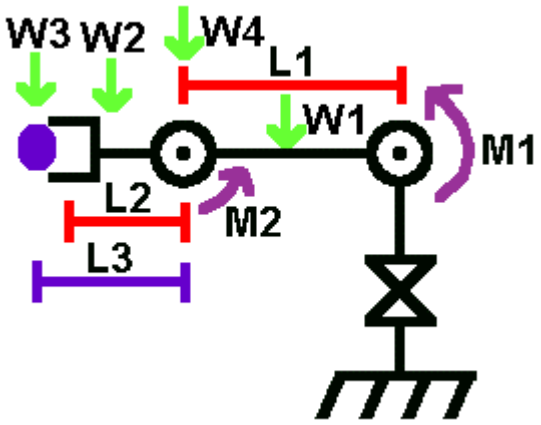
آموزشی بازوی رباتیک

محاسبات نیروی مفاصل :

مقصود از محاسبات نیرو انتخاب موتور ربات است . شما باید اطمینان پیدا کنید موتور انتخابی شما تنها وزن ربات را تحمل نکند بلکه وزن آنچه ربات حمل می کند را نیز تحمل کند . اولین قدم در این کار رسم نمودار جسم آزاد بازوی ربات هست که برای این کار باید بازو را تا بیشترین طول ممکن بازو بکشید .



این پارامتر ها را انتخاب کنید :

1.وزن هر لینک

2.وزن هر مفصل

3.طول هر لینک

4.وزن جسمی که حمل می کند .

بعد از محاسبه بازوی گشتاور ، نیروی رو به پایین وارده بر هر لینک را در طول آن لینک ضرب کنید .

این محاسبات را باید برای هر عملگر بالابری انجام دهید . در این طرح ما فقط دو درجه آزادی داریم و مرکز جرم لینک ها در نصف طول هر لینک قرار دارد .

گشتاور حول مفصل 1 (Joint 1) :

$$M1 = L1/2 * W1 + L1 * W4 + (L1 + L2/2) * W2 + (L1 + L3) * W3$$

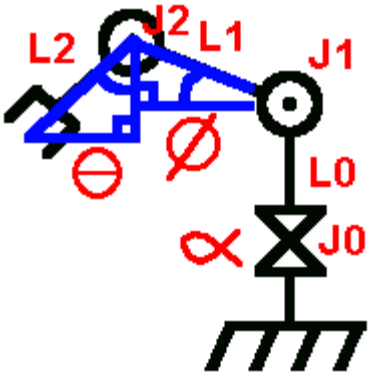
گشتاور حول مفصل 2 (Joint 2) :

$$M2 = L2/2 * W2 + L3 * W3$$

همین طور که می بینید ، با اضافه شدن درجات آزادی تعداد روابط ریاضی نیز بیشتر و پیچیده تر می شود و وزن مفاصل افزایش می یابد . در ضمن مشاهده می شود که شرط لازم برای تولید گشتاور کوچکتر طول بازوی کوچکتر است .

Forward Kinematic :

این یک روش برای تعیین موقعیت و جهت عملگر نهایی بازوی رباتیک با داشتن طول لینکها و زاویه آنها است . شما برای این محاسبات نیاز به اطلاعات پایه در جبر و مثلثات هستید . برای ربات نمونه ما ، موقعیت عملگر نهایی را با داشتن زاویه و طول لینکها محاسبه می کنیم . برای تجسم بهتر ما زوایا را با مثلث های آبی مشخص کردیم :



فرض می کنیم که کفه ربات روی موقعیت y=0,x=0 قرار دارد . گام بعدی

تعیین X , y هر مفصل است .

