

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

Асылбекова Аружан Аслановна

«Құбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау»

дипломдық жобаға

ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

Тақырыбы: «Кұбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау»

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Орындаған

Асылбекова Аружан Аслановна

Рецензент

Ғылыми жетекшісі

Абай атындағы ҚазҰПУ,
Физика кафедрасының қауым. Проф.ма
техника ғылымдарының кандидаты.

техника ғылымдарының магистрі,
аға оқытушы

Жаменкеев Е. К.

Байтурганова В.К.

«07» 06 2025 ж.

«05» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы
6B07111 - Робототехника және мехатроника



**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Асылбекова Аружан Аслановна

Тақырыбы: Құбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау.

Университет ректорының 2025 жылғы «__» _____ № __-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «__» мамыр 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino IDE, Wi-Fi арқылы қашықтан басқару

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) роботты қолданудың маңыздылығы мен болашағын түсінуге мүмкіндік беретін жан-жақты және терең зерттеу болып табылады

б) роботпен ішкі ақауларын диагностикалау

в) роботтың пайдасын дәлелдеу

г) Роботтың құрылғылық бөлігі модульдік архитектураны қарастыру

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 8 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 10 атаулардан

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

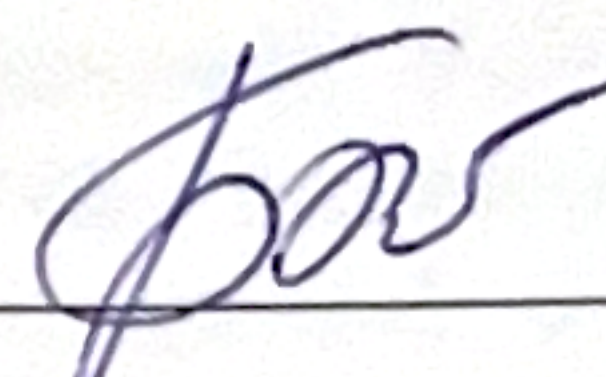
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2025 ж	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2025 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-20.05.2025 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының

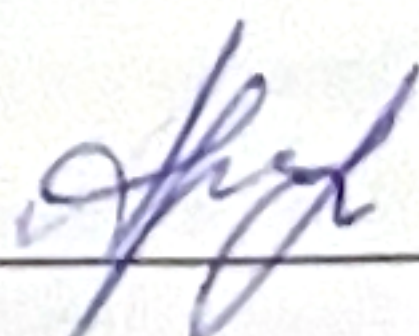
ҚОЛДАРЫ

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А. техника ғылымдарының магистрі, оқытушы		

Ғылыми жетекшісі

 Байтурганова В.К.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Асылбекова А.А.

Күні

« 5 » 06 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста құбырлардың ішкі жағдайын анықтау үшін арналған мобильді скважиналық роботты жобалау мәселесі қарастырылады. Тақырыптың өзектілігі – коммуналдық шаруашылық, өнеркәсіп және авариялық қызметтер салаларында құбыр жүйелерін тиімді әрі қолжетімді диагностика құралына деген сұраныстың артуымен байланысты. Ұсынылып отырған шешім арзан әрі кеңінен қолжетімді компоненттерге негізделген – ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлері, камера, қозғалтқыштар және L298N драйвері. Робот құбыр ішінде қозғалып, нақты уақыт режимінде бейне ағынын жеткізіп, Wi-Fi арқылы қашықтан басқару мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Жұмыс барысында қолданыстағы аналогтарға шолу жасалып, техникалық және бағдарламалық шешімдер негізделген, құрылғының жұмыс алгоритмдері мен сынақ нәтижелері баяндалған. Жоба аз шығынмен жүзеге асырылатын, құрастыруы оңай және әртүрлі жұмыс жағдайына бейімделетін жүйе болып табылады. Бұл шешім шектеулі бюджеті бар ұйымдарға арналуы мүмкін және инженерлік желілерді қашықтан бақылаудың болашағы бар бағыты ретінде бағаланады.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассматривается проектирование мобильного скважинного робота, предназначенного для диагностики состояния внутренних поверхностей трубопроводов без необходимости их вскрытия. Актуальность темы обусловлена потребностью в доступных и эффективных средствах технического контроля труб в коммунальном хозяйстве, промышленности и аварийных службах. Предложенное решение основано на использовании недорогих и широко доступных компонентов — микроконтроллеров ESP32-CAM и ESP8266, камеры, двигателей и драйвера L298N. Разработанный робот способен перемещаться по трубе, осуществлять визуальный осмотр в режиме реального времени и управляться дистанционно по Wi-Fi с помощью веб-интерфейса. Работа включает обзор существующих аналогов, сравнительный анализ технологий, обоснование выбора компонентов, описание аппаратной и программной архитектуры системы, а также результаты экспериментального тестирования. Предложенная система отличается низкой стоимостью, простотой сборки и возможностью адаптации под различные условия эксплуатации. Проект имеет высокий практический потенциал для применения в условиях ограниченного бюджета и может служить основой для дальнейших разработок в области автономной диагностики инженерных коммуникаций.

ABSTRACT

This thesis presents the design of a mobile borehole robot intended for internal pipeline inspection without the need for disassembly. The relevance of the project stems from the growing demand for affordable and efficient diagnostic tools for pipeline systems in public utilities, industry, and emergency services. The proposed solution is based on low-cost and widely available components — the ESP32-CAM and ESP8266 microcontrollers, a camera, motors, and an L298N driver. The developed robot is capable of moving inside pipelines, transmitting real-time video, and being remotely controlled via Wi-Fi through a web interface. The thesis includes a review of existing solutions, a comparative analysis of technologies, justification of component selection, a description of the hardware and software architecture, and experimental testing results. The system stands out for its low cost, ease of assembly, and adaptability to various operating conditions. It offers significant practical value for use in budget-limited scenarios and serves as a foundation for further development in the field of autonomous infrastructure diagnostics.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Жобаның өзектілігі	7
1.2 Мақсаттар мен міндеттер	7
1.3 Қолданыс аясы	8
2 Қолданыстағы шешімдерді шолу	10
2.1 Құбырларды мониторингтеудің ұқсас жүйелері	10
2.2 Қолданыстағы технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері	13
3 Құрылғылық бөлім	16
3.1 Жүйенің негізгі компоненттері	18
3.1.1 ESP32-CAM	21
3.1.2 ESP8266	22
3.1.3 Қозғалтқыш драйвері	23
3.1.4 Қозғалтқыштар	25
3.1.5 Электрмен жабдықтау көзі	26
3.2. Қосылым схемасы	27
3.2.1 ESP32-CAM және ESP8266 өзара әрекеттесуі	27
4 Бағдарламалық бөлім	28
4.1 ESP32-CAM баптауы	29
4.1.1 Wi-Fi арқылы бейне ағыны	30
4.1.2 Қашықтан қатынас үшін веб-сервер	31
4.2 ESP8266 арқылы қозғалтқыштарды басқару	32
4.3 ESP8266 қозғалысты басқару логикасы	33
Қорытынды	34
Қосымшалар	35

КІРІСПЕ

Бұл жобаның өзектілігі әр түрлі салалардағы құбырлардың жағдайын бақылаудың тиімді және дербес жүйелеріне деген қажеттіліктің артуына байланысты. Құбырлар мұнай-газ саласында, коммуналдық шаруашылықта, сумен жабдықтауда және су бұруда қолданылады, мұнда олардың тұтастығы мен жарамдылығы қауіпсіз пайдалану үшін өте маңызды. Дегенмен, құбырлардың ішкі бетін визуалды тексеру олардың қол жетімділігі қиын болғандықтан жиі қиын, бұл мамандандырылған роботтық шешімдерді әзірлеу қажеттілігіне әкеледі.

Жобаның мақсаты - ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлер негізінде құбырлар ішінде қозғалуға, нақты уақыт режимінде бейне ағынын жіберуге және Wi-Fi арқылы қашықтан басқаруға қабілетті мобильді робот құру.

Негізгі міндеттерге мыналар жатады:

- Қозғалыс және тұрақтандыру жүйесі бар аппараттық платформаны әзірлеу.
 - Көрнекі бақылау үшін ESP32-CAM камерасынан бейне трансляциясын орнату.
 - Веб-интерфейс арқылы сымсыз басқаруды жүзеге асыру.
 - Қуат көзі арқылы автономды жұмысты қамтамасыз ету.
- Әзірленетін шешімнің қолданылу аясы мыналарды қамтиды:*
- Өнеркәсіп - мұнай-газ кешені кәсіпорындарындағы құбырларды диагностикалау;
 - ТКШ - су құбыры және кәріз желілерін инспекциялау.
 - Төтенше жағдайлар қызметі - құбырларды ашудың қажеті жоқ зақымданулар мен бітелулерді іздеу.

Қол жетімді компоненттерді пайдалану (ESP32-CAM, ESP8266, L298N) жобаны үнемді етеді және дизайнның модульділігі оны құбырлардың әртүрлі түрлеріне бейімдеуге мүмкіндік береді. Мұндай жүйелерді енгізу инфрақұрылымға қызмет көрсету шығындарын азайтуға және төтенше жағдайлар қаупін азайтуға қабілетті. Құрылғы әртүрлі салаларда – коммуналдық инфрақұрылымнан бастап, мұнай-газ саласына дейін қолданылады. Мұндай бағыттарда цифрландыру мен экономикалық тиімділік артып келеді [1].

Жұмыстың келесі бөлімдері технологияларды таңдауды, схемалық шешімдерді, бағдарламалық жасақтаманы енгізуді және прототипті тестілеуді егжей-тегжейлі көрсетеді.

1 Жобаның өзектілігі

Қазіргі әлемде құбырлар қалалардың тіршілігін қамтамасыз етуде және өнеркәсіптік кәсіпорындардың жұмысында маңызды рөл атқарады. Олар суды біздің үйлерге жеткізеді, Ағынды суларды ағызады, мұнай мен газды үлкен қашықтыққа тасымалдайды. Уақыт өте келе құбырлар тозады, тот басады және зақымдалады, бұл ауыр апаттарға, экологиялық апаттарға және жеткізілім үзілістеріне әкелуі мүмкін.

Енді құбырлардың күйін тексеру үшін көбінесе қымбат кәсіби жабдықтар қолданылады немесе құбырларды ашады, бұл көп уақыт пен ақшаны қажет етеді. Көптеген шағын кәсіпорындар мен коммуналдық қызметтер тұрақты сапалы диагностикаға қол жеткізе алмайды, бұл құбырларды төтенше жағдайға дейін жұмыс істейді.

Менің дипломдық жобам бұл мәселенің қарапайым және қол жетімді шешімін ұсынады - құбырларды ішінен тексеруге арналған арнайы робот. Бұл робот арзан және қол жетімді компоненттерден жасалған: кез-келген электроника дүкенінен сатып алуға болатын ESP32 және ESP8266 микроконтроллерлері. Ол құбырлар арқылы өздігінен қозғала алады, бейнені компьютерге немесе смартфонға жібере алады және оны ашпай-ақ құбырдың нақты күйін көрсете алады.

Менің шешімімнің басты артықшылықтары:

- 1) құны төмен - өнеркәсіптік аналогтардан 5-7 есе арзан;
- 2) пайдаланудың қарапайымдылығы - арнайы дағдыларды қажет етпейді;
- 3) ұтқырлық-құбырларды кез келген жерде жылдам тексеруге болады;
- 4) көрнекілік - оператор экранда құбырдың нақты күйін көреді.

Әсіресе, мұндай робот апаттардың алдын алуға көмектеседі, бұзылу пайда болғанға дейін проблемалық аймақтарды анықтайды. Бұл жөндеуге миллиондаған рубльді үнемдейді және қоршаған ортаны ластанудан қорғайды.

Болашақта бұл дамуды Құбыр қабырғаларының қалыңдығын өлшеуге, газдың ағып кетуін анықтауға немесе шөгінділерді химиялық талдауға арналған сенсорларды қосу арқылы жақсартуға болады. Бұл диагнозды одан да дәл және ақпараттандырады.

