

ARDUINO VA INFRAQIZIL SENSORLAR ASOSIDAGI AVTONOM CHIZIQQA ERGASHUVCHI ROBOT

Ziyamuxammedova U.A., Turobjonov S.B., Djaxangerov T.S.

Annotatsiya: Ushbu maqolada Arduino Uno mikrokontrolleridan foydalangan holda avtonom chiziqqa ergashuvchi robotning dizayni, ishlab chiqilishi va baholanishi batafsil yoritilgan. Robot oldindan belgilangan chiziq bo'ylab harakatlanadi; bunda u yo'lni aniqlash uchun infraqizil (IR) sensorlardan va motorlarni boshqarish uchun proporsional-integral-differentsial (PID) nazorat algoritmidan foydalanadi. Robotning apparat qismi Arduino Uno, IR sensorlar, doimiy tok (DC) motorlari va ixcham shassisga o'rnatilgan L298N motor drayveridan iborat. Arduino IDE muhitida ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot sensor ma'lumotlarini qayta ishlaydi, robotning belgilangan yo'l va joriy holati o'rtasidagi xatolikni hisoblaydi va PID algoritmi yordamida uni minimallashtiradi. Turli yo'l shakllarida o'tkazilgan keng qamrovli tajribalar robotning chiziq bo'ylab harakatlanishda yuqori aniqlik va barqarorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. PID kontrolleri tomonidan motor tezliklarining dinamik moslanishi robotga murakkab yo'nalishlarni samarali bosib o'tishga imkon berdi va an'anaviy chegaraviy usullarga nisbatan ustunlikni namoyish etdi. Ushbu tadqiqot robotning avtomatlashtirilgan boshqaruvli transport vositalari (AGV), sanoat avtomatizatsiyasi va ta'limiy vositalardagi qo'llanilish imkoniyatlarini yoritib beradi. Tadqiqot natijalari chiziq bo'ylab harakatlanuvchi robotlar samaradorligini oshirishda PID boshqaruv tizimining yuqori samara berishini tasdiqlaydi va bu yo'nalishda kelgusidagi innovatsiyalar uchun zamin yaratadi.

Kalit: so'zlar: *Arduino Uno, qora chiziq, IR (infraqizil) sensorlar*

Masalaning qo'yilishi: Chiziqqa ergashuvchi robotlar robototexnikada muhim o'rin tutadi; ular sanoat avtomatizatsiyasi, ombor logistikasi hamda ta'lim kabi sohalarda keng qo'llaniladi. Bunday robotlar yer sathida ko'rinadigan yoki ko'rinmaydigan chiziq bilan belgilangan yo'l bo'ylab avtonom ravishda harakatlanadi. Chiziq bo'ylab aniq harakatlanish avtomatlashtirilgan yo'naltiruvchi transport vositalari (AGV) va tartiblangan muhitda ishlovchi xizmat robotlari kabi vazifalar uchun juda muhim hisoblanadi. Ushbu loyihaning maqsadi Arduino Uno mikrokontrolleri yordamida yuqori samaradorlikka ega chiziqqa ergashuvchi robotni loyihalash va yaratishdan iborat. Ko'p qirraliligi va kuchli hamjamiyat ko'magiga ega bo'lgani bois tanlangan Arduino Uno infraqizil (IR) sensorlar va motor drayveri bilan birgalikda robot apparat qismining asosini tashkil etadi. Loyiha doirasida IR sensorlar chiziqni aniqlaydi, proporsional-integral-differentsial (PID) boshqaruv algoritmi esa yo'nalishni aniqlik bilan kuzatib borish uchun motor tezligini moslab turadi. PID

kontroller oddiylik va samaradorlikni muvozanatlab, robotning silliq harakatlanishini ta'minlaydi. Ushbu maqolada apparat qismlarni yig'ishdan boshlab dasturiy ta'minotni ishlab chiqishgacha bo'lgan butun rivojlantirish jarayoni yoritilgan. Shuningdek, unda robotning turli yo'l konfiguratsiyalaridagi ishlashini namoyish etuvchi tajriba natijalari taqdim etilgan. Ushbu tadqiqot ishonchli chiziqli kuzatuvchi robot dizaynini namoyish etish orqali robototexnika sohasidagi yutuqlarga hissa qo'shadi va avtonom navigatsiya bo'yicha kelgusi innovatsiyalar uchun zamin hozirlaydi. An'anaviy chiziqli kuzatuvchi robotlar chiziqli aniqlash uchun chegaraviy qiymatlarga asoslangan usullardan foydalanadi; bunda sensorlar yorug'lik qaytarilishidagi o'zgarishlarni sezadi va belgilangan chegaraviy qiymatlar oshilganda oldindan belgilangan javob choralarini ishga tushiradi. Bu usullarni amalga oshirish juda sodda bo'lib, robot harakatini oldindan o'rnatilgan chegara qiymatlariga asoslanib moslashtiradi. Biroq, bunday yondashuvlar ko'pincha aniqlik va ishonchlilik borasida muammolarga duch keladi, ayniqsa yorug'lik sharoiti va yer sirtining tuzilishi o'zgaruvchan bo'lgan muhitlarda. Chegaraviy qaror qabul qilishning ikkilik tabiati robotning harakatini beqaror qilishi mumkin, natijada robot tez-tez belgilangan yo'ldan chiqib ketadi. Shunday qilib, bunday usullar murakkabroq yo'llar va muhitlarda qo'llash uchun cheklangan bo'ladi.

