарахгүй. Иймээс тэдгээрийн вектор үржвэр болон $\vec{B}_b(t)$ нь хугацаанаас хамаарахгүй. Төстэйгээр $\vec{c}(t) \times \vec{AC}(t) = (0, 0, C_c(t))$ болох тул $C_c(t)$ нь хугацаанаас хамаарахгүй.

$$\begin{cases} v_x a_x + v_y a_y = v_A \\ v_x b_x C_c + v_y b_y C_c = v_B C_c - \omega B_b C_c \\ v_x c_x B_b + v_y c_y B_b = v_C B_b - \omega C_c B_b \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} a_x v_x + a_y v_y = v_A \rightarrow a_y v_y = v_A - a_x v_x \\ (b_x C_c - c_x B_b) v_x + (b_y C_c - c_y B_b) v_y = v_B C_c - v_C B_b \end{cases} \quad (19)$$

$$a_y(b_x C_c - c_x B_b) v_x + (b_y C_c - c_y B_b)(v_A - a_x v_x) = a_y(v_B C_c - v_C B_b)$$

$$\begin{aligned} & ((a_y b_x - a_x b_y) C_c - (a_y c_x - a_x c_y) B_b) v_x \\ &= (a_y v_B - b_y v_A) C_c - (a_y v_C - c_y v_A) B_b \\ v_x &= \frac{(a_y v_B - b_y v_A) C_c - (a_y v_C - c_y v_A) B_b}{(a_y b_x - a_x b_y) C_c - (a_y c_x - a_x c_y) B_b} \end{aligned} \quad (20)$$

$$v_y = \frac{(b_x v_A - a_x v_B) C_c - (c_x v_A - a_x v_C) B_b}{(a_y b_x - a_x b_y) C_c - (a_y c_x - a_x c_y) B_b} \quad (21)$$

$$\omega = \frac{v_x b_x + v_y b_y - v_B}{B_x b_y - B_y b_x} = \frac{d\theta}{dt} \quad (22)$$

(20)-(21) томъёог (22)-д орлуулбал

$$\omega = \frac{(\vec{b} \times \vec{c})_z v_A(t) + (\vec{c} \times \vec{a})_z v_B(t) + (\vec{a} \times \vec{b})_z v_C(t)}{(\vec{c} \times \vec{a})_z (\vec{b} \times \vec{AB})_z + (\vec{a} \times \vec{b})_z (\vec{c} \times \vec{AC})_z} \quad (23)$$

(20), (21) болон (22) томъёоны вектор үржвэрүүд нь хугацаанаас хамаарахгүй нь илэрхий тул $\vec{r}_A(t)$, $\theta(t)$ -г хялбархан интегралчлаад олж болно.

$$\vec{r}_A(t) = \vec{r}_A(0) + \int_0^t \vec{v}_A(\tau) d\tau \quad (24)$$

$$\vec{\theta}(t) = \int_0^t \vec{\omega}(\tau) d\tau \quad (25)$$

$\vec{r}_B(t)$ болон $\vec{r}_C(t)$ -г (1), (2) тэгшитгэлүүдийг ашиглан олэо.

IV. АЛГОРИТМЫН СИМУЛЯЦ

Омни чиглэлт роботын тэнхлэгийн уртууд болох $AB = AC = BC = 20mm$, роботын A дугуйн анхны байрлалыг AB талтай 45° өнцөг үүсгэж бэхэлсэн гэж тооцон симуляц хийсэн, мөн үүний адилаар B дугуйн анхны байрлалыг BC талтай 45° , C дугуйн анхны байрлалыг CA талтай 45° өнцөг үүсгэн байрласан гэж тооцсон. Шулуун болон муруй замын траекторын хувьд сонгон авч алгоритмыг туршиж үзсэн. Өнцөгийн өөрчлөлтийн хувьд алгоритмын алдаа их гарч байсан. A дугуйны хувьд бизье муруйгаар гөлгөр траектор байгуулан даалгавар траекторыг өгөөд траектор анализ ёсоор бусад дугуйны траекторыг байгуулдаг. Мөн роботын өнцөгийн өөрчлөлтийг шугаман тэгшитгэлээр өгч байгаа. Тоон анализын туршилт хийхдээ дараахь аргуудыг ашигласан.