Осылайша, менің жобам маңызды практикалық мәселені шешеді- құбырларды диагностикалаудың заманауи технологияларын пайдаланушылардың кең ауқымы үшін қолжетімді етеді, бұл әсіресе қартаю инфрақұрылымы мен көптеген кәсіпорындардың шектеулі бюджеттері жағдайында маңызды.

1.2 Мақсаттар мен міндеттер

Бұл дипломдық жобаның негізгі мақсаты диаметрі 100 мм құбырлардың ішкі бетін визуалды тексеру үшін мобильді диагностикалық роботтың прототипін жасау болып табылады. құрылғы құбырлардың күйін жедел

бақылаудың өзекті мәселесін оларды ашпай немесе пайдалануды тоқтатпай шешуге арналған. Жұмыс барысында механикалық платформа құруды, электрондық басқару жүйесін әзірлеуді және мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуді жазуды қамтитын техникалық шешімдер кешенін іске асыру қажет. Нақты құбырлар жағдайында жүйенің барлық компоненттерінің тұрақты жұмысын қамтамасыз етуге ерекше назар аударылады - әр түрлі диаметрлі құбырлар ішіндегі тұрақты қозғалыс, бұзушылықтарды жеңу, нақты уақыт режимінде сапалы бейне сигналын беру және Wi-Fi байланысы арқылы интуитивті басқару.

Жоба бірқатар маңызды практикалық міндеттерді қояды: кері қозғалыс мүмкіндігі барактам және сенімді механикалық құрылымды әзірлеу; оңтайлы электрондық компоненттерді таңдау (ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлері, I298n қозғалтқыштары, драйверлері) және оларды қосудың қорғалған схемасын құру; жұмыс ұзақтығы кемінде 1 сағат автономды электрмен жабдықтау жүйесін әзірлеу; мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз етуді құру қозғалысты басқару, бейне ағынын өңдеу және негізгі басқару функциялары бар пайдаланушы интерфейсін енгізу үшін. Прототипті жан - жақты тестілеуге ерекше мән беріледі-зертханалық жағдайда да, құбырлардың орналасуында да, нақты жұмыс жағдайында да, бұл құрылымның мүмкін болатын кемшіліктерін анықтауға және жоюға, қуат тұтынуды оңтайландыруға және жұмыс сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Жобаның маңызды құрамдас бөлігі құрылғының құнын есептеуді, баға мен функционалдылық бойынша бар аналогтармен салыстыруды және әлеуетті тұтынушыларды анықтауды қамтитын экономикалық талдау болып табылады. Жұмыстың ғылыми жаңалығы-бұл құбырларды бақылаудың практикалық мәселелерін шешуге жеткілікті функционалдығы бар жаппай компоненттерге негізделген диагностам және арзан диагностикалық жүйені құру. Жобаның практикалық маңыздылығы диагностика процесін едәуір жеңілдету және арзандату, құбырлардың проблемалық учаскелерін уақтылы анықтау, апаттар санын азайту және тозу динамикасын талдау үшін зерттеу мұрағатын құру мүмкіндігінде көрінеді. Осы міндеттерді іске асыру болашақта ТКШ, өнеркәсіп және авариялық қызметтер салаларында кеңінен қолдану үшін коммерциялық өнімге дейін пысықталуы мүмкін жұмысқа қабілетті прототип жасауға мүмкіндік береді.

1.3 Қолданыс аясы

Әзірленіп жатқан құрылғы өнеркәсіп пен коммуналдық шаруашылықтың түрлі салаларындағы құбыр жүйелерін мониторингілеу және техникалық диагностикалау міндеттерін кешенді шешуге арналған. Бірегей дизайн және техникалық сипаттамалар роботты келесі салаларда тиімді пайдалануға мүмкіндік береді:

Коммуналдық шаруашылық және қалалық инфрақұрылым:

- су құбыры және кәріз желілерін тұрақты профилактикалық тексеру;
- су бұру жүйелеріндегі бітелулер мен зақымдануларды оқшаулау;
- жылу трассалары мен жерасты коммуникацияларының жай-күйін бақылау;
- техникалық ұңғымаларды және желілердің жету қиын учаскелерін тексеру.
- Мұнай-газ өнеркәсібі:
- магистральдық және технологиялық құбырлардың құбырышілік диагностикасы;
- Дәнекерленген жіктер мен қосылыстардың жай-күйін бақылау;
- Коррозиялық зақымданулар мен ақауларды анықтау;
- Жөндеу жұмыстарынан кейін құбырларды тексеру;
- Өнеркәсіптік кәсіпорындар:
- Өндірістегі технологиялық құбырлардың мониторингі;
- Желдету жүйелері мен түтін мұржаларын тексеру;
- Жылу алмастырғыштардың құбыр байламдарының жай-күйін бақылау;
- Өнеркәсіптік кәріз диагностикасы.
- Ғимараттарды салу және пайдалану:
- Жаңа инженерлік коммуникацияларды қабылдау бақылауы;
- Ауаны баптау және желдету жүйелерін тексеру;
- Өрт құбырларының жай-күйін тексеру;
- Қабырғалар мен төбелердегі жасырын құбырларды диагностикалау.
- Авариялық-құтқару қызметтері:
- Авариялық учаскелерді жедел тексеру;
- Ағып кету және зақымдану орындарын іздеу;
- Апаттық жөндеу сапасын бақылау;
- Үйілген және жету қиын коммуникацияларды зерттеу.

Өзірленетін шешімнің ерекшелігі-оның әмбебаптығы-құбырлардың әртүрлі түрлеріне (металл, пластик, бетон) және жұмыс жағдайларына бейімделу мүмкіндігі. Құрылғы жоспарлы профилактикалық тексерулер үшін де, төтенше жағдайлар туындаған кезде жедел диагностика үшін де қолданыла алады. Қазіргі заманғы жүйелердің енгізілуі экономикалық тұрғыдан тиімді болып саналады және апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді [1].

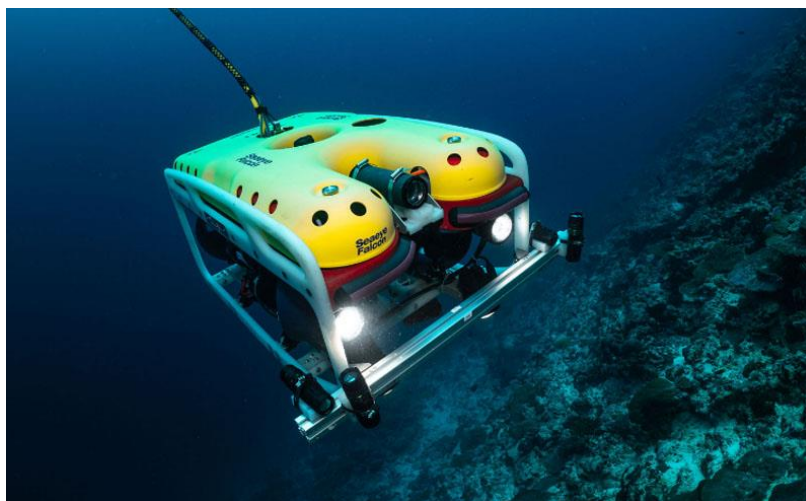
Жүйені дамытудың перспективалық бағыттары қосымша датчиктерді (қалыңдық өлшегіштер, газ талдағыштар) интеграциялау, әртүрлі ортамен (су, мұнай өнімдері, агрессивті сұйықтықтар) құбырларда жұмыс істеу мүмкіндігі, сондай-ақ машиналық көру әдістерін пайдалана отырып алынған деректерді талдау процесін автоматтандыру болып табылады.

2 Қолданыстағы шешімдерді шолу

2.1 Құбырларды мониторингтеудің ұқсас жүйелері

Ұңғымаларды бақылауға арналған заманауи роботтық жүйелер механика, электроника және бағдарламалық қамтамасыз етудегі озық жетістіктерді біріктіретін жоғары технологиялық кешендер болып табылады. Бұл құрылғылар дәлдік, қауіпсіздік және экономикалық тиімділік бойынша дәстүрлі әдістерден айтарлықтай асып түсетін шешімдерді ұсына отырып, ұңғыма жабдықтарын диагностикалау және техникалық қызмет көрсету тәсілін түбегейлі өзгертті.

Бүгінгі таңда мұнай-газ саласында роботтық жүйелердің әр түрлі түрлері қолданылады, олардың әрқайсысының өзіндік ерекшелігі мен қолдану саласы бар. Ең көп тарағандары-теңіз ұңғымаларын бірнеше шақырымға дейінгі тереңдікте зерттеу үшін қолданылатын су астындағы телебақылау аппараттары (ROV). Бұл роботтар су астындағы жабдықты кешенді диагностикалауға мүмкіндік беретін қуатты жарықтандыру жүйелерімен, жоғары сезімтал камералармен, манипуляторлармен және әртүрлі сенсорлармен жабдықталған. Қазіргі ROV визуалды ақауларды түзетіп қана қоймай, сонымен қатар металдың қалыңдығын өлшеуге, микрожарықтарды анықтауға және тіпті қарапайым жөндеу жұмыстарын жүргізуге қабілетті.



2.1-сурет – ROV Schilling UHD III

Терең теңіздегі ROV-теңіз мұнай-газ кен орындарының экстремалды жағдайында жұмыс істеу үшін арнайы әзірленген суасты роботтарының ең технологиялық дамыған класы. Бұл жүйелер дәстүрлі бақылау әдістері мүмкін емес немесе шамадан тыс шығындалатын қайраңдағы ұңғымаларды пайдалану кезінде қажет.

Техникалық сипаттамалары және функционалдығы: 2.1-суретте көрсетілген ROV Schilling UHD III су астындағы ұңғыма кешендерін бақылауға арналған жоғары технологиялық жүйе болып табылады. Құрылғы күшті су асты

ағындары жағдайында да ерекше маневрлікті қамтамасыз ететін жеті қуатты векторлық қозғалтқышпен жабдықталған. 5000 PSI жұмыс қысымы бар гидравликалық жүйе қондырмалардың кең ауқымын пайдалануға мүмкіндік береді.

Бейнелеу жүйесі мыналарды қамтиды:

- 30х оптикалық масштабтауы бар 4K HDR негізгі камерасы;
- Қосымша панорамалық көру камералары;
- Ақауларды дәл өлшеуге арналған лазерлік сканер;
- Түс температурасы реттелетін жарықтандырудың жетілдірілген жүйесі.

Бұл ғылыми-зерттеу кешенінде күштік кері байланысы бар көп функциялы Orion 7P манипуляторы, $\pm 0,1$ мм дәлдікпен өлшеу жүргізе алатын ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіш, сұйықтықтардың құрамын талдауға арналған газ хроматографы және төменгі шөгінділердің күйін бағалайтын акустикалық профиль сынды жоғары технологиялық құралдар пайдаланылады. Мұндай жабдықтар тереңдікте дәл диагностика жүргізуге мүмкіндік береді.

Жүйе арнайы лебедкамен жабдықталған, ұзындығы 6000 метрге дейінгі талшықты-оптикалық кабель арқылы іске қосылады және оны пайдалану үшін кемеде арнайы дайындықтан өткен 3-4 оператордан тұратын білікті команда қажет. Осындай кешенді жүйені тәулігіне жалға алу құны 45 000–60 000 доллар аралығында болады.

Бұл технология мұнай-газ саласында кеңінен қолданылады. Атап айтқанда, ол сағалық жабдықтың жұмысын тұрақты бақылауда, суасты құбырларының коррозияға ұшырау жағдайын тексеруде, теңіз түбіндегі кен орындарының жай-күйін бағалауда және авариялық-құтқару операцияларында қолданылады.