مفصل 0 (Joint 0) :

$$x0 = 0$$
$$y0 = L0$$

مفصل 1 (Joint 1) :

$$\cos(psi) = x1/L1 \Rightarrow x1 = L1*\cos(psi)$$
$$\sin(psi) = y1/L1 \Rightarrow y1 = L1*\sin(psi)$$

مفصل 2 (Joint 2) :

$$\sin(theta) = x2/L2 \Rightarrow x2 = L2*\sin(theta)$$
$$\cos(theta) = y2/L2 \Rightarrow y2 = L2*\cos(theta)$$

موقعیت عملگر نهایی (End Effector) :

$$x0 + x1 + x2, \text{ or } 0 + L1*\cos(psi) + L2*\sin(theta)$$
$$y0 + y1 + y2, \text{ or } L0 + L1*\sin(psi) + L2*\cos(theta)$$
$$z \text{ equals alpha, in cylindrical coordinates}$$

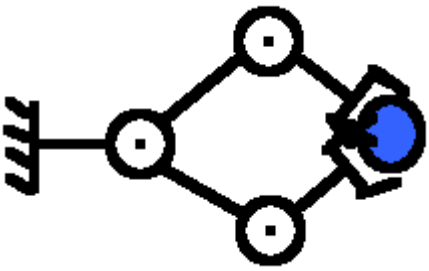
در این طرح زاویه عملگر نهایی برابر با مجموع دو زاویه θ و Φ است .

Inverse Kinematics :

این روش برعکس روش قبلی است . وقتی موقعیت خاصی را برای عملگر نهایی در نظر دارید برای رسیدن به آن باید زاویه مورد نیاز مفصل را بدانید .ربات مثل بچه گربه ای می ماند که می خواهد به آن چنگ بزند ؛ هر مفصل چه زاویه ای باید به خود بگیرد تا به آن برسد ؟ اگر چه این روش از روش قبلی سودمند تر است ولی پیچیده تر هم می شود . برای همین این معادلات را روی ربات قبلی طرح نمی کنیم و از یک ربات با پیکربندی دیگر استفاده می کنیم .

$$psi = \arccos((x^2 + y^2 - L1^2 - L2^2) / (2 * L1 * L2))$$
$$theta = \arcsin((y * (L1 + L2 * c2) - x * L2 * s2) / (x^2 + y^2))$$
$$c2 = (x^2 + y^2 - L1^2 - L2^2) / (2 * L1 * L2);$$
$$s2 = \text{sqrt}(1 - c2^2);$$

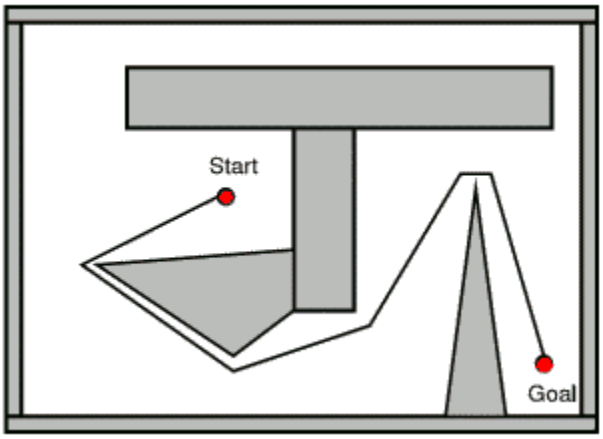
اما چه چیزی باعث سختی این روش تحلیل سینماتیکی می گردد ؟ وجود معادلات غیر خطی هم زمان دلیلی بر این امر است .



ابتدا راه حل های زیادی اعم از تعریف نشده هم وجود دارد همان گونه که در شکل می بینید ؛ بازوی شما کدام یک از حالات را با توجه به گشتاور ، موقعیت قبلی بازو ، زاویه چنگک و ... بهینه می داند ؟

احتمال راه حل های صفر هم موجود است . مثلاً ممکن است موقعیت بیرون از فضای کاری باشد یا نقطه ای درون فضای کار باشد که قرار است توسط چنگک گرفته شود ولی زاویه دست نایافتنی دارد .

نقطه تکین ، یک مکان در شتاب بی نهایت ، می تواند معادلات را به هم بزند یا موتور را در یک حالت باقی بگذارد (یعنی موتور هیچگاه به شتاب بی نهایت نرسد) . در آخر معادلات نمایی برای همیشه در میکروکنترلر محاسبه می شوند . این معادلات پیشرفته هیچ نقطه ای را نمی توانند روی پردازشگر به خوبی نگه دارند .



نقشــه حرکـت :

نقشه حرکت یک بازوی رباتیک بدون اغراق واقعاً پیچیده است ، بنابراین ما فقط به بررسی مقدمات آن می پردازیم .

