

JYSçãÑÑ s ys-VÑÓ yÓ ÓÑÑ SéÑÑ # úyÓ Ó

' » FúÈ g ;] -î g ¼B\ • +±, . ? 0Ä-A/£

E ; KúwF 4 4 w, Ó w^ ¾ w, ,

%-D GT " 7Wɹ " K•"K,>->-¶ œ@! ! @o

...œ@Áµ & ç2(4 , . ? 0ÄZ ...UKræç A p• -î È@Í@ Dœ (Ü° ÿ• 0vK MÄwý ' ³
- .ú ' » FúÈ g ;] -î g ¼B\ • +±, . ? 0Äæ' A æ' Fõ'UKræç DÄ' ±' , . p• +±ã .
æ8 w&c; È N V*UÍ ELÓ@Í; -î È@Í• › & p• E =y 0N ¼B\ • w 8ä Ä , . +±ó-› DÄ' È
O'4 É=•; w% M4 +± 0.ú , . ? 0Ä0Ä" wÝ0Ä" 6* 6 u ¾c Kræç +±\$/(A wý P -î ÿ• (Ü°
8+±, . DÄ' 1èÓ w£ , . >ÿ+±†. 1èÓ: T » !Ž|wÕ. 1èÓ E » 0|

œaj œ@Á) 0FúÈ g] -î g ¼B\ Ž A) \$ " 0Ä' , . ? 0Ä
Z + 31" \$ Ä ê0ʒ0Žœœœ' ([4 -. Äöœœœ' 0 4C\$ Á! !! Kœ' %! 0! 0! ʒK!! ʒK"

œœ ç2(4 +±, . ? 0Ä\) 7VM³ -A/£+±Fú%æ
æx - "° +±YBU & T M L • • › +±<° 5 @ÐÄ
Dõ8 %, z D° g 6 u +± † " \ ðEGDôA(G W
X6Xi ML • +± È # • › " V*U\$ " 0Ä" & • › E
=y<° 5 " ? 0ÄÄ] Dª € +± W, . œ ʒ° %

7W, 2(4 ;ª &cɹ 6 = Y { &€/ < 1 Kó = ÓP
0vE%æš \ úc...UKræç #V\$! D° RFú&í ELÓ
@ÐÄ' — DõT ÷-î È@Í@ • ! -î g ÿ• 0vK
MÄ^{OK}0") 7! Dª € , . "x Fú? 0Ä...U | %µ & 7
E K MÄ" * ² C " 52 3ú ý ' ³ G.ú , . ? 0Äæ"
' ý P , . Ô c 1èÓ %' ([x ò ý ' ³ ' » M4 Ž
A) \$ " +±, .] @Íæ" " £ & Õ. Ž # 8+± CF
Í ELÓ E =y³ = ' - %' ([" ò ý ' ³ ' » p• +±
-, Ž A) \$ " 0Ä" " £ L Ö 6 D j N =yD™ E =y³
ÈO'0'@í"0Ä" Z * * ³ Dœ ÿ• &-î "x Fú ÷ , .
? 0Ä+±ž ú %' ([Ø ð * U ç = \$ " • & çX 1 -î
È@Í• › E =y<° 5 "Kz{ ³ , . ? 0Ä+±@ÐÄFü" ý P
³ Dý0Äu(' %' ([@O3 Kræç | 1 -î • Õ %og'ã
. - FúE =y= ' - " ý P ³ L†. 1èÓ %' ([ò ý '
³ ' » - Fü"x Fú+± Ž A) \$ " 0Ä" " 6 u] Kz{ ³
Õ. 2(4 +±Fü"x — %

Y ' U z ç -A/£ +±' -m7 "µ & â† , . >ÿ...U
2\ / A +æ7W> , . DÄ' — DõT & . ? 0Ä1èÓ

Kz{ 0vK MÄ" ý ' ³ - .ú ' » FúÈ g ;] -î g ¼B\
• +±, . 0Ä" %NÄu " È › Kræç +±DÄ' Ä] ,
. p• +&c; " - * U X6Xi M L • FõKó+±Dª € Fú
È Í ELÓ; Dª €] -î g - FúÈ N & p• E =y 0N
• " ' È(ÝDª € , . +±] @Í%A æ" 6* 6 u ¾
c Kræç +±\$/("Kz{ -î ÿ• &7W> , . +±ž ú "ɹ
6D°P +±1èÓ %- ; " V*U Z ' +± î PK• i / (Õ
g • ç & Y0Ä" E =y³ ÈO'0'@í%