Корпустың ішкі бетін зерттеу үшін арнайы ұңғыма роботтары жасалды, олар тікелей ұңғыма оқпанына түседі. 2- суретте көрсетілген WellScan TTRD сияқты бұл құрылғылар құбырлардың тік және көлбеу бөліктерінде қозғалуға мүмкіндік беретін шынжыр табанды немесе доңғалақты қозғалтқыштармен жабдықталған. Олардың диагностикалық мүмкіндіктері әсерлі - ультрадыбыстық қалыңдық өлшегіштер, магниттік дефектоскоптар, лазерлік сканерлер және басқа жүйелер металдың күйін миллиметрлік дәлдікпен бағалауға, коррозияны, эрозияны және басқа зақымдарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жүйелердің ерекшелігі-олардың жоғары температура мен қысымда агрессивті ортада жұмыс істеу қабілеті.



2.2-сурет – WellScan TTRD

Дизайн ерекшеліктері:

Wellscan ttrd роботы-бұл стандартты корпустарда жұмыс істеу үшін арнайы жасалған модульдік жүйе. Бірегей тұрақтандыру жүйесі құрылғыға сұйықтық ағынының жоғары жылдамдығында (3 м/с дейін) позицияны сақтауға мүмкіндік береді.

Диагностикалық жүйелер:

Ультрадыбыстық кешен:

- 64 элементті фазалық тор;
- Сканерлеу жиілігі 5-15 МГц;
- Ену тереңдігі 25 мм дейін;
- 3D ақауларын қалпына келтіруге арналған бағдарламалық жасақтама.

Электромагниттік модуль жоғары сезімталдықпен ерекшеленеді - ол 0,5 мм-ден басталатын жарықтарды анықтай алады, парафин шөгінділері арқылы жұмыс істеуге бейімделген және болаттың әртүрлі маркаларына автоматты түрде калибрлеу жүргізе алады. Жүйеде инерциялық навигация, тереңдікке байланыстырылған магниттік маркерлер арқылы орналасуды нақтылау және нақты уақыттағы позицияны түзету мүмкіндігі қарастырылған. Оның дәлдігі 1000 метр қашықтықта ± 2 см шегінде сақталады.

Жұмыс параметрлеріне келсек, жүйе -20°C -тан $+175^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі температурада және 15 000 psi-ға дейінгі қысымда тұрақты жұмыс істей алады. Құрылғы 12-18 сағат бойы автономды режимде жұмыс істеп, H_2S сияқты агрессивті орталарда да өз қызметін атқара алады.

Мұндай жүйелер жоспарлы техникалық тексерулерде, жөндеу жұмыстарынан кейінгі бақылауда, апат себептерін анықтауда және ұңғымалардың қалдық ресурсын бағалауда кеңінен қолданылады.

Ееліме сияқты икемді жылан тәрізді Роботтар ерекше қызығушылық тудырады, олар бірегей дизайнының арқасында ұңғыма жабдықтарының ең қиын жерлеріне ене алады. Олардың модульдік дизайны роботты әртүрлі құралдармен және сенсорлармен жабдықтау арқылы нақты тапсырмаларға бейімдеуге мүмкіндік береді. Бұл жүйелер әсіресе дәстүрлі роботтар жұмыс істей алмайтын көптеген қисықтары мен тармақтары бар күрделі аймақтарды зерттеуде тиімді.



2.3-сурет – Eelume

Инновациялық технологиялар:

Eelume су астындағы робототехника саласындағы революциялық дамуды білдіреді. Оның сегменттік титан қорытпасының дизайны керемет икемділік пен ұтқырлықты қамтамасыз ететін 12 тәуелсіз жетек модулін қамтиды. Әр сегмент өзінің процессорымен және сенсорлық жүйесімен жабдықталған.

Негізгі ерекшеліктері:

Гидродинамикалық дизайн: дәстүрлі ROV-мен салыстырғанда судың кедергісін 40% төмендетеді.

Модульдік архитектура: нақты тапсырмалар үшін конфигурацияны жылдам өзгертуге мүмкіндік береді.

Бионикалық қозғалыс жүйесі: күрделі кедергілерді жеңу үшін теңіз жыландарының қозғалысына еліктейді.

Оптикалық кешен құрамына лазерлік жарықпен жабдықталған стереоскопиялық камералар, шөгінділердің құрамын талдауға арналған гиперспектрлі камера және нақты уақыт режимінде 3D модельдерді қайта құру жүйесі кіреді. Бұл жүйе кеңістікті дәл бейнелеуге және күрделі құрылымдарды визуалды түрде талдауға мүмкіндік береді.

Құрылғыда тактильді сенсорлар да орнатылған: қысым матрицасы беттердің механикалық қасиеттерін бағалайды, діріл датчиктері микрожарықтарды анықтайды, ал электрорецепторлар коррозиялық белсенділік деңгейін өлшейді.

Жүйенің пайдаланушылық мүмкіндіктері де ерекше - су астындағы зарядтау станцияларына қосылған жағдайда батареясы 6 айға дейін жұмыс істей алады. Сонымен қатар, ол бірнеше құрылғыдан тұратын үйір тәрізді режимде бірігіп әрекет ете алады және су астындағы акустикалық модемдер арқылы қашықтан басқаруға бейімделген. Бұл робот 3000 метр тереңдікке дейін жұмыс істей алады, бұл оны күрделі теңіз жағдайларында қолдануға мүмкіндік береді.

	 WellScan TTRD	 Schilling UHD III	 Eelume
Диагностикалық дәлдік	±0,05 мм	±0,1 мм	±0,3 мм
Қолдану тереңдігі	5000 м дейін	4000 м дейін	3000 м дейін
Пайдалану құны	Стандарт	Стандарт	Ең үнемді
Әмбебаптық	Стандарт	Стандарт	Стандарт

2.4-сурет – Технологияларды салыстырмалы талдау

Диагностика дәлдігі бойынша:

WellScan TTRD (±0,05 мм)

Schilling UHD III (±0,1 мм)

Eelume (±0,3 мм)

Қолдану тереңдігі бойынша:

Schilling UHD III (4000 м дейін)

Eelume (3000 м дейін)

WellScan TTRD (5000 м дейінгі тік ұңғымалар)

Пайдалану құны бойынша:

Eelume (ұзақ мерзімді перспективада ең үнемді)

WellScan TTRD

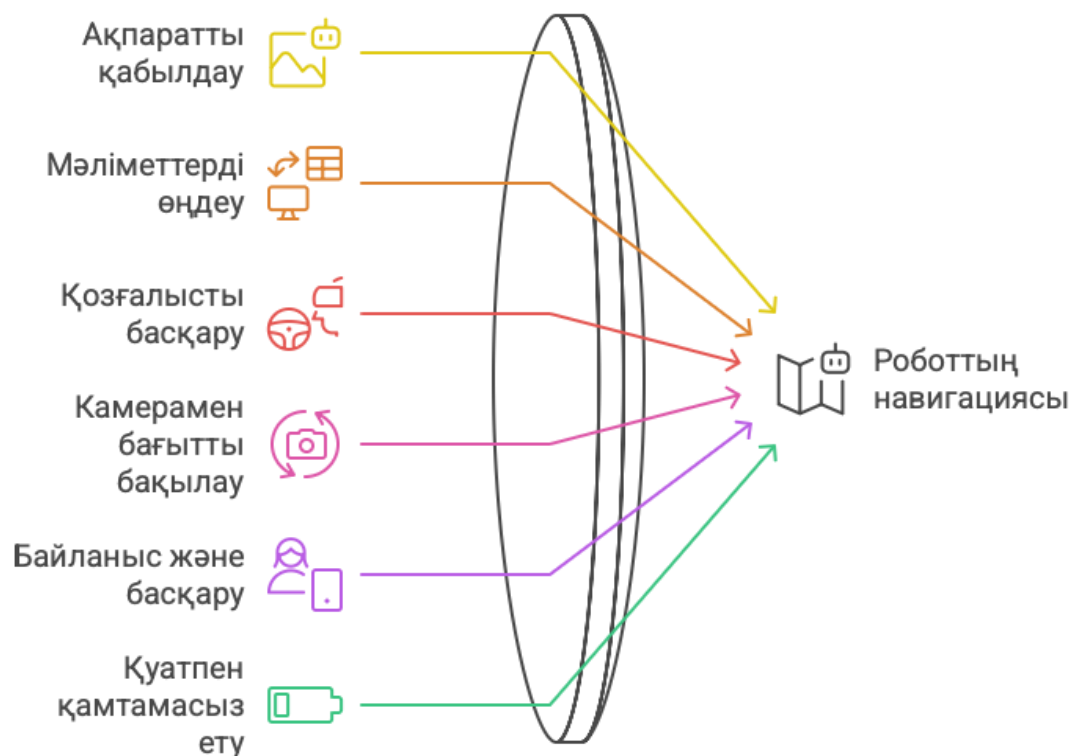
Schilling UHD III

Әмбебаптығы бойынша:

Eelume

Schilling UHD III

WellScan TTRD



2.5-сурет – Роботтың қозғалысын анықтау

Ұңғымаларды бақылауға арналған заманауи роботтық жүйелер жасанды интеллект элементтерімен көбірек жабдықталған, бұл оларға деректерді жинап қана қоймай, оларды нақты уақытта талдауға, ықтимал қауіпті аймақтарды анықтауға және ақаулардың дамуын болжауға мүмкіндік береді. Бұл жоспарлы-профилактикалық қызмет көрсетуден болжамды қызметке көшудің жаңа мүмкіндіктерін ашады, мұнда жөндеу жұмыстары шынымен қажет болған кезде және дәл қажет жерде жүзеге асырылады.

Мұндай жүйелерді енгізудің экономикалық әсерін асыра бағалау қиын. Олар ұңғымалардың тоқтап қалу уақытын едәуір қысқартуға, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және ең бастысы экологиялық апаттар мен үлкен қаржылық шығындарға әкелуі мүмкін ауыр апаттардың алдын алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, роботтарды пайдалану адамдардың қауіпті аймақтарға түсу қажеттілігін болдырмай, жұмыс қауіпсіздігін айтарлықтай арттырады.

Ұңғымаларды бақылауға арналған роботтандырылған жүйелерді дамыту перспективалары жабдықты одан әрі миниатюризациялаумен, жұмыс автономиясын арттырумен, диагностикалық мүмкіндіктерді жетілдірумен және кен орындарының цифрлық егіз жүйелерімен интеграциямен байланысты. Қазірдің өзінде оның жағдайын бақылау үшін қабатқа енгізуге болатын микроб-Роботтар, сондай-ақ су асты тұрғындарының қозғалыс принциптерін көшіретін биомиметикалық жүйелер әзірленуде. Мұның бәрі кез-келген типтегі және кез-келген жағдайда ұңғымалардың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін жаңа көкжиектер ашады.

2.2 Қолданыстағы технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері

Құбыр ішіндегі ақауларды анықтауға арналған қазіргі заманғы робототехникалық жүйелер өзінің жоғары күрделілігімен, бағасының қымбаттығымен және арнайы қолдану талаптарымен ерекшеленеді. Бұл құрылғылар, әдетте, мұнай-газ өнеркәсібінде немесе ірі өндірістік кешендерде пайдаланылады және оларды қолдану тек кәсіби дайындық пен ауқымды техникалық инфрақұрылымы бар ұйымдарға ғана қолжетімді. Осындай шешімдерге мысал ретінде WellScan TTRD, Eelume және Schilling UHD III жүйелерін келтіруге болады. Бұл құрылғылардың техникалық мүмкіндіктері жоғары болғанымен, оларды кең көлемде қолдану күрделі және қымбат.

Аталған жүйелер ультрадыбыстық және электромагниттік сенсорлармен жабдықталған, жоғары қысым мен температура жағдайында жұмыс істей алады және су астындағы тереңдікте автономды режимде бірнеше сағат немесе күн жұмыс істей алады. Сонымен қатар, олар 3D визуализацияны жүзеге асыра алады және жоғары дәлдікпен (± 0.1 мм дейін) металл конструкцияларындағы ақауларды, коррозия мен жарықтарды анықтайды. Алайда, бұл жүйелердің салмағы ондаған килограммға жетіп, қуатты электрмен жабдықтау және арнайы түсіру механизмдерін қажет етеді.