Ilg'or boshqaruv strategiyalari

Chiziqli kuzatuvchi robotlar dizaynidagi so'nggi tadqiqotlar noaniq mantiq va sun'iy neyron tarmoqlar kabi ilg'or boshqaruv strategiyalarini qo'llashga qaratilgan. Noaniq mantiq tizimlari kirish va chiqish ma'lumotlarining aniq bo'lmagan holatlariga ham yo'l qo'ygan holda insonning qaror qabul qilish jarayonlarini taqlid qiladi — bu esa robotlarga noaniq muhitlarda yanada dinamik harakatlanish imkonini beradi. Neyron tarmoqlar esa mashinaviy o'qitish algoritmlaridan foydalanib, vaqt o'tishi bilan tajriba asosida o'z ishlashini moslashtiradi va takomillashtiradi. Bu ilg'or boshqaruv strategiyalari an'anaviy usullarga nisbatan yuqori samaradorlik va moslashuvchanlikni ta'minlaydi. Biroq, ularni samarali joriy etish katta hajmdagi nozik sozlash ishlarini va katta hisoblash resurslarini talab etadi — maxsus mutaxassislik bilimlari va yetarli hisoblash quvvatisiz bunday tizimlarni amalda qo'llash qiyin.

PID boshqaruv yondashuvi

PID (proporsional-integral-differentsial) boshqaruv yondashuvi chiziqli kuzatuvchi robotlar uchun keng qo'llaniladigan usullardan biridir. U robotning belgilangan yo'l va joriy holati o'rtasidagi farqdan kelib chiqadigan xatolik signalini uzluksiz hisoblab borish orqali ishlaydi. So'ngra PID kontroller ushbu xatoni minimallashtirish maqsadida proporsional, integral va differentsial boshqaruv ta'sirlarini qo'llash orqali robot harakatini moslashtiradi. PID boshqaruv muvozanatli yondashuvni ta'minlab, robotning harakatini silliq va aniq ushlab turadi, shu bilan birga uni amalga oshirish va sozlash nisbatan sodda. Bu tizim chiziqli aniqlash

jarayoni hamda atrof-muhit sharoitlaridagi o'zgarishlarga samarali moslasha oladi, shuning uchun real vaqt rejimidagi chiziq kuzatish kabi ilovalar uchun mos keladi. Bundan tashqari, PID boshqaruv robot harakatining barqarorligini ta'minlab, tebranishlarni minimallashtiradi va yo'lni aniq kuzatishni kafolatlaydi.

Aparat qismni loyihalash

Mikrokontroller (Arduino Uno): Arduino Uno robotning "miyasi" vazifasini bajaradi, ya'ni u sensorlardan olingan ma'lumotlarni qayta ishlaydi va oldindan belgilangan algoritmlar asosida motorlar harakatini boshqaradi.

Infraqizil (IR) sensorlar: IR sensorlar yer yuzasidagi chiziqni aniqlash uchun robotga strategik ravishda joylashtirilgan. Ushbu sensorlar infraqizil nurni taratib, uning yuzadan qaytgan intensivligini o'lchash orqali chiziqning mavjudligi va joylashuvini aniqlaydi.

Doimiy tok motorlari (DC): DC motorlar robot harakati uchun zarur harakatlantiruvchi kuchni ta'minlaydi. Motorlarning aylanishi robotga aniqlangan chiziq bo'ylab harakatlanish imkonini beradi.

Motor drayveri (L298N): Motor drayver Arduino Uno va DC motorlar o'rtasidagi interfeys vazifasini bajaradi. U motorlarning tezligi va yo'nalishini boshqarish uchun zarur bo'lgan quvvat va boshqaruv signallarini ta'minlaydi.