Ö† , . ? 0ÄK MÄü E

t @ë+g û Dª € 2('] • m2() +± p• " V
*U p• Û 3 æ8 =•.g Kræç Õ È " N ,
+ k $\frac{\beta}{0}$ + ä \ , k $\frac{\beta}{0}$ %b , o + %bo
< Z " \ , \ V*UKræç UDª € 2(8 , ! Ò"x Ä +±›ÿ
ELÓ " £ - Kb• < g \ k \ \ . \ Õ %
Y ' h > @µ & X6Xi M L • +±L# z | 1 K¼
g\$/(A E =y= ' - %' /ø, %Á+±A N , - 8 ä
ʒo Kræç DÄ' N ,
\ k \ d j v j æ %oo
< Z à \ g Kræç ÈKrDÄ' +±›ÿELÓ i +\ dg Dª €

>ÿELÓ3 ,L i + v g Kmκç +±L#z | +æ g L#
 t i +±P Ü+a — %
 0o í ELÓ@ÐÀ' N ,
 UDª€2(' 8 " í ELÓ@Ïx Füt± FÜ 9" • m2(
) 8+±])0FúÈ í ELÓ- FÜ) V=•g - 8
 9 k [9 9e 9] æ' V k [! ! ß %o0
 œœí ELÓ@ÐÀ' N , =•g g
 9 k V j 9d j 9 j æ %xo
 < Z å 9g í ELÓ@ÎËKr"x FÜi + Vg FúÈ í ELÓ U
 Dª€2(7+±Â ž +9dg Dª€)3 +±í ELÓ,L i + 9"
 æ 3 X g í ELÓ@Ï±L#z | 1 L#t i P Ü+a
 — %

o-î È@ÐÀ' N ,
 1" i +±" UDª€2(' 8 " Ç v-î È@Ïx Füt±] -î
 g- Füg B" • m2() 8+±L È] -î g- Füg J" 1
 52 =•g g
 B k [B Be B] œJ k [J Je J] %o0
 œœî È@ÐÀ' N , =•g g
 B k J j BÂj B j æ %o0
 < Z å B g -î È@ÎËKr"x FÜi + J g • m2() -î g
 - FÜ UDª€2(7+±Â ž +BÂg Dª€7 CØ Æ±±í g
 3 Füt+ B g -î È@Ï±L#z | +æ g L#t i +±P Ü
 +a — %

#‡ ¼B\ Ž A) \$ " • @ @î

Y7 V*UFúÈ g ;] -î g œÊ N & , . p
 • E =y 0N ¼B\ - E] @î" & » í ELÓ@î' -î È@î"
 3 X ' /ø 17 & Á+±ï"x æ8 " g

$$\begin{pmatrix} \cdot V_S \\ \cdot B_S \end{pmatrix} k \begin{pmatrix} 5_{V_S} \\ 5_{B_S} \end{pmatrix} + \%_S \circ j \begin{pmatrix} \neg V_S \\ \neg B_S \end{pmatrix} \%00$$

< Z å 5_{Vs} 1 5_{Bs} 3 X g í ELÓ@Fü"x- Kb¹ -î È
 @Fü"x- Kb+¬_{Vs} 1 ¬_{Bs} 3 X g í ELÓ@Fü"x — >
 FÜ¹ -î È@Fü"x — >Fü%
 #Ž‡ 2(4 'ã . æ8

E6 , . p • %og'ã . FÜ" U %Bo < Z "U
 >ÿ ÈFü , >ÿELÓ- Ç p • "9 #EØð p • Ú
 3 æ8+± Ž'lo? " "3 %Bo < .è • C "@Ý

$$+s k \frac{\beta}{0} \overset{9}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{9}{\text{A}} \overset{0}{\text{O}} \overset{Y}{\text{Y}} +_{\text{sf } \beta} \%o0$$