تصور کنید بازوی ربات شما تعدادی شیء در فضای کاری خود دارد ، بازو در فضای کاری چطور حرکت کند که به نقطه مورد نظرش برسد ؟ برای انجام این کار ، فرض کنید که بازوی شما دقیقاً شبیه به ربات متحرکی است که در فضای سه بعدی کنترل می شود .

عملگر نهایی فضا را درست شبیه ربات متحرک می پیماید ، در عین حال باید مطمئن باشد که مفاصل و لینکها به چیزی برخورد نکنند . انجام این کار خیلی دشوار است .

اگر شما بخواهید با عملگر نهایی ربات خود یک خط مستقیم بکشید چه می کنید ؟

اگر این را این گونه ببینید که از نقطه A روی یک خط راست مستقیم به نقطه B بروید نسبتاً ساده به نظر می رسد . با استفاده از روش اول یعنی Inverse Kinematics نقاط زیادی بین دو نقطه A و B وجود دارد که ربات از آنها بگذرد . نتیجه حرکت نهایی یک خط مستقیم ملایم در می آید . شما نمی توانید فقط از این روش برای خطوط مستقیم استفاده کنید و نیز خطوط منحنی . بازوهای رباتیک پیشرفته و گران قیمت طوری برنامه ریزی شدند که تمام نیازهای شما را جوابگو باشند اینکه چطور فاصله بین دو نقطه را پیمایش کنند (روی خط مستقیم ، تا حد ممکن سریع و ...) . برای مطالعه بیشتر شما می توانید از الگوریتم موجی برای برنامه ریزی مسیر بین دو نقطه کمک بگیرید

الگوریتم موجی = Wave front Algorithm :

از این الگوریتم برای تعیین کوتاه ترین فاصله بین دو نقطه استفاده می شود . در این روش یک چارت داریم که شامل سلولهایی است که کل فضا را پوشش می دهند ، نقطه شروع با 0 موانع با 1 و هدف با 2 شماره گذاری می گردد . از نقطه هدف شروع کرده

سرعت و نقشه راه :

محاسبه سرعت عملگر نهایی از لحاظ ریاضی پیچیده است . به همین منظور ما تنها به اصول آن اشاره می کنیم . ساده ترین راه برای این کار این است که فرض کنید بازوی رباتیک شما یک چرخ دوار به قطر L است . مفصل با سرعت Y ،rpm می چرخد ،

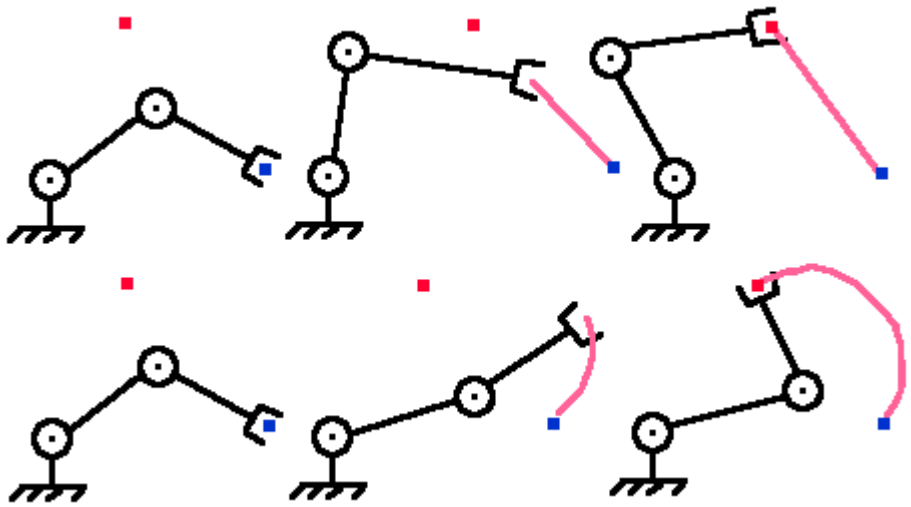
بنابراین سرعت به این شکل محاسبه می گردد :

```
2 * pi * radius * rpm
```

اگرچه عملگر نهایی تنها حول پایه نمی چرخد ولی می تواند در مسیرهای مختلفی حرکت کند . عملگر نهایی می تواند یک خط مستقیم یا منحنی و ... را دنبال کند .