Төменде кәсіби және ұсынылып отырған шешімдердің салыстырмалы талдауы ұсынылған:

Кесте 2.1 - Салыстырмалы талдау

Көрсеткіш	WellScan TTRD	Eelume	Ұсынылып отырған жоба
Жұмыс ортасы	Өнеркәсіптік	Су асты	Зертханалық / тұрмыстық
Автономия	12–18 сағат	6 айға дейін	1–2 сағат
Құны	\$50,000+	\$100,000+	\$100–150
Деректер жинау жүйесі	Сенсорлар кешені	Сенсорлар + ИИ	Камера және қозғалыс
Бақылау әдісі	Арнайы станциялар	Акустикалық жүйе	Wi-Fi арқылы веб-интерфейс
Жөндеу мен техникалық қызметі	Кәсіби бригада	Зауыттық деңгей	Қолмен / DIY

Кестеден көрініп тұрғандай, кәсіби жүйелер тек жоғары бюджетті жобалар үшін тиімді, ал шағын кәсіпорындар мен коммуналдық қызметтерге бейімделген жеңіл, икемді шешімдер қажет. Осындай контексте, ESP32-CAM және ESP8266 негізінде жасалған мобильді роботтың артықшылықтары айқындала түседі.

Ұсынылып отырған құрылғы шағын диаметрлі (200 мм дейін) құбырларды тексеруге арналған, әрі ол әлдеқайда жеңіл және арзанырақ. Оның негізгі элементтері болып ESP32-CAM микроконтроллері және ESP8266 модулі табылады, олар бірігіп камералық бейнеағынды ұйымдастырады және

қозғалтқыштарды қашықтан Wi-Fi арқылы басқарады. Электрмен жабдықтау үшін бірнеше литий-ионды аккумуляторлар пайдаланылады, бұл құрылғыға 1–2 сағат бойы дербес жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Басты ерекшелік — бұл шешімнің модульдік және ашық құрылымы.

Компоненттерінің бәрі қолжетімді және көпшілікке арналған электроника дүкендерінен сатып алуға болады. Сонымен қатар, программалық қамтамасыз етудің ашықтығы (Arduino, ESP-IDF) жүйені кез келген нақты қажеттілікке бейімдеуге мүмкіндік береді. Роботтың шағын өлшемдері оған тұрғын үйлердегі құбырлар, кәріз жүйелері немесе шағын өнеркәсіптік кешендерде жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

ESP32-CAM камерасы Wi-Fi арқылы нақты уақыт режимінде бейнеағын жіберіп отырады. Бұл операторға құбыр ішіндегі жағдайды тікелей көріп, қажет болған жағдайда роботты шұғыл тоқтатуға немесе бағыт өзгертуге мүмкіндік береді. ESP8266 модулі басқару сигналдарын қабылдай отырып, қозғалтқыштардың жылдамдығы мен бағытын реттейді. Осының нәтижесінде пайдаланушы веб-интерфейс немесе смартфон арқылы құбыр ішіндегі роботтың қозғалысын басқара алады.

Ұсынылып отырған роботтың шектеулі мүмкіндіктері де бар. Оның ішінде ең бастысы - сенсорлардың жетіспеушілігі және сыртқы ортаға (су, жоғары қысым, агрессивті орта) төзімсіздігі. Бұл оны тек зертханалық немесе тұрмыстық деңгейде қолдануға қолайлы етеді. Дегенмен, жобаның мақсаты да - қарапайым әрі қолжетімді құрал жасау болғандықтан, бұл шектеулер орынды. Сонымен қатар, болашақта роботқа газ анализатор, ультрадыбыстық датчик немесе температура сенсоры секілді модульдерді қосу арқылы оның мүмкіндіктерін кеңейту қарастырылуда.

Жалпы алғанда, ұсынылып отырған шешім кәсіби жүйелермен тікелей бәсекелесе алмайды, бірақ құны мен қолдану ыңғайлылығы тұрғысынан оны шағын кәсіпорындар, коммуналдық қызметтер мен білім беру ұйымдары үшін оңтайлы етеді. Бұл робот құбыр ішіндегі мәселелерді ерте анықтап, жөндеу шығындарын азайтып, қауіпсіздікті арттыруға көмектесе алады.

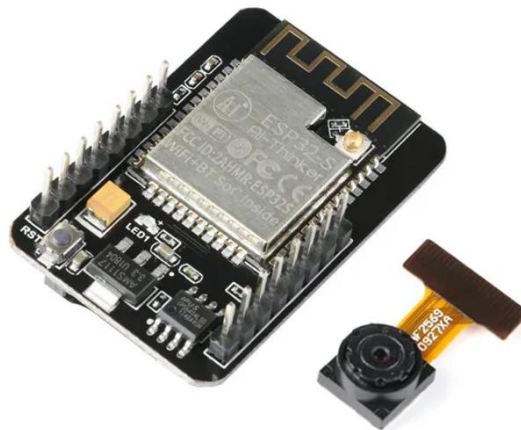
3 Құрылғылық бөлім

3.1 Жүйенің негізгі компоненттері

Роботтың аппараттық негізі - бұл микроконтроллерлік жүйелерден тұратын модульдік құрылым. Әрбір модуль нақты міндетті атқарады: бейнебақылау, қозғалтқыштарды басқару, байланыс және қуатпен жабдықтау. Бұл бөлімде біз негізгі компоненттерді сипаттап, олардың өзара әрекеттесу ерекшеліктерін қарастырамыз.

3.1.1 ESP32-CAM

ESP32-CAM - бұл кірістірілген Wi-Fi және Bluetooth модулі бар төмен қуатты микроконтроллер, оның басты ерекшелігі - *OV2640 камерасын* тікелей басқару мүмкіндігі. Бұл модуль роботтың “көздері” ретінде жұмыс істейді, нақты уақыт режимінде құбырдың ішкі бетінен бейне сигналды түсіріп, Wi-Fi арқылы пайдаланушы құрылғысына жібереді.



3.1-сурет – ESP32-CAM және OV2640 камера модулі

Жалпы сипаттамалары:

Процессор: Dual-core Tensilica LX6 (240 MHz)

Оперативтік жады: 520 KB SRAM

Сыртқы жады: 4 MB PSRAM (кей модельдерде)

Wi-Fi: IEEE 802.11 b/g/n

Bluetooth: BLE 4.2

Камера: OV2640 (2 мегапиксель)

Сақтау: microSD картасын оқу модулі бар

GPIO саны: 9 пайдалануға болатын енгізу/шығару пиндері

Жұмыс кернеуі: 3.3 V

3.1 - суреттегі камера ретінде орнатылған OV2640 сенсоры - арзан әрі кең таралған CMOS модулі. Оның ажыратымдылығы - 1600×1200 пиксельге дейін (UXGA), ал стандартты трансляция жиілігі 15-30 FPS аралығында. Модуль JPEG форматындағы суреттерді немесе MJPEG видеосын жібере алады, бұл жадты үнемдеуге мүмкіндік береді.

Кесте 3.1 - Камера параметрлері

Параметр	Мәні
Сенсор түрі	OV2640 CMOS
Ажыратымдылық	UXGA (1600x1200), SXGA, VGA
Интерфейс	DVP
Жұмыс кернеуі	3.3 В
Кадр жиілігі	15–30 кадр/сек
Көру бұрышы	66–78 градус (линзаға байланысты)
Автофокус	Жоқ
Кескін форматы	JPEG / RGB / YUV

ESP32-CAM-ды жұмысқа қосу үшін FTDI модулі (USB-to-Serial) қажет. ESP32-CAM өздігінен USB портын қолдамайды, сондықтан бастапқы бағдарламалау немесе күйін тексеру үшін FTDI интерфейсі пайдаланылады.

Кесте 3.2 - Қосылу кестесі FTDI ↔ ESP32-CAM

FTDI (USB to TTL)	ESP32-CAM
GND	GND
5V	5V
TX	U0R (GPIO3)
RX	U0T (GPIO1)
IO0	GND (boot mode)

Бағдарлама жүктеу кезінде IO0 пинін GND-ға қосу керек, содан кейін FTDI арқылы скетч жүктеледі. Жүктеу аяқталған соң, IO0 қайта босатылып, құрылғы қайта іске қосылады.

Роботтың ішкі бөлігіне ESP32-CAM модулі линзамен бірге алдыңғы бетке орнатылады. Камера құбырдың ішкі жағына тікелей қарау үшін орналастырылып, оны жарықтандыру үшін шағын LED модульдер (мысалы, 2–4 SMD диод) қосуға болады. Бұл әсіресе құбыр ішінде жарық болмаған жағдайда қажет.

ESP32-CAM сонымен қатар microSD картасын қолдайды. Бұл арқылы бейне ағыннан бөлек, суреттерді немесе жазбаларды сақтау мүмкіндігі бар. Сонымен бірге, құрылғы веб-сервер ретінде жұмыс істеп, бейнені браузер арқылы тікелей көрсетуге мүмкіндік береді.

Роботты іске қосқанда ESP32-CAM Wi-Fi желісін жасайды немесе белгілі бір Wi-Fi желісіне қосылады (STA режимі). Пайдаланушы IP-адрес арқылы құрылғыға браузер арқылы қосылып, бейнені тікелей көре алады және

қозғалысты басқару командаларын жібере алады. Бұл нақты уақыттағы инспекцияны жүргізуге мүмкіндік береді.

Осылайша, ESP32-CAM модулі жобаның маңызды функционалды элементі ретінде қызмет етеді. Оның көмегімен құбырлардың ішкі бетінің нақты көрінісі алынуда, бұл операторға жағдайды толық бағалап, шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Арзан бағасы, Wi-Fi модулі мен камераның біріктірілуі бұл микроконтроллерді осындай робот жүйелерінде қолдануға ең қолайлы етеді

3.1.2 ESP8266 (қозғалтқыштарды басқару)

ESP8266 - бұл арзан, бірақ қуатты микроконтроллер, ол Wi-Fi арқылы мәліметтер алмасу және қарапайым сыртқы құрылғыларды басқару үшін кеңінен қолданылады. Жобада ESP8266 микроконтроллері қозғалтқыштарды басқаратын орталық құрылғы ретінде таңдалды. Оның негізгі мақсаты - Wi-Fi арқылы ESP32-CAM-нан немесе басқа басқару құрылғысынан командалар қабылдау және сол командаларды L298N қозғалтқыш драйвері арқылы нақты қозғалысқа түрлендіру.

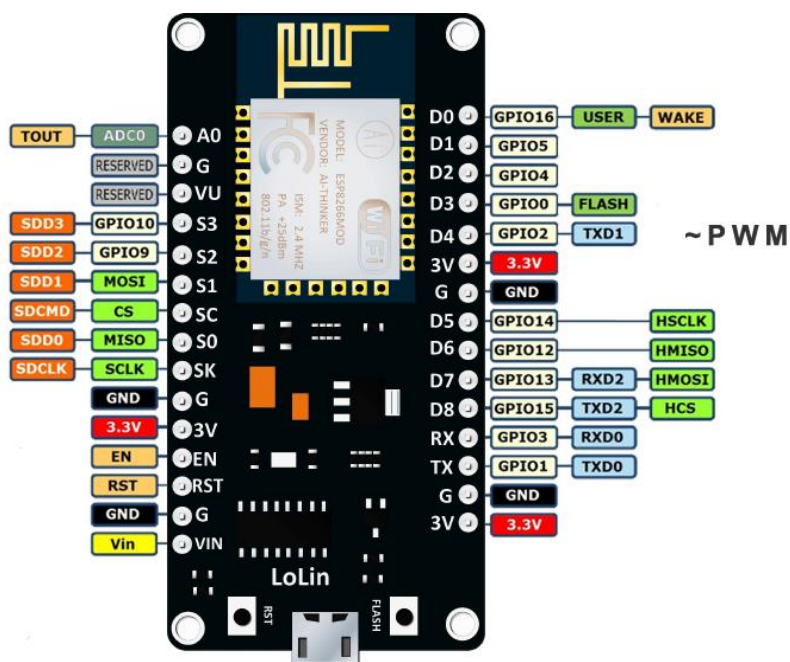
ESP8266 бірнеше нұсқаларда шығарылады, бірақ бұл жоба үшін ең тиімді шешім ретінде NodeMCU форм-факторындағы ESP8266 модулі таңдалды. Бұл нұсқада USB-Serial түрлендіргіші кіріктірілген және ол тікелей компьютерге қосылып, бағдарламалана алады. Сонымен қатар, бұл модульде 10-нан астам General Purpose Input/Output (GPIO) пині бар, олардың көмегімен қозғалтқыштардың бағыты мен жылдамдығын басқаруға болады.