Shassi: Shassi robotning ichki qismlarini ushlab turuvchi va ularni himoya qiluvchi struktura vazifasini bajaradi. Odatda, u mustahkam plastmassa yoki alyuminiy kabi materiallardan yasaladi va robot harakatining og'ir sharoitlariga bardosh berishga mo'ljallangan.

G'ildiraklar: G'ildiraklar DC motorlarga ulangan bo'lib, robot chiziq bo'ylab harakatlanayotganda unga tortish kuchi va barqarorlikni ta'minlaydi. G'ildiraklarning o'lchami va turi er yuzasi xususiyatlari hamda robotning qo'llanilish maqsadiga qarab o'zgarishi mumkin.

Quvvat manbai: Batareya bloki yoki tashqi quvvat adapteri kabi quvvat manbai mikrokontroller, sensorlar, motorlar va boshqa elektron komponentlarni ishlatish uchun zarur elektr energiyasini ta'minlaydi.

O'rnatish qismlari: Vintlar, gaykalar va masofa saqlovchi halqalar (spacerlar) komponentlarni shassiga mahkam o'rnatish va robotning to'g'ri hizalanishi hamda barqarorligini ta'minlash uchun qo'llaniladi.

Dasturiy qismni loyihalash

Dastur Arduino IDE muhitida ishlab chiqilgan. Uning asosiy ishlash mantiqi IR sensorlar qiymatlarini o'qish, robotning belgilangan va joriy pozitsiyasi o'rtasidagi xatoni (og'ishni) hisoblash hamda motor tezliklarini PID boshqaruv algoritmi yordamida moslashtirishdan iborat.

Tajriba sharoitlari: Robot tekis chiziqli segmentlar, egri burilishlar va chorrahalarini o'z ichiga olgan turli yo'l konfiguratsiyalariga ega treklarda sinovdan

o'tkazildi. Uning ishlash samaradorligi robotning chiziqqa nisbatan hizalanishni saqlay olishi (aniq ergashishi) va harakat davomida barqarorligini ushlab turishi kabi mezonlar bo'yicha baholandi. Robotning belgilangan yo'l bo'ylab muvaffaqiyatli harakatlanishi barcha sinov konfiguratsiyalarida izchil kuzatildi, bu esa uning funksional imkoniyatlari samaradorligini namoyish etdi. PID kontrollerini joriy etish robotning barqarorligi va aniqligini sezilarli darajada oshirdi, ayniqsa oddiy chegaraviy boshqaruv usuli bilan solishtirilganda bu yaxshilanishlar yaqqol ko'rindi. Sinchkov tajribalar davomida PID regulatorining optimal parametr qiymatlari ($K_p = 2,0$; $K_i = 5,0$; $K_d = 1,0$) tanlab olindi va bu robotning belgilangan trayektoriyaga rioya etishini yanada mustahkamladi. E'tiborlisi, robotning tebranishi minimal darajada bo'lib, belgilangan yo'ldan har qanday og'ishlar tezda tuzatildi va u o'z yo'nalishini aniqlik bilan saqlay oldi. Ushbu tadqiqot doirasida Arduino Uno va PID nazorati yordamida chiziqqa ergashuvchi robot muvaffaqiyatli loyihalashtirilib yaratildi. Robot yuqori aniqlik va barqarorlikka erishdi, bu esa uni AGVlar va boshqa avtonom tizimlar uchun ideal yechimga aylantiradi. Olingan natijalar chiziq kuzatuvchi robotlarda PID boshqaruvining naqadar samarali ekanligini tasdiqlab, ushbu yo'nalishda keyingi rivojlanishlar uchun asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Lee, J. H., "A survey on the PID control algorithm," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 64, no. 2, pp. 301-309, 2017.
2. Mahmoud, M. S., *PID control: Analysis, design, and technology*, Springer, 2018.
3. Smith, A., "Design and implementation of a line-following robot using fuzzy logic," *International Journal of Robotics Research*, vol. 12, no. 3, pp. 123-135, 2019.
4. U. S. Kurmi, "Study of different face recognition algorithms and challenges," *International Journal of Engineering Research*, vol. 3, no. 2, pp. 112-115, 2019.
5. Khera, U. S. Kurmi, "Enhancing Performance of Wide Area CIIoT SDN by US-ML Based Optimum Controller Placement," *Research Reports on Computer Science*, pp. 112-121, 2020.
6. U. S. Kurmi, A. Khera, *Enhancement of Cellular Network Using Application of Industrial IIoT in WAN Communication*, U.S. Patent Application 202421002313, 2020.
7. S. Gupta, U. S. Kurmi, "A review – design of area and power efficient digital FIR filter based on faithfully rounded truncated 12-bit constant," *International Journal of Computer Applications*, vol. 149, no. 6, 2017.