1. Гөлгөр траектор байгуулах .
2. Траекторыг тэнцүү урттай хэсгүүдэд хуваах

Алгоритмаа симуляц хийхийн тулд аль нэгэн дугуйн траекторыг тэнцүү хэсгүүдэд хуваах алгоритм боловсруулах хэрэгцээ гарсан. Траекторыг тэнцүү урттай хэсгүүдэд хуваахын тулд түүний натурал параметрыг дифференциал тэгшитгэл ашиглан бодсон. Энэ ердийн дифференциал тэгшитгэл нь шугаман бус тэгшитгэл гарах ба шийд нь элементар функцээр илэрхийлэгдэх боломжгүй тул MatLab-ийн `ode45` түүлийг ашиглан тооцолов.

Энэ алгоритм нь өгөгдсөн Бизьегийн муруйн *натурал* параметрыг олж түүнийг Δ урттай хэсгүүдэд хуваах байдлаар хугацааны агшинг олно. Натураль параметр гэдэг муруйн нумын урт s -ээс хамаарсан хугацааны функц $t = t(s)$ юм. Энэ тохиолдолд $v_A(t(s))$ хурдны абсолют утга нь s параметрын хувьд 1-тэй тэнцэнэ гэсэн үг юм:

Δ хэмжээ нь Ротари энкодерын хуваалтын хэмжээ болон энкодерт ашиглаж буй дугуйн радиусаас хамаардаг.

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} \cos\theta \cdot a_{x0} & -\sin\theta \cdot a_{y0} \\ \sin\theta \cdot a_{x0} & \cos\theta \cdot a_{y0} \end{pmatrix} \quad (26)$$

$$\vec{v}_A \cdot \vec{a} = v_{ax} \cdot (\cos\theta \cdot a_{x0} - \sin\theta \cdot a_{y0}) + v_{ay} \cdot (\sin\theta \cdot a_{x0} + \cos\theta \cdot a_{y0}) \quad (27)$$

$$V_a = (v_{ax} \cdot a_{x0} + v_{ay} \cdot a_{y0}) \cos\theta + (v_{ay} \cdot a_{x0} - v_{ax} \cdot a_{y0}) \sin\theta \quad (28)$$

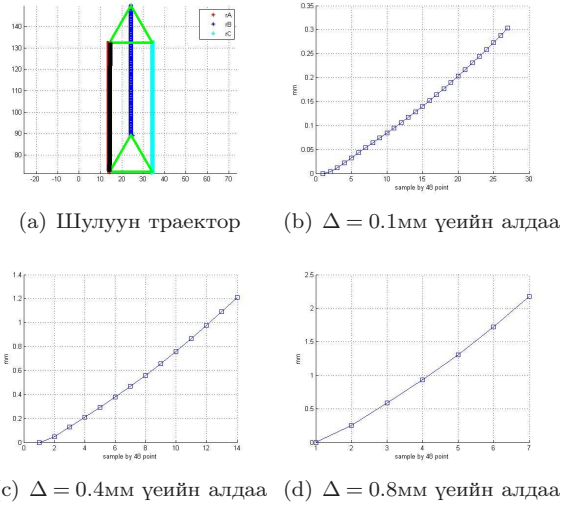
$$t' = \frac{1}{V_A(t)}$$

$$= \frac{1}{(v_{ax} \cdot a_{x0} + v_{ay} \cdot a_{y0}) \cos\theta + (v_{ay} \cdot a_{x0} - v_{ax} \cdot a_{y0}) \sin\theta}$$

$$\begin{pmatrix} v_{ax} \\ v_{ay} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3A_x t^2 + 2B_x t + C_x \\ 3A_y t^2 + 2B_y t + C_y \end{pmatrix} \quad (29)$$

A. Шулуун траектор

Зураг (2)а дээр шулуун траекторыг хэрхэн байгуулсаныг харж болно. Зураг (2)а,б,с дээр шулуун траектор сонгосон бөгөөд анхны өнцөгийг 0° градус, өнцөгийн өөрчлөлтийг байхгүй гэж авч үзсэн үеийн алдааны утгуудыг харуулав. Зураг (2)дээрээс хархад