ESP8266 құрылғысының басты ерекшелігі — Wi-Fi желісіне оңай қосылып, HTTP немесе WebSocket протоколы арқылы деректер қабылдау және жіберу мүмкіндігі. Жоба контекстінде бұл модуль басқару веб-интерфейсінен алынған командаларды өңдеп, оларды мотор контроллерге бағыттайды. Мысалы, егер оператор браузердегі «алға» батырмасын басса, ESP8266 бұл команданы қабылдайды, оны талдайды және сәйкес GPIO пиндері арқылы L298N драйверіне HIGH/LOW логикалық сигнал береді. Осы сигналдар қозғалтқыштың айналу бағытын анықтайды.

Қозғалысты басқару принципі қарапайым: ESP8266 бір мотордың екі кіріс пиніне HIGH және LOW сигналдарын жібереді. Бұл арқылы мотор алға немесе артқа қозғала бастайды. Егер екі мотор бірдей сигнал алса, робот тура қозғалады; егер сигналдар қарама-қарсы болса, онда робот бұрылады.

ESP8266-ның тағы бір маңызды артықшылығы - оның HTTP серверін орната алуы. Бұл мүмкіндік микроконтроллерді «басқару орталығы» ретінде пайдалануға жол ашады. Пайдаланушы жай ғана смартфон немесе компьютерден ESP8266 IP-адресіне кіріп, дайын веб-бет арқылы роботтың қозғалысын бақылай алады. Барлық басқару интерфейсі HTML және JavaScript көмегімен жасалады, ал ESP8266 бұл веб-бетті жадыдан береді және батырмалар арқылы түсетін командаларды өңдейді.

Төмендегі суретте ESP8266 NodeMCU модулінің пин-аут схемасы келтірілген. Бұл схема қозғалтқыш драйверіне қандай пиндер арқылы сигнал берілетінін түсінуге көмектеседі.



3.2-сурет – ESP8266 NodeMCU пин-аут диаграммасы

ESP8266 және L298N арасында байланыс орнату үшін 4 негізгі GPIO пин пайдаланылады: екеуі бір мотор үшін, тағы екеуі екінші мотор үшін. Сонымен қатар, PWM сигналдарын генерациялау арқылы мотор жылдамдығын реттеуге де болады. Бұл жобада роботтың тұрақты және жұмсақ қозғалысын қамтамасыз ету үшін ESP8266-ның analogWrite (PWM) мүмкіндігі де қолданылады.

Электрмен жабдықтау жағына келсек, ESP8266 модулі 3.3 В кернеуде жұмыс істейді. Сондықтан оны қоректендіру үшін 5 В батареядан кейінгі step-down реттегіш немесе USB қуат көзі қолданылады. Егер ESP8266 тікелей аккумулятордан қоректенсе, тұрақтандырылған кернеуді қамтамасыз ету өте маңызды, себебі тұрақсыз ток микроконтроллердің күйіп кетуіне әкелуі мүмкін.

ESP8266 модулі роботтың «миды» ретінде жұмыс істейді: ол барлық басқару командаларын қабылдайды, талдайды және физикалық қозғалысты жүзеге асырады. Оның икемді архитектурасы мен кең қолдауы, ашық бастапқы кодты кітапханалар арқылы бағдарламалану ыңғайлылығы жобаны дамытуды және кеңейтуді жеңілдетеді.

ESP8266 микроконтроллер, нақтырақ айтқанда, NodeMCU нұсқасында қолданылған жағдайда, роботтың Wi-Fi арқылы қабылдайтын командаларын тұрақты түрде өңдеуіне және қозғалыс жүйесін басқаруына мүмкіндік береді. Бұл құрылғы ESP32-CAM модулінен бөлек жұмыс істейді, бірақ екеуі Wi-Fi желісі арқылы бір-бірімен байланысып, деректермен алмасады. Осылайша,

ESP8266 қозғалтқыштармен «төмен деңгейде» жұмыс істейтін болса, ESP32-CAM жоғары деңгейде бейнені өңдеп, Wi-Fi желісін құру немесе оған қосылу арқылы пайдаланушы интерфейсін қамтамасыз етеді.

Жобаның негізгі архитектурасы төмендегідей ұйымдастырылған:

- ESP32-CAM веб-сервер ретінде жұмыс істейді, онда бейне ағынды көрсететін және пайдаланушы батырмалары арқылы роботты басқаруға арналған веб-бет орналасқан.
- Пайдаланушы веб-бетке кіріп, мысалы, «оңға бұрылу» батырмасын басады.
- Бұл әрекет HTTP немесе WebSocket арқылы ESP8266 модуліне арнайы команда ретінде жіберіледі (мысалы, GET /right).
- ESP8266 микроконтроллері бұл команданы қабылдап, оны талдайды, содан соң өз GPIO пиндері арқылы мотор драйверіне сигнал береді.
- Драйвер моторға керекті токты беріп, қозғалысты жүзеге асырады.

ESP8266 жұмысын сенімді ету үшін бірнеше техникалық аспектілер ескерілуі қажет. Біріншіден, Wi-Fi сигналын жоғалтқан жағдайда микроконтроллердің «қатып қалуын» болдырмау үшін watchdog timer механизмін қолдануға болады. Бұл мүмкіндік арқылы микроконтроллер өзін қайта іске қосып, басқаруға қайта қосыла алады. Екіншіден, кіріс командалардың дұрыстығын тексеру керек. Мұнда JSON немесе арнайы түйінді сөздерді қолданып командаларды шифрлау әдісі қолданылуы мүмкін, бұл кездейсоқ сигналдарды сүзуге көмектеседі.

Программалық жағынан ESP8266 Arduino IDE арқылы өте оңай бағдарламаланады. Ол үшін ESP8266WiFi.h және ESP8266WebServer.h кітапхана лары қолданылады. ESP8266-ны Wi-Fi желісіне қосып, HTTP сервер ретінде баптау үшін төмендегідей негізгі код құрылымы пайдаланылады:

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
const char* ssid = "YourSSID";
const char* password = "YourPassword";
ESP8266WebServer server(80);
void setup() {
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
  server.on("/forward", []() {
    // GPIO пиндерін орнатып, моторды алға бағыттау
  });