< Z " +s g Y# h • m2()] Dª€2(' +±ø D™ p
 • %

2(4 'ã . æ8 =•g g

$$+s k \left(\overset{\mu F}{0} j \overset{\mu F}{0} \overset{\mu F}{0} \right) +_{\text{sf } \beta} f \frac{\beta}{0} p \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{S}} \overset{\beta}{\text{f } \beta} +_s$$

%o0

œœf > %o0 < ' /ø +±Kmκç A N , ÷ ' ([
 Ø±Kq, ö" U Û < +±#K!K!KÁ μ Y² "3 7 < Z +±
 $\frac{\beta}{0} p \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{S}} \overset{\beta}{\text{f } \beta} +_s$ f Æg

$$\frac{\beta}{0} p \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{S}} \overset{\beta}{\text{f } \beta} +_s k \frac{\beta}{0} \%ot_s o v \mu Y \%0! o$$

œœ*^ » , . p • +s ; v — ,% ÷ (/ø "2(4 +±
 — | æ - Kb E_s =•g g

$$E_s k \frac{\beta}{x} \% \mu Y^0 \%ot_s o' v \%ot_s o \%00o$$

< Z " ' v g Kmκç — | æ - Kb" 6 ' v
 k v V%ov %

#y#‡ í ELÓ@Ïi"x N ,
 3 ' 2(') 2(8+±í ELÓ- FÜ 9¹ V3 XD™
 g L#4 Füt± p • Å¹ X' V*U.è • C+± p • +s
 =•g 1 52+±D™ 2("g

$$\tilde{X} k +_s \hat{U} \tilde{A} \hat{U} +_s^M \%00o$$

œœ9 d] " í ELÓ@Fü"x- Kb 5_{Vs} 1 @Ý
 $5_{Vs}^1 k \frac{\beta}{0} 9 \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{O}} f \frac{\beta}{0} 9 \%0o \%0 o$

œœí ELÓ@Ï±Fü"x — | æ - Kb t_{Vs} g
 $t_{Vs} k \frac{\beta}{x} \% \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{S}} \overset{\beta}{\text{f } \beta} o' g \% \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{S}} \overset{\beta}{\text{f } \beta} o \%0xo$

< Z " ' , g k v %oo g í ELÓ@î— | æ - Kb%
 FúÈ í ELÓ • +±Ž A) \$ " È+÷ P_{Vs} g

$$P_{Vs} k x_{\text{Sf } \beta} \%5_{Vs} o \%5_{Vs} x_{\text{Sf } \beta} \%5_{Vs} o j t \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} o^f \beta \%0 o$$

œœí ELÓ@Ïi"x N , • ; +± p • 'ã .] @îg
 $d_s k d_{\text{Sf } \beta} f P_{Vs} 5_{Vs} d_{\text{Sf } \beta} \%0 o$
 #Ž‡ -î È@Ïi"x N ,

Y7 V*U-î È@î' p • ; O'ã .] @î" & ,
 • p • E =y 0N • %
 -î È@ÎWï"x N , g

$$x_{\beta} k 5_{B_s} +_s j \neg_{B_s} \%00$$

< Z âî È@Fü"x- Kb 5_{Bs} k $\frac{\beta}{0} 9 \overset{\beta}{\underset{\beta}{\text{A}}} \overset{\beta}{\text{O}} f \frac{\beta}{0} 9 \%0o$