Зураг 2. Шулуун траектор

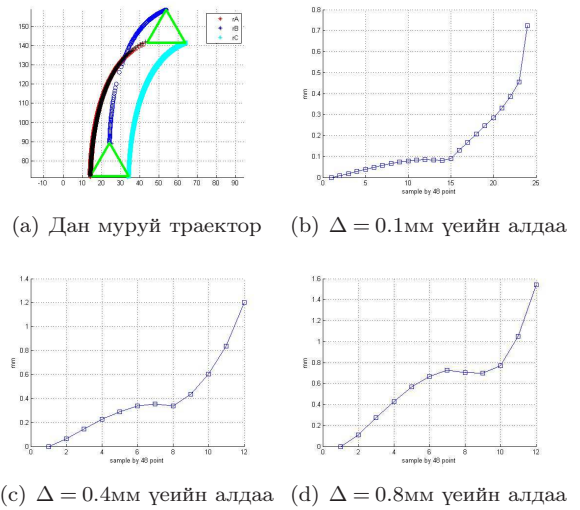
шулуун замын хувьд Δ параметраас хамаараад алгоритмын алдаа нэмэгдэж байгааг харж болно.

B. Дан муруй траекторын хувьд алгоритмын туршилт

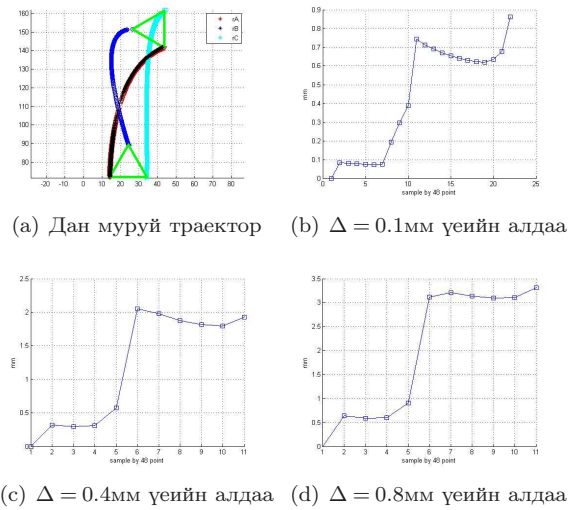
Зураг (3(а)) дээр дан муруй траекторыг хэрхэн байгуулсаныг харж болно. Зураг (3(б),3(с),3(д))дээр дан муруй траектор сонгосон бөгөөд анхны өнцөгийг 0° градус, өнцөгийн өөрчлөлтийг байхгүй гэж авч үзсэн үеийн алдааны утгуудыг харуулав. Мөн дан муруй траектор даалгаварын хувьд өнцөгийн өөрчлөгдөх утгыг 90°, 180° гэсэн утгуудаар өөрчилж туршсан / зураг (4(а)),(5(а))/. Дан муруй траекторын хувьд өнцөгийн өөрчлөгдөх утгыг 90° болон 180° гэж авч үзсэн, энэ үеийн алгоритмын алдааг зураг (4(б),4(с), 4(д))болон (5(б),5(с),5(д))дээр харуулсан байгаа.

C. Хоёр муруй залгасан траекторын хувьд алгоритмын туршилт

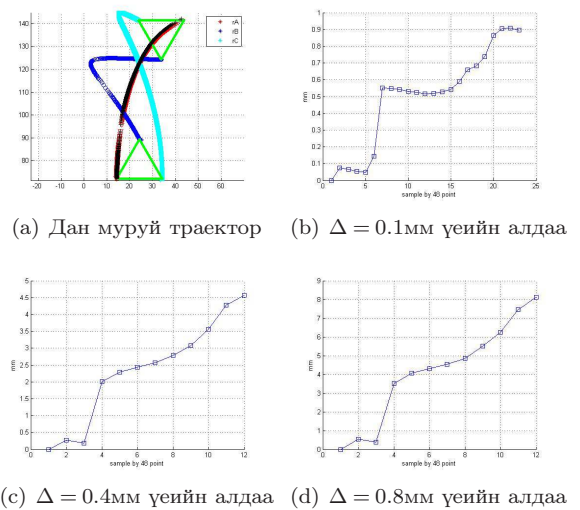
Хоёр муруй траектор залгасан үеийн замын зураглал болон алдааны мэдээллүүдийг доорх зурагт харуулав. Хоёр муруй залгасан үеийн туршилтаас Бизье муруйнуудыг залгахад ямархуу алдаа гарч байгааг харж болох юм. Хоёр муруй залгасан үеийн туршилтыг хийхдээ роботын анхны байрлах өнцгийг 0° градус гэж үзсэн бөгөөд шугаман өнцгийн эргэлт хийгээгүй гэж үзсэн.