  server.begin();
```



```

    }
    void loop() {
        server.handleClient();
    }

```

Бұл код фрагменті ESP8266-ны веб-серверге айналдырады. Әр URL-сұраныс белгілі бір қозғалыс командасына сәйкес келеді. Осылайша, қарапайым веб-браузер арқылы роботты басқаруға болады. Сонымен қатар, бұл архитектура өте жеңіл болғандықтан, ол төмен ресурстардағы микроконтроллерде де тұрақты жұмыс істейді.

ESP8266-ның тағы бір маңызды функциясы - оның желілік режимін өзгерте алу қабілеті. Егер қажеттілік болса, модуль Wi-Fi роутерге қосылып қана қоймай, жеке Access Point (AP) ретінде де жұмыс істей алады. Бұл режим әсіресе робот сыртқы Wi-Fi желісіне қосыла алмайтын жағдайда пайдалы. AP режимінде ESP8266 өзінің Wi-Fi желісін құрады, ал пайдаланушы сол желіге қосылып, роботты тікелей басқара алады.

Жобадағы ESP8266 модулі өз алдына дербес қабылдау-басқару орталығы ретінде қызмет атқарады. Ол ESP32-CAM модулінен тәуелсіз жұмыс істеп, қозғалыс командаларын басқара алады. Бұл жүйені модульдік етеді және ақау шыққан жағдайда белгілі бір бөлікті жеке түрде қайта іске қосуға немесе ауыстыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, ESP8266 - бұл жобаның динамикалық жүрегі. Ол қарапайым интерфейстермен қатар, сенімді жұмыс істейтін, оңай бағдарламаланатын, және өте қолжетімді микроконтроллер. Оның көмегімен қозғалысты нақты уақытта басқару, командаларды өңдеу және роботтың физикалық қимылдарын дәл іске асыру мүмкін болады. Бұл компонент роботты тек бейнелеуші құрылғы ғана емес, толық басқарылатын мобильді жүйеге айналдырады.

3.1.3 Драйвер қозғалтқышы (L298N)

Мобильді роботтың қозғалтқыштарын басқару үшін ESP8266 микроконтроллері жеткіліксіз, өйткені оның GPIO пиндері аз ток береді және тұрақты ток (DC) қозғалтқыштарын тікелей қосуға арналмаған. Сондықтан жүйеде қозғалтқыш драйвері - L298N модулі қолданылады. Бұл құрылғы ESP8266 және қозғалтқыштар арасындағы делдал ретінде әрекет етеді, логикалық сигналдарды қажетті ток пен кернеуге түрлендіреді.

L298N - бұл екі арналы H-мосты түріндегі драйвер, ол бір мезетте екі тұрақты ток қозғалтқышын басқаруға мүмкіндік береді. Ол 5-46 В аралығындағы жүктемелік кернеуді және әр канал бойынша 2 А дейінгі тоқты өңдей алады. Бұл модуль тікелей аккумулятордан қозғалтқышқа қажетті қуатты беріп, ESP8266-дан логикалық басқару сигналдарын қабылдайды.

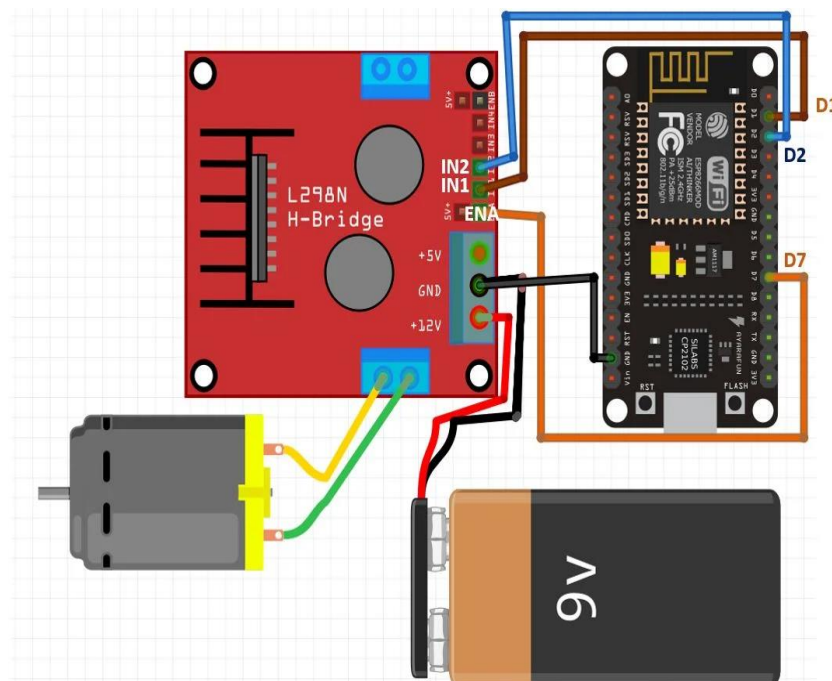
L298N модулі үш негізгі блоктан тұрады:

Қуат бөлігі — мұнда сыртқы қорек көзі (батареялар) арқылы қозғалтқыштарға қажетті ток беріледі.

Басқару бөлігі — GPIO сигналдары арқылы қозғалтқыштың бағыты мен жылдамдығы реттеледі.

Логикалық бөлігі — микроконтроллермен байланыс орнатады.

Төмендегі схема, яғни, 8 - сурет ESP8266, L298N және қозғалтқыштардың арасындағы байланыс құрылымын бейнелейді:



3.3-сурет – ESP8266 және L298N арасындағы қосылу схемасы

Қарапайым басқару үшін L298N модуліне келесі пиндер жалғанады (сурет - 3.3):

IN1, IN2 - бірінші қозғалтқыштың бағытын басқарады

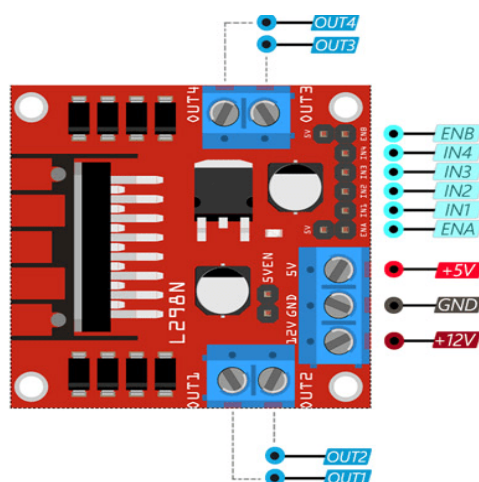
IN3, IN4 - екінші қозғалтқыш үшін

ENA, ENB - PWM арқылы жылдамдықты басқаруға мүмкіндік береді

VCC (12V) - батареядан қуат

GND - ортақ жер

5V (опция) -логикалық қуат, бірақ ESP8266 арқылы беруге болмайды.



3.4-сурет – L298N модулінің пин-аут диаграммасы

ESP8266 модулі IN1–IN4 пиндеріне HIGH немесе LOW сигналдарын береді. Мысалы, IN1=HIGH және IN2=LOW болса, мотор белгілі бір бағытта айналады; егер керісінше болса — басқа бағытта. Егер екі сигнал да LOW болса - мотор тоқтайды.

PWM сигналдары арқылы мотор жылдамдығы басқарылады. ESP8266 analogWrite() функциясын пайдаланып, ENA немесе ENB пиндеріне 0 - 255 диапазонында сигнал жіберіп, мотордың айналу жылдамдығын реттей алады. Бұл мүмкіндік роботтың қозғалысын жұмсақ, біртіндеп іске қосуға немесе бәсеңдетуге жағдай жасайды.

Жобада L298N драйверінің тағы бір артықшылығы - оның қорғаныс мүмкіндіктері. Ол ішкі диодтар арқылы қозғалтқыш инерциясынан пайда болатын «кері ток» әсерінен ESP8266 немесе басқа компоненттердің күйіп кетуінен қорғайды. Сонымен қатар, ол 5 В логикасымен жұмыс істейді, бұл ESP8266-мен тікелей үйлеседі.

Қуат жүйесін ұйымдастыру да ерекше назар аударуды қажет етеді. Қозғалтқыштарға арналған ток аккумулятордан (мысалы, 7.4 В Li-ion батарея пакеті) беріледі, ал ESP8266 жеке step-down модуль арқылы 3.3 В немесе 5 В деңгейінде қоректенеді. Бұл жүйе энергия көздерін оңтайлы қолдануға мүмкіндік береді және қуаттың жетіспеуінен туындайтын сәтсіздіктерден сақтайды.

Қосылғаннан кейін L298N модулі тек логикалық сигналдар арқылы қозғалтқыштың толық басқарылуын қамтамасыз етеді: алға, артқа, тоқтау, оңға және солға бұрылу. ESP8266 осы функциялардың барлығын HTTP командалар арқылы іске қосады, ал драйвер бұл командаларды физикалық қозғалысқа айналдырады.

ESP8266 және L298N арқылы робот қозғалысын басқару



3.5-сурет – ESP8266 және L298N арқылы робот қозғалысын басқару

Осылайша, L298N драйвері - бұл роботтың механикалық қозғалысын жүзеге асыратын негізгі интерфейс. Ол ESP8266 сигналдарын қабылдайды және оларды нақты ток пен кернеу арқылы моторларға жеткізеді. Бұл модуль жобаның тұрақты, сенімді және икемді жұмыс істеуін қамтамасыз ететін маңызды компонент болып табылады.

3.1.4 Қозғалтқыштар

Мобильді роботтың негізгі міндеті - құбыр ішіндегі кеңістікте дәл және сенімді қозғалу. Бұл міндетті іске асыру үшін қозғалыс жүйесінің тиімділігі өте маңызды. Осы жобада қозғалтқыш ретінде тұрақты ток (DC) қозғалтқыштары таңдалды. Бұл шешім оның қарапайымдылығы, құнының төмендігі және басқару жеңілдігімен байланысты.

DC мотор - электрлік қуатты механикалық айналмалы қозғалысқа айналдыратын құрылғы. Ол екі негізгі компоненттен тұрады: айналатын ротор және қозғалмайтын статор. Электр тогы орама арқылы өтіп, магнит өрісі пайда болады, ол қозғалысты туғызады. Осы негізде қозғалтқыштар жеңіл айналады және айналу бағыты берілген токтың полярлығына байланысты өзгереді.

Шагтік қозғалтқыштармен салыстырғанда DC моторлар арзанырақ, аз токпен жұмыс істейді және қарапайым PWM сигналдарымен басқаруға оңай бейімделеді. Бұл біздің роботқа ерекше ыңғайлы, себебі басқару логикасы ESP8266 арқылы жүзеге асады, ал L298N драйвері осы сигналдарды моторларға жеткізеді.

Жобада қолданылған DC моторлардың параметрлері:

Номиналды кернеу: 6–12 В

Жұмыс тогы: 200–400 мА

Бос жүрістегі жылдамдық: 150–300 айн/мин (RPM)

Бұришағы бар (редуктормен): 1:48–1:120

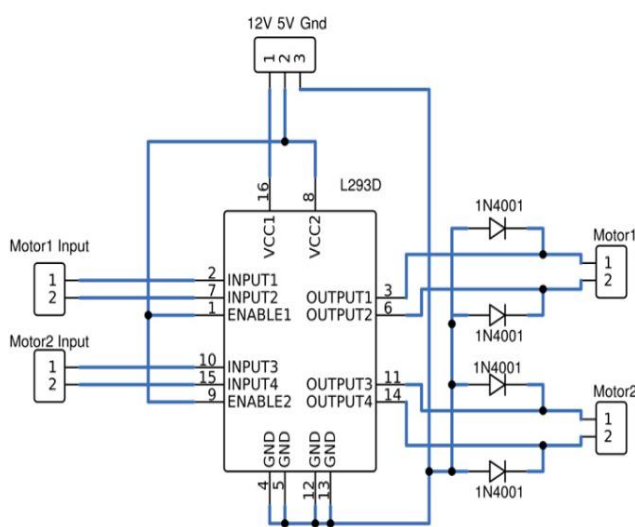
Диаметрі: 25–30 мм

Ұзындығы: 70–90 мм

Тасымалдау моменті: 1.5–3 кг·см

Редуктордың болуы мотор жылдамдығын төмендетіп, моментті арттыруға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе құбыр ішіндегі тартылыс пен кедергілерге қарсы қозғалу үшін қажет. Қарапайым мотор құбырдың ішімен тік немесе көлбеу бетте қозғала алмайды, ал редукторлы мотор тіпті 30–45° еңісте де сенімді жұмыс істеуге қабілетті.

Моторлар робот шассиінің екі жағынан орнатылады, әр мотор бір дөңгелекті айналдырады. Егер екі мотор да бір бағытта айналса - робот түзу жүреді. Егер бір мотор тоқтап, екіншісі айналса - робот бұрылады. Екі мотор қарама-қарсы айналса - робот өз орнында айналады. Осы қозғалыс логикасы 3.6 - суретте көрсетілгендей L298N драйверінің IN1-IN4 пиндеріне берілетін сигналдар арқылы іске асырылады, оларды ESP8266 басқарады. Төмендегі сызбада қозғалтқыштың жалпы құрылымы және оның драйвер арқылы қосылуы көрсетілген:



3.6-сурет – Қозғалтқыштарды L298N драйвері арқылы қосу схемасы

Қосылу құрылымы қарапайым: мотордың екі шығысы L298N модулінің MOTOR A немесе MOTOR B терминалына қосылады. Драйвердің кіріс пиндері (IN1–IN4) ESP8266-ға жалғанады, ал ENA/ENB пиндеріне PWM сигналдары жіберіледі. Осылайша, айналу бағыты мен жылдамдығы толық бақыланады.

Қосымша ретінде роботтың дөңгелектерін резеңкеленген немесе тасымалдау жүктемесіне бейімделген құрылыммен жабдықтау ұсынылады. Бұл қозғалыс кезінде сырғанауды азайтады және күрделі жерлерден өту мүмкіндігін

арттырады. Қозғалтқыш білігі мен дөңгелек арасына муфта немесе берік шестерня механизмі қолданылады, ол қуат беруді сенімді етеді.

Қуатпен жабдықтау бөлігінде моторлар үшін жеке аккумулятор қолданылады (мысалы, 7.4 В литий-ион батареясы). Бұл шешім ESP8266 мен ESP32-CAM-ның логикалық бөлігінен мотор қуатын оқшаулап, жүйенің тұрақтылығын арттырады. Батареядан келетін кернеу L298N драйвері арқылы моторға беріледі, ал ESP8266 тек логикалық басқару сигналдарын қамтамасыз етеді.

Қозғалтқыштарды ұзақ жұмыс істеуге бейімдеу үшін жылу таратқыш (радиатор) немесе қысқа жұмыс циклдерін пайдалану маңызды. Себебі ұзақ жүктеме кезінде мотор қызып, жүйенің тиімділігі төмендеуі мүмкін.

Тұрақты ток қозғалтқыштары бұл роботтың қозғалысын сенімді және икемді қамтамасыз ететін негізгі жетектер. Олардың қарапайымдылығы, бағасының төмендігі және кең қол жетімділігі жобаны қолжетімді әрі практикалық етеді. Ал редуктормен үйлесімділік мотордың күші мен тұрақтылығын арттырып, құбыр ішінде тиімді жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

3.1.5 Электрмен жабдықтау көзі (батареялар, кернеуді тұрақтандыру)

Мобильді роботтың тұрақты және сенімді жұмысы үшін энергия көзі аса маңызды рөл атқарады. Роботта бірнеше модульдер жұмыс істейді: ESP32-CAM бейне ағыны мен Wi-Fi байланысын жүзеге асырады, ESP8266 қозғалтқыштарды басқарады, ал L298N драйвері тұрақты ток қозғалтқыштарына қуат жеткізеді.

Барлық осы жүйелер әртүрлі кернеу мен ток деңгейлерін талап етеді, сондықтан жобада қуатты тиімді бөлу мен тұрақтандыру ерекше назар аударуды қажет етеді.

Жобада қуат көзі ретінде литий-ион (Li-ion) аккумуляторлары пайдаланылады. Олар жеңіл, сыйымдылығы жоғары және қайта зарядтауға бейімделген. Ең тиімді шешім ретінде 2S 7.4 В аккумулятор пакеті (2×18650) таңдалды. Бұл аккумуляторлар толық зарядта 8.4 В дейін, ал толық разрядта 6.4 В шамасында қуат береді. Бұл диапазон L298N драйвері мен DC қозғалтқыштары үшін жеткілікті. Энергия үнемдеу және экологиялық қауіпсіздік мақсатында еліміз атом электр станциясын салу туралы шешім қабылдады [5].

Аккумуляторлық қуат тікелей моторларға арналған, ал микроконтроллерлер үшін кернеу төмендетіліп берілуі қажет. Себебі:

ESP32-CAM 5 В немесе 3.3 В кернеуде жұмыс істейді, бірақ 3.3 В тұрақтылық қажет.

ESP8266 (NodeMCU) 5 В USB арқылы немесе VIN пині арқылы қоректенеді, бірақ өзі 3.3 В логикамен жұмыс істейді.

Осы айырмашылықтарды ескере отырып, қуатты бөлу схемасы келесі құрылымда ұйымдастырылады:

L298N драйвері батареядан 7.4 В қуатты тікелей алады және оны моторларға береді. ESP8266 және ESP32-CAM бөлек AMS1117 немесе MP1584

сияқты step-down (төмендеткіш) тұрақтандырғыштар арқылы қоректенеді. Бұл компоненттер 7.4 В-ты 5 В немесе 3.3 В деңгейге дейін төмендетіп, микроконтроллердің жануын болдырмайды.

Төменде типтік қуат схемасының графикалық көрінісі ұсынылады:



3.7-сурет – Қуатты бөлу және тұрақтандыру схемасы

Бұл сызбада 18650 батареялар арқылы мотор драйверіне қуат беріледі, ал ESP модульдер тұрақтандырылған кернеу арқылы қоректенеді. Бөлек қуат контурлары жүйенің жұмысын тұрақтандыруға көмектеседі. Себебі моторлар іске қосылған сәтте токтың күрт өзгеруі ESP модульдердің қайта жүктелуіне немесе «қатып қалуына» әкелуі мүмкін.

Step-down модульдердің артықшылықтары көп. Мысалы, MP1584 buck-конвертері ықшам, жоғары тиімділікке ие және кіріс кернеуінің ауытқуына қарсы тұрақтылықты қамтамасыз етеді. AMS1117 чипі қарапайым құрылымымен және Arduino жобаларында кең таралуымен белгілі. Бұл компоненттер жинақталуы оңай әрі арзан.

Қуат жүйесін жобалау кезінде жұмыс уақыты да есептелуі қажет. 2×18650 батарея (әрқайсысы 2600 мА·сағ) роботқа 1–2 сағат автономды жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Бұл есеп қозғалтқыштардың 400 мА, ал ESP модульдердің 200 мА шамасында ток тұтынуына негізделеді. Wi-Fi модульдер жұмыс істеген кезде ток тұтыну жоғарылайды, сондықтан батарея сыйымдылығын арттыру (мысалы, 3400 мА·сағ элементтерді пайдалану) автономияны ұлғайтады.

Қуаттандыру қауіпсіздігі үшін қысқа тұйықталуға және кернеудің төмендеуіне қарсы қорғаныс қажет. Бұл үшін батареялар BMS (Battery Management System) тақтасымен қорғалады. Ол аккумуляторды толық зарядтаудан, артық разрядтан және токтың шектен тыс көбеюінен қорғайды. Сонымен қатар, батареяларды зарядтау үшін TP4056 сияқты модульдерді қолдануға болады - бұл USB арқылы зарядтау және қорғау функциясын біріктіретін құрылғы.

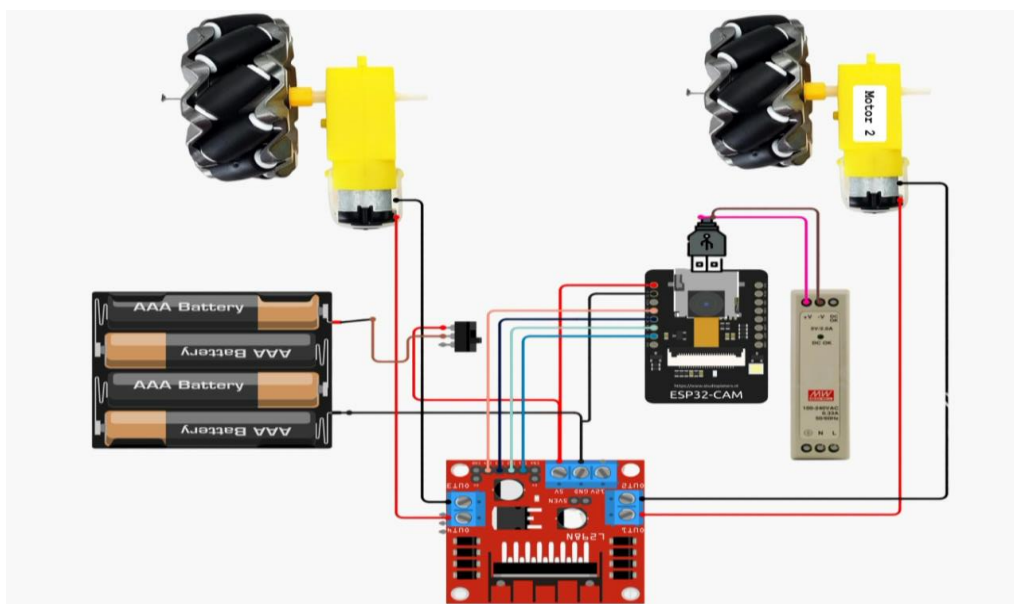
Қуатты басқарудың тағы бір маңызды элементі — қосқыштар мен ажыратқыштар. Модульдер мен аккумуляторларды ажырату мүмкіндігі

құрылғыны тасымалдау кезінде немесе жөндеу алдында қауіпсіздік шараларын қамтамасыз етеді. Түймелер немесе микровыключательдер қуатты басқару интерфейсі ретінде орналастырылады.

3.2 Қосылыс схемасы

Мобильді роботтың дұрыс жұмыс істеуі үшін оның барлық компоненттері - камералық модуль, қозғалтқыштарды басқару жүйесі, қуат көзі мен байланыс модульдері — нақты және үйлесімді түрде өзара біріктірілуі қажет. Бұл бөлімде біз жалпы архитектуралық сұлбаны, негізгі қосылымдарды және олардың арасындағы логикалық өзара әрекеттестікті талдаймыз.

Робот екі негізгі «микросистемаға» негізделген: бірі - ESP32-CAM, ол камера және веб-интерфейс арқылы бейнені береді, ал екіншісі - ESP8266, ол қозғалтқыштарды басқару үшін HTTP командаларды қабылдайды. Бұл екі модуль бір Wi-Fi желісінде жұмыс істейді және өзара логикалық байланыс орнатады, бірақ аппараттық тұрғыдан бір-біріне тікелей қосылмайды. Алайда оларды бір қуат жүйесі арқылы қоректендіруге болады - тек әрқайсысына кернеуді жеке тұрақтандыру қажет. Жобада қолданылған компоненттер мен алгоритмдер болашақта кеңейтілген мониторинг жүйелеріне ықпалдасу үшін маңызды негіз бола алады [6].



3.8-сурет – ESP32-CAM қосылым схемасы

3.2.1 ESP32-CAM және ESP8266 өзара әрекеттесуі

Жобада ESP32-CAM және ESP8266 екі түрлі міндет атқарады, бірақ олар бірге жұмыс істеп, роботтың толық функционалдығын қамтамасыз етеді. Бұл

архитектура модульді және жүйені икемді етуге, жеке блоктарды тәуелсіз дамытуға мүмкіндік береді.

ESP32-CAM - бұл көз және басқару интерфейсі. Ол камера арқылы бейне ағын түсіреді және Wi-Fi арқылы пайдаланушыға веб-браузерде көруге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ESP32-CAM веб-интерфейс жасайды: қарапайым HTML бет, онда басқару батырмалары орналасқан ("Алға", "Артқа", "Солға", "Оңға", "Тоқтау"). Пайдаланушы осы батырмаларды басқанда, ESP32-CAM желі арқылы ESP8266-ға HTTP сұраныс жібереді.

ESP8266 - бұл қозғалысты басқару орталығы. Ол ESP32-CAM-нан келіп түскен HTTP сұранысты қабылдап, оның мазмұнына сәйкес қозғалтқыш драйверіне логикалық сигналдар береді. Осылайша, роботтың қозғалысы нақты уақыт режимінде басқарылады.

Желі архитектурасы

ESP32-CAM екі режимде жұмыс істей алады:

Access Point (AP) режимі - ол өзінің Wi-Fi желісін құрып, пайдаланушыны тікелей өзіне қосады.

Station (STA) режимі - ол бар желіге қосылып, ESP8266-пен бірге бір Wi-Fi ішінде жұмыс істейді.

Көп жағдайда STA режимі ыңғайлы, себебі ол ESP32-CAM және ESP8266-ны бір маршрутизаторға қосып, олардың арасындағы байланыс үшін IP-мекенжайларды жеңіл басқаруға мүмкіндік береді.

Пайдаланушы веб-браузерде ESP32-CAM веб-серверін ашады. Интерфейс HTML беті түрінде ұйымдастырылған. Бұл бетте әр батырма бірегей HTTP сұранысты іске қосады, мысалы:

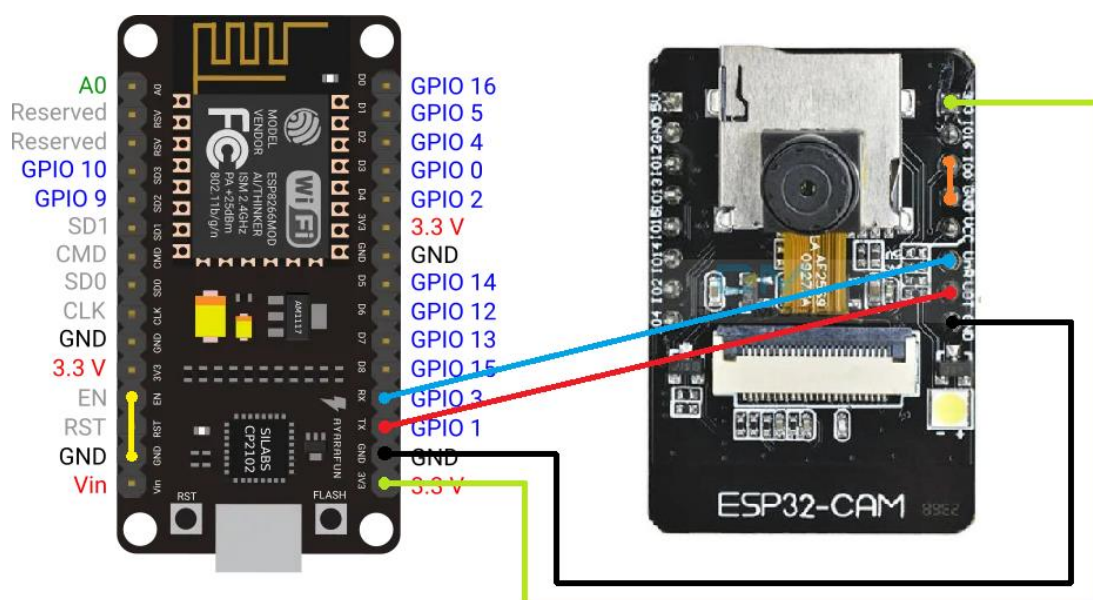
<http://192.168.1.15/forward>

<http://192.168.1.15/left>

<http://192.168.1.15/right>

ESP8266 өзінің IP-мекенжайын (мысалы, 192.168.1.15) желі ішінде алады және осы сұраныстарды тыңдайды. Әр сұраныс белгілі бір қозғалыс командасына сәйкес келеді. ESP8266 ESP8266WebServer.h кітапханасы арқылы HTTP сервер ретінде жұмыс істеп, сұранысты талдайды және қозғалтқыш драйверіне сәйкес сигнал береді.

Төменде ESP32-CAM мен ESP8266 арасындағы байланыс архитектурасы көрсетілген:



3.9-сурет – ESP32-CAM және ESP8266 арасындағы өзара әрекеттесу диаграммасы

Қысқаштама:

ESP32-CAM бейне ағынды және басқару интерфейсін береді. Пайдаланушы интерфейстегі батырманы басқанда, ESP32-CAM ESP8266-ға HTTP GET сұраныс жібереді. ESP8266 қозғалыс командасын таниды және L298N драйвері арқылы қозғалтқышты басқарады. Нәтижесінде робот алға, артқа немесе бұрылып қозғалады.

ESP32-CAM ішінде орналасқан HTML коды қарапайым. Әр батырма

ESP8266 әрбір URL-сұранысқа реакция жасап, қозғалтқыштардың бағытын өзгертеді. Мысалы, «/forward» сұранысы моторды алға айналдырады. Бұл өте жеңіл архитектура, бірақ өте сенімді.

ESP32-CAM және ESP8266 арасындағы өзара әрекеттесу қарапайым, бірақ тиімді шешім болып табылады. Коммуникация толығымен Wi-Fi арқылы жүреді, ешқандай физикалық байланыс қажет емес. Мұндай тәсіл роботты әрі жеңіл, әрі модульді етеді — әрбір микроконтроллер тек өз міндетін атқарады және қажет болса, тәуелсіз түрде жаңартылып немесе ауыстырылып отыра алады.

4 Бағдарламалық бөлім

4.1 ESP32-CAM баптауы

Бұл жобада ESP32-CAM микроконтроллері роботтың көру жүйесі ретінде қолданылады. Оның басты функциясы — құбыр ішіндегі кеңістікті нақты уақыт режимінде түсіру және алынған бейнені Wi-Fi арқылы операторға жеткізу. Жүйенің көмегімен құбырдың ішкі бетін визуалды тексеруге болады, бұл бөгеттерді, жарықтарды немесе коррозиялық зақымдануларды ерте анықтауға мүмкіндік береді.

ESP32-CAM тікелей роботтың алдыңғы жағына орналастырылады және қозғалыс бағытымен бір сызықта орналасқан. Бұл камера құбыр ішіне тікелей бағытталып, шынайы кескіндерді түсіруге мүмкіндік береді. Қарапайым және қолжетімді OV2640 сенсоры 640×480 немесе 320×240 рұқсаттарда жұмыс істей алады, бұл жадты үнемдеумен қатар, жеткілікті бейне айқындылығын қамтамасыз етеді. Кескінді дәл беру — құбыр ішіндегі инспекция үшін аса маңызды, себебі оператор экранда көріп тұрған ақаулардың нақты сипатын түсіне алуы керек.

ESP32-CAM камерасы тек бейнені түсіріп қана қоймайды, сонымен қатар Wi-Fi модулі арқылы локалдық желіге қосылады. Жобада камера Wi-Fi Station (STA) режимінде жұмыс істейді: ол үйдегі немесе зертхана ішіндегі роутерге қосылып, IP-адрес алады. Пайдаланушы кез келген смартфоннан немесе ноутбуктан осы IP-адрес арқылы камераға кіріп, тікелей бейнені көре алады.

Камераның жұмыс логикасы келесідей:



4.1-сурет – Камераның жұмыс логикасы

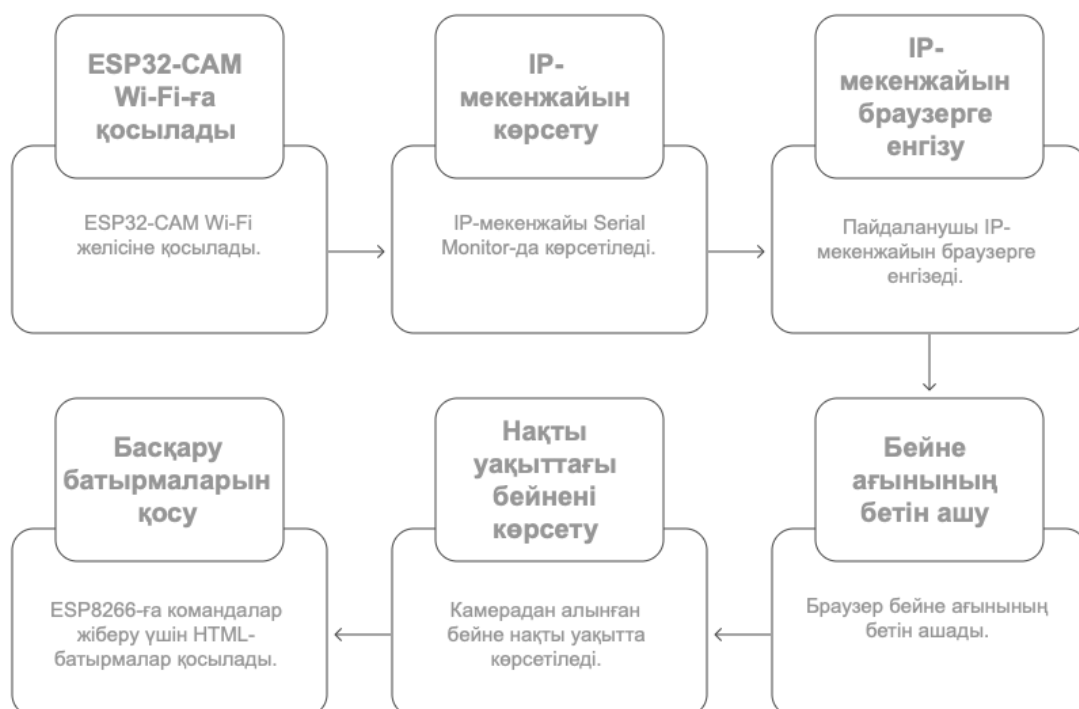
1. ESP32-CAM қосылған кезде Wi-Fi желісіне қосылады.
2. Камера инициализацияланады және веб-сервер іске қосылады.
3. Пайдаланушы браузерге IP-адрес енгізіп, бейне ағынын көреді.
4. HTML-интерфейсте орналасқан басқару батырмалары арқылы пайдаланушы қозғалыс командаларын жібереді.
5. Бұл командалар ESP8266 модуліне бағытталып, моторларды іске қосады.

Яғни, ESP32-CAM бір уақытта екі функция атқарады: визуализация (бейне) және интерфейс (басқару). Бұл модульдің басты артықшылығы - жүйені жеңіл әрі автономды етуі. Жоба көлемінде мен сыртқы монитор немесе қосымша экрансыз жұмыс істей аламын: кез келген Wi-Fi құрылғы (смартфон, ноутбук) арқылы роботты көріп және басқара аламын.

ESP32-CAM кітапханасының ішінде дайын сервер бар, сондықтан мына жолды қосу жеткілікті:

Скетч жүктелгеннен кейін:

- ESP32-CAM Wi-Fi желісіне қосылады;
- Serial Monitor-да IP-мекенжайы шығады, мысалы: 192.168.1.73;
- Браузерді ашып, осы IP-мекенжайды енгізесіз → камерадан бейне ағыны көрсетілетін бет ашылады (егер батырмалар қолмен қосылса);
- Браузер нақты уақыт режимінде камерадан алынған бейнені көрсетеді;
- Кейін бұл бетке ESP8266-ға командалар жіберетін HTML-батырмаларды қосуға болады.



4.2-сурет – ESP32-CAM бейне ағынын орнату

Камераның орналасуы мен жарықтандыруы да ескерілді. Робот құбыр ішінде жұмыс істейтіндіктен, жарық көзі ретінде ESP32-CAM-ның LED-диод пайдаланылды. Қажет болса, қосымша SMD-LED жарық модульдері де орнатуға болады, себебі құбыр ішінде табиғи жарық болмауы мүмкін.

Жобада камера рұқсаты мен кадр жиілігі (FPS) арасындағы тепе-теңдік табылды: жоғары рұқсаттар бейне сапасын арттырады, бірақ жүйенің ресурсын көбірек талап етеді. Сондықтан 320x240 немесе 640x480 рұқсатты пайдалану оңтайлы шешім болды. Бұл режимде бейне жеткілікті анық, ал Wi-Fi өткізу қабілеті жеткілікті.

Кодтық жағынан ESP32-CAM модулі `esp_camera.h` және `WiFi.h` кітапханалары арқылы бағдарламаланады. Бейне сервер MJPEG ағынын қамтамасыз етеді, ал HTML бет арқылы

пайдаланушы басқару батырмаларын басу арқылы қозғалысты қашықтан іске қоса алады.

Осылайша, ESP32-CAM - жобада тек камера ғана емес, сонымен қатар адам-машина интерфейсінің негізгі элементі. Оның көмегімен робот толығымен автономды және қашықтан бақыланатын құрылғыға айналады. Бейненің сапасы, Wi-Fi байланысының тұрақтылығы және интерфейсін қарапайымдылығы — бұл компоненттің басты артықшылықтары. Жобада ESP32-CAM қолдану арқылы мен төмен бағалы, бірақ өте тиімді құбырышілік бақылау жүйесін жасап шығуға қол жеткіздім.

4.1.1 Wi-Fi арқылы бейне ағыны

ESP32-CAM микроконтроллері жобадағы ең маңызды компоненттердің бірі ретінде нақты уақыт режимінде бейне ағынын Wi-Fi арқылы таратады. Бұл функция құбырдың ішкі күйін визуалды бақылауға мүмкіндік береді және кез келген қашықтықтағы пайдаланушыға жағдайды көруге жол ашады. Бейне ағынының архитектурасы қарапайым, бірақ тиімді: камера кескінді түсіреді, оны JPEG форматына қысып, желі арқылы веб-браузерге жібереді. Барлық процесс HTTP протоколы арқылы орындалады және арнайы бейне плейерді немесе қосымшаны қажет етпейді -кез келген заманауи браузер жеткілікті.

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>
const char* ssid = "--";      // Wi-Fi желі атауы
const char* password = "--";  // Wi-Fi құпия сөзі
```