-î È@Fü"x — - Kb ¬_{Bs} k f $\frac{\beta}{0} \%ot_s o_B \%$

V*UÍ ELÓ@î"i"x N, ! Ý; ±± p • d_s",
 • %B< Z±± p • +_ "F-î È@î±Fü"x — | æ
 - Kb t_{B_s} =.g g
 t_{B_s} k $\frac{\beta}{x}$ %d_s o' B %d_s o %B o
 < Z " ' B g-î È@î— | æ - Kb%
] -î g- Fú • ±±Ž A) \$ " È±± P_{B_s} g
 P_{B_s} k x_{v_s} %5_{B_s} o %5_{B_s} x_{v_s} %5_{B_s} o j t_{B_s} o^{f_B} %B o
 œœî È@îY 0 N • ; ±± p •] @îg
 d_s k d_s f P_{B_s} 5_{B_s} d_s %! o
 œœV*U-î È@î"i"x N, • ; Ä] ±± p • 'ä .
] @î d_s 4 4 %og §f ß# h±± p • "E] K_{æç}
 2(4 N, Z "

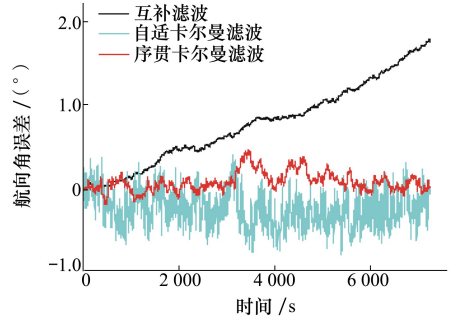
ú± ÈO'1@î3 ½

î PK• i/(Õ g • ç g D^a € " ö@K
 ß!>g , . ML • "E =y³ L†. &Õ . "xA ÈO'1%
 ö@K!>2(4 Kó=³ .ú X6Xi • # "1 • #1ë Ó
 4 4 â6DjK_{æç} ±±A t æ g | Ž| ð"6Dj| EL
 Ó@Ä t æ g "] k"6Dj-î È@Ä t æ g
 OŽ] kUì %

úŽ† L†. A O'1@î

¼B\\$ " • ,% ï • @â - 8 åJ ø t æA
 - Kb x_i k_ç x_{†â} . >FüJ i +_i k ß!!! Ò K_{æç}
 — | æ - Kb ' v k!y Ç Òí ELÓ@î—
 | æ - Kb ' , k!y0 Ç Òí È@î— | æ
 - Kb ' , k!y Ç Ò«_ç k!y0+«_B k!y %
 ÈO'Dð8 Z ø3õ . D^a € 1 » L† • 'ä . "32(
 4 4 » la 7 "£ 7W>ýL†. ' ó>ý ßŽ0|"ÈO'
 Dð8 ø3õ . X6Xi 2(4 1 » L† • 'ä . "FôKó 0 d
 ÈO' • › %3 i 6ýè? 0Ä4 É ; 1 Kc ç=' \$ "
 %œò& E/ Á Ž A) \$ " %ö6ýèò±, . 4 ÉE =y
 &! "6527W>ý; ,L i xK!±±A DÄ' 3ì - +
 ßm.g %

EÖð+ ß ,8 ' "UL†. Ž # 8 "& » D^a € 7W
 >>ý "ç=' \$ " 0Ä" ±±A 80! Òð0|"A u p •
 'ä . 7 E/ Á Ž A) \$ " • ±±7W>ýA ; a &c U
 Mj80! ² A 2\ / A "s \ DÄ' 3ì Z 2 XD°
 G— +%d x 8 "¼B\ Ž A) \$ " 0Ä" ? 0Ä, . !
 g ó- » 7W>ýA 80! U M Ž | ² "DÄ' 3ì D°

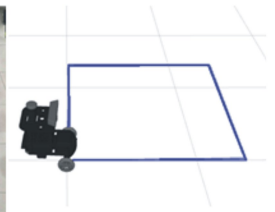
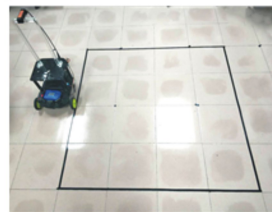


+ ßœ .ú\$ " 0Ä" 7W>ýA 3ì &!