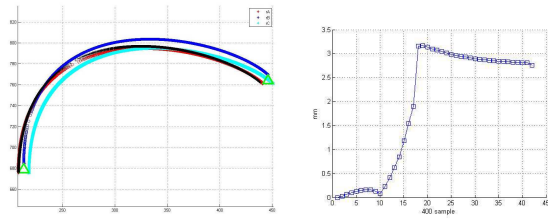
Зураг 3. Дан муруй траектор, эргэлтийн өнцөг 0°



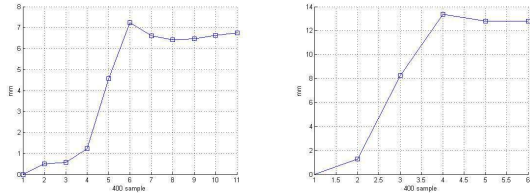
Зураг 4. Дан муруй траектор, эргэлтийн өнцөг 90°



Зураг 5. Дан муруй траектор, эргэлтийн өнцөг 180°



(a) Хоёр муруй траектороос бүтсэн зам (b) $\Delta = 0.1\text{мм}$ үеийн алдаа



(c) $\Delta = 0.4\text{мм}$ үеийн алдаа (d) $\Delta = 0.8\text{мм}$ үеийн алдаа

Зураг 6. Хоёр муруй траектороос бүтсэн зам, эргэлтийн өнцөг 0°

V. Дүгнэлт

Алгоритмын туршилтыг хийхэд:

- Даалгавар траектор байгуулагч
- Траекторыг тэнцүү хэсгүүдэд хуваах алгоритм

зэрэг олон ажлуудыг ашигласан. Туршилтыг Матлаб програм ашиглан хэрэгжүүлсэн. Энэхүү туршилтыг хийхдээ энкодер хоорондын зайг 20см гэж авч үзсэн бөгөөд энкодерын алхмын уртыг 0,1мм 0,4мм болон 0,8мм байх тохиолдлуудад хийж үзсэн. Эдгээр утгууд нь бодит роботын хувьд хийж болох хэмжээнүүд юм. Өмнөх бүлэгт үзүүлсэн алгоритмын туршилтын утгууд болон алдааны харьцуулалтыг харахад 80см зам туулахдаа хамгийн ихдээ 1,5мм алдаж байна. Алдаа нь 0,18% гарч байна. Иймээс алгоритмын алдаа бага гарч байна гэсэн дүгнэлтэнд хүрч байна. Гэвч эргэлт их хийх тусам алдааны утга огцом өсч байгааг графикаас харж болохуйц байгаа тул энэ үед алгоритмын тооцооллын нөхцөл таарахгүй байна гэсэн үг юм. Үүнийг сайжруулахын тулд хурд сэргээх функцын дараалсан хоёр хугацааны агшны дундаж утгаар сэргээж байгааг өөрчлөн сплайн муруй хэрэглэх зэрэг тооцооллын өөр арга ашиглах нь зүйтэй. Энэ ажлыг цааш үргэлжлүүлэн бодит робот дээр туршилт хийн алгоритмын алдааг үнэлэх боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] D.Lee, J.Villasenor, W.Luk, P.Leong, "Mobile robot localization and object pose estimation using optical encoder, vision and laser sensors," IEEE Intern. Conf. on Automa. and Logist., pp. 617–622, 2008.
- [2] Inigo Thomas, J.Oliensis, "Automatic position estimation of a mobile robot," Ninth Conf. on Artificial Intelligence for Applications., pp. 438–444, 1993.
- [3] Sungbok Kim, Sanghyup Lee, "Mobile robot localization and object pose estimation using optical encoder, vision and laser sensors," IEEE Conf. on Automation and Logistics, pp. 1167–1172, 2008.

- [4] Gao Qingji, Feng Qi, Zhang Hongxiang, "A robot self-localization method based on perception dominance," IEEE Intern. Conf. Digital Object Identifier., pp. 2343–2346, 2011.
- [5] O.Purwin and R.D'Andrea, "Trajectory generation and control for four wheeled omnidirectional vehicles," Robot. Auton. Syst., vol. 54, no. 1, pp. 13–22, 2006.
- [6] Maziar A. Sharbafi, Caro Lucas, and Roozbeh Daneshvar, "Motion Control of Omni-Directional Three-Wheel Robots by Brain-Emotional-Learning-Based Intelligent Controller," IEEE trans. on Systems, man, cybernetics-part C: application and reviews 40, no. 6, pp. 630–638, 2010