برای یک بازوی رباتیک سریع ترین راه بین دو نقطه اغلب یک خط مستقیم نیست . اگر دو مفصل دارای موتورهای مختلفی باشند یا بارهای متفاوتی را حمل کنند می توانند سرعت های مختلفی نیز داشته باشند . زمانیکه شما به بازوی ربات می گویید از یک نقطه به نقطه ای دیگر برود شما دو انتخاب دارید . یکی اینکه مسیری مستقیم بین دو نقطه را طی کند یا به تمام مفاصل بگویید با بیشترین سرعت ممکن حرکت کنند ، با چشم پوشی از نوسانات و تاب خوردنهای خودسرانه و ناگهانی عملگر نهایی بین دو نقطه .

در تصاویر زیر عملگر نهایی بازوی رباتیک در حال حرکت از نقطه آبی به نقطه قرمز است :



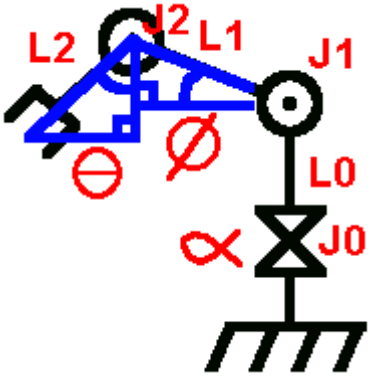
در قسمت بالای این مثال عملگر نهایی خطی مستقیم را پیمایش می کند . این تنها حرکت ممکنی است که این بازو برای طی یک خط راست می تواند انجام دهد . در بخش زیرین به ربات گفته شده با بیشترین سرعت ممکن به نقطه قرمز برسد . در این حالت بازو به مفاصل اجازه می دهد که با بیشترین سرعت بچرخند ، مسیرهای ممکن زیادی وجود دارد .

و مقادیر سلولها را یک واحد افزایش می دهند . به همین ترتیب برای سلولهای بعدی . الگوریتم انقدر ادامه می یابد که هیچ سلولی که همسایه بزرگتر از 2 دارد باقی نماند . مگر سلولهایی که قابل دسترس نباشند . برای یافتن کوتاه ترین فاصله مسیری را انتخاب می کنیم که با حرکت از سمت مبدا به سمت هدف مقادیر عددی سلولها کاهش یابد .

کدام روش بهتر است ؟ عوامل زیادی در تصمیم گیری دخیل اند . اغلب شما زمانی از خطوط مستقیم استفاده می کنید که شی ای که ربات آن را حرکت می دهد خیلی سنگین است و اندازه حرکت برای جابجایی باید تغییر کند .

اما برای سرعتهای بیشینه (مثلاً زمانیکه بازو چیزی را حمل نمی کند یا فقط اجسام سبک را جابجا می کند) شما به سرعت زیاد مفاصل نیاز دارید .

حالا فرض کنید بازوی ربات شما می خواهد یک سرعت چرخشی خاص بگیرد هر مفصل به چه میزان گشتاور نیاز دارد ؟ اول به نمودار جسم آزاد خود برگردیم :



حال فرض کنید مفصل J0 می خواهد ظرف 2 ثانیه 180 درجه بچرخد ، موتور J0 چه گشتاوری نیاز دارد ؟ خب ، مفصل J0 تحت تاثیر جاذبه نیست و ما به گشتاور لختی آن نیاز داریم که از معادله زیر به دست می آید :

torque = moment_of_inertia * angular_acceleration

این معادله را به اجزاء تشکیل دهنده تجزیه می کنیم :

torque = (mass * distance^2) * (change_in_angular_velocity / change_in_time)

و باز هم جزئی تر :

change_in_angular_velocity = (angular_velocity1)-(angular_velocity0)

angular_velocity = change_in_angle / change_in_time

حال فرض می کنیم در لحظه شروع 0 سرعت زاویه ای اولیه نیز صفر است :

torque = (mass * distance^2) * (angular_velocity / change_in_time)

که در این فرمول فاصله ، فاصله بین محور چرخش تا مرکز جرم بازو در نظر گرفته می شود :

center of mass of the arm = distance = 1/2 * (arm_length)