g #p %
 g ÇFü3 ½ .ú\$ " 0Ä" ±±L†. 1ë Ó "U 0 d
 Fôd #K! ² "3 X@ðÄ .ú\$ " • ±±7W>ý t A
 " è&ö6ýè ÷ i 6ýè 3 X g åßŽx | " ! Ž x" | ÷
 ! Ž " | %% ! » è ' ö6ýè0Ä" "i 6ýèDÄ' ±±7W
 >>ý1ë Ó! P %EÖð+ ß - "U 0 dDý=y LK! "Y
 ' mý ' ±±i 6ýè0Ä" 7W>A 1 » / Ç80! ! Ž |"
 =; 2(4 x 4 J-#K! %œ±6* È "AL†. ? 0Ä1ë Ó
 D°P %

úŽ† Õ . A O'1@î

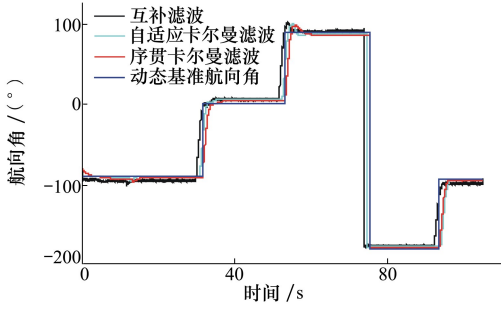
ÈO'1z "M±u U] L•E =y , 4 Ç "ÈO'1g g
 • æ • %Ž| ! Ž] o" g œ- + 0Ubm.g %ÈO'1'
 OŇ 8 å
 ßo Ô c • i g • ç !i ,mSpDæ æ • D•E&Dý
 Õ "E3#µ æ>DýÕ " 5 +
 0o V*U • i >óC x • ù= È #4 c g • ç
 DýÕD•E&" + 0&om.g +



a) 机器人实物轨迹图 b) ROS Rviz运动轨迹图

+ 0œî PK• i g • ç Õ . ÈO'DýÕD•E&+

o È # 9 ' FôKó7W, 2(4 DÄ' • › "W 0Y
 5D"D^a ÈO'17W> , . • › "4 c , .] @î 3ì ; Õ
 . ' ó7W> 3ì - + m.g %
 *^ + - "UD^a € DýÕ'ä . 8 " .ú\$ " 0Ä"
 ? 0ÄDÄ' ±±7W>ý; Õ . ' ó7W>ýh 5D°a " t
 x 47œ^a ±±Õ . C CW_i É %
 & » D^a € ±± F " 5 Õ . ÈO'1"3 .ú\$ " 0Ä"



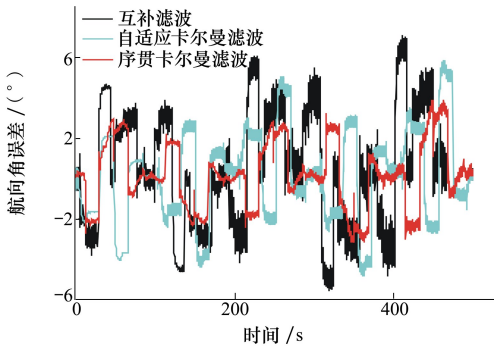
+ æ: 9\$ " 0Ä" Ö. 7W> , . 3i +

>>ÿA g M| ² "s £\$ " u É: L #p+¼B\ Ž A) \$ " • ++7W>>ÿA 80! g M0| %3 X @ÐÄ .ú 0Ä" ±±Ö. 7W>>ÿ t A ¹ 4 ó " - =• B m.g %

=• Ö† : 9\$ " 0Ä" Ö. T6*! D°

\$ " 0Ä" 1"	A t i ħ	4 ó
è	Ž 0	0Ž 0
ö6ýè	0Ž®	ßŽ ®
i6ýè	ßŽ "	ßŽ0x

" ? 0Ä±±7W>>ÿ; Ö. ' ó 7W>>ÿ ‡ " £ 7W>>ÿ A 3i - + x m.g %



+ xœ .ú\$ " 0Ä" Ö. 7W#y>ÿA 3i

EÐô=• B - ",%! » ç=' \$ " 0Ä" ; 7 E/ Á Ž A) \$ " 0Ä" "¼B\ \$ " • ±±Ö. 7W>>ÿ? 0Ä1ë Ó3Óg ßŽ" £ 4 ó g ßŽ0x"=• ; i6ýè\$ " ±± / ÇT! a %*^ 7 3 ½ - "Y0Ä" UDýÖã . 8? 0Ä, . ú ± 6D°P ±±1ëÓ"2\ / A D° < "@î; ³ £ ± 67œ± ±±Ö. T6* %