ESP32-CAM Wi-Fi желісіне қосылған соң, ол веб-сервер ретінде жұмыс істей бастайды. Бұл сервер арнайы ішкі кітапхана (startCameraServer()) арқылы іске қосылады, ол MJPEG (Motion JPEG) форматында бейне ағынын қамтамасыз етеді. MJPEG - бұл әрбір кадр JPEG форматында жеке сурет ретінде жіберілетін қарапайым бейне ағыны форматы. Бұл тәсіл рендерлеуді жеңілдетеді, желіге түсетін жүктемені азайтады және ESP32-нің шектеулі ресурстарымен үйлеседі.

Камера іске қосылғаннан кейін, құрылғы Serial Monitor арқылы өзінің IP-мекенжайын шығарады. Бұл IP-мекенжай браузерге енгізіледі <http://192.168.1.73>, және пайдаланушы ESP32-CAM модулінің веб-бетіне өтеді. Бұл бетте камерадан алынған кескіндер үздіксіз ағыны ретінде көрсетіледі. Ағын шынайы уақытқа жақын, аз кідіріспен беріледі және Wi-Fi сигналының сапасына байланысты өзгеруі мүмкін.

HTML деңгейінде бейне ағыны келесі жолмен бейнеленеді:

```

```


Бұл тег браузерге бейнені үздіксіз жаңартып көрсетуге нұсқау береді. Ағымды ағынды беру ESP32 ішіндегі 81-портта орналасқан арнайы HTTP жолмен ұйымдастырылады - /stream.

Веб-сервердің өзі ESP32 ішіндегі startCameraServer() функциясы арқылы басталады. Бұл функция - esp32-camera кітапханасына енген стандартты бөлік. Оның ішінде бірнеше HTTP маршруттар анықталады, олардың ішінде ең маңыздысы — /stream. Бұл маршрут арқылы JPEG кадрлар жіберіліп отырады.

Ағынды көру үшін арнайы бағдарлама қажет емес - пайдаланушы Wi-Fi желісіне қосылған кез келген құрылғыдан (смартфон, ноутбук, планшет) браузерді ашып, ESP32-CAM IP-адресін енгізсе болғаны. Бұл шешім жобаны қолдануға қарапайым және қолжетімді етеді.

Бейне ағынының сапасын басқаруға болады - ол камераның рұқсаты (FRAME_SIZE_QVGA, FRAME_SIZE_CIF және т.б.) және JPEG сапа деңгейі (jpeg_quality) арқылы баптталады. Жоғары сапа суретті анығырақ береді, бірақ желіге түсетін жүктемені арттырады және FPS-ті азайтады. Керісінше, төменгі рұқсат кезінде кадрлар жиілігі артады, ал бейне ағыны жеңіл жүреді. Осы жобада 320x240 (QVGA) және сапа деңгейі 12-15 таңдалды, бұл бейне мен өнімділік арасында оңтайлы тепе-теңдік береді.

4.1.2 Қашықтан қатынас үшін веб-интерфейс

Жобада ESP32-CAM тек бейне ағынын қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар роботты басқару үшін пайдаланушымен өзара әрекеттесу интерфейсін де ұсынады. Бұл интерфейс - қарапайым HTML бет түрінде ұйымдастырылған, онда бірнеше басқару батырмалары