ولی شما باید مرکز جرم جسمی که بازو می خواهد آن را نگاه دارد را نیز محاسبه کنید :

center of mass of the object = distance = arm_length

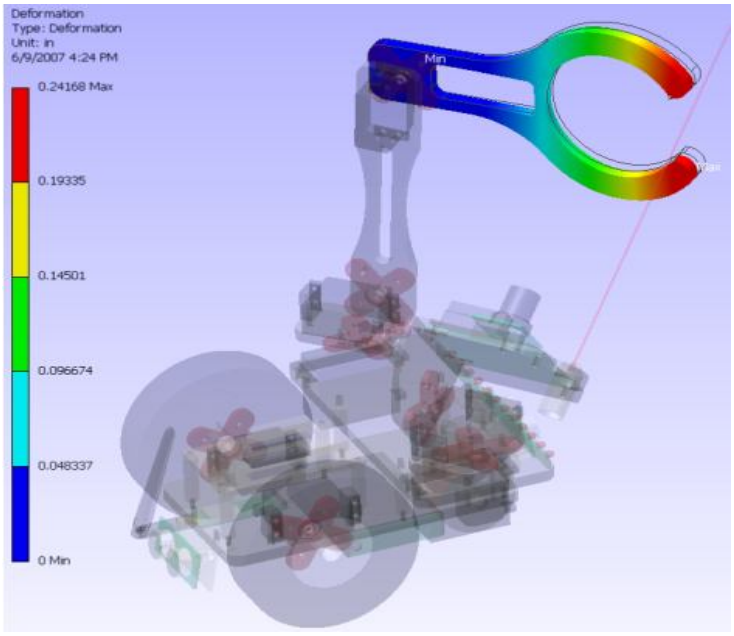
و بعد گشتاور را برای هر دو ، بازو و جسم ، حساب کرده و مجموع آنرا نیز به دست آورید :

torque(of_object) + torque(of_arm) = torque(for_motor)

و البته اگر بازو تحت تاثیر نیروی جاذبه باشد باید گشتاور لازم برای بلند کردن بازو نیز محاسبه شود تا به سرعت دلخواه خود برسید .

تاب خوردگی بازو :

تاب خوردگی بازو یک معضل در نتیجه طراحی بد بازوهای رباتیک است . این مشکل مربوط به وقتی است که بازو بیش از حد دراز یا سنگین باشد در این صورت موقع کشیده شدن دچار خمش می شود . موقع طراحی بازو مطمئن شوید که بازوی شما سبک و مستحکم است . یک تحلیل المان محدود برای ربات خود انجام دهید و خمش ، پیچش و تنش را محاسبه کنید .



سنگین ترین قطعات ربات را نگاه دارید تا پایه بازو را ببندید . این برای مفصل میانی ربات ایده خوبیست تا مانند کمربند یا زنجیری شود که توسط موتوری که در پایه ربات هست کنترل شود . مشکل تاب خوردگی گاهی تا حدی وخیم است که در حرکت از نقطه شروع تا انتها ربات تلوتلو می خورد . راه حل این مشکل استفاده از کنترلگر PIDاست که تا قبل از توقف کامل ربات حرکت را آهسته تر کند .

سنسورها :

برخی بازوها فقط سنسورهای داخلی دارند مثل انکدرها ، ولی دلایل زیادی برای استفاده از سنسورهای بیشتری نیز هست مثل : سنسورهای تماسی ، تصویری ، لمسی و ... .

یک بازوی ربات بدون سنسورهای تصویری مثل هنرمند نقاشی است که چشمهایش را بسته است . با استفاده از الگوریتمهای بینایی فیدبک دار ساده ربات خودش می تواند بدون کمک موقعیتهای برنامه ریزی شده از یک نقطه به نقطه دیگر برود .

واژگان :

Forward Kinematics = سینماتیک مستقیم

Inverse Kinematics = سینماتیک معکوس

ترجمه : زهره دارابیان

منبع: www.societyofrobots.com

سایت مرجع این مطلب : http://nrec.ir

کمیته ملی مهندسی رباتیک

در ترجمه این متن از فایل آپلود شده قبلی در همین سایت نیز استفاده شد .