¼# 4 ‡ @ç

Y ´ lµ & M4 , . ? 0Ä0Ä" Z ...U±±Kκç\$// RFú&î È @îx Fú @ ÿ • 0vK MÄ'ý ' ³ - .ú ' » FúÈ g ;] -î g ¼B\ • ±±, . ? 0Ä0Ä" %A 0Ä" Kκç FðKô±±ÿEL(´ ! Ý Ä] , . p • "&c; Ê N V*UÍ ELÓ@Î' -î È @î& p • E =y 0N ¼B\ • "Kz{ ³ -î ÿ • & , . ? 0Ä±±ž ú %ËO¹4 É =; ; "Y0Ä" 6 u] • ³ 7W, 2(4 ±±2\ @Ä %

ï 50´ ([Ä

BÖœM < ÷ " ½} ÿ " • S| Žg • ç , . ? 0Ä0Ä" -A/É .ÖŽg Ý @@@î; cEM' 0!ß " 0%œœ 0Ä" K0' ; @ö¶H î ±¼¼ç" î ; ðLê" _ö¶H i d=ç jkŽ••&wöwüü Uüü U#ç ö kœ±üü • Uüü .ÖŽX üdLê=ü Ö ±ç Lê; X LêK üiUüüœçk" 0!ß " 0%œœ 0Ä" K0' %œœ dç o

0Öœ{ 9ö " { Ž' » X6Xi Ñ² Ç z ±±, .>ÿ? 0Ä .ÖŽ@ÐÄg ; • „ /8 " 0!ßœ x" %ß0œ 0Ä" 0 @ K0 Äç••çk" Äç; d Žöwüü öçk i • ü#ç ç >U › • ç çç ••çê • ±±ççk •! X6Xi .ÖŽ •] qüwç Lê; Ök=U 6çkç ççk" 0!ßœ x" %ß0œ 0Ä" 0 @ K0 0%œœ dç o

Öœö>>ö 6 ¶" >öi çÄ6 ö " >• çHö¶ 6 " wÜŽX•, ç >ç U wç ükd üdç • k= 6çL& ¶ öqq=ü U#ç ç >U › • ç çX i f K w] .ÖŽ.üçU • i i ç •ç" 0!ßœ" 0!ßœä ßœ

xÖœÄ66 .ý " èö•ý 6 . " • >ç¶ Aç @ i ¶ Ž6 w¶ U#ç ç • i öwüü Uê; 64wçU öüü dLê ç çç çç U i ç •çX Uüç K] çwÖüççk A Lê; ü ÖfçLê ç • ç ±±ç .ÖŽç666 dLê • ç çç wüü ç wLê; Lê; X Uüç] çw 0!ßœ" ßœœœ 0!ßœ" ßœœœ

"Öœ IvLC" MV ¼" E Ü Ü Ž' » - , Ž A) \$ " • ±±{ = Y7W, 2(4 @@@î .ÖŽ(4 /8 ; *b } - \ " 0!ßœ " "%ß! œä 0!ßœ" K0ß x

i @ö¶H @Lê =; ; @ö¶H ±¼¼çk" Äç Öçk•çkŽÖ ±çç •! Ä • wöwüü Uê; @U=çk i f w] >U › • ç 64wç; › ýUK] Lê è=wç .ÖŽi f w] 6çkç ççk Lê; 6 ü#ç ç=ü üdç • k f" 0!ßœ " "%ß! œä 0!ßœ" K0ß x %œœ dç o

Öœç Fp.ø "#e 6 S| " ² ¼Ž' » Ž DšÜ Ó' ¹ ç=' \$ " ,%4 5 ±±, . ? 0Ä0Ä" .ÖŽML - \ " Ö" 0!ßœ%œœ 0Ä" 0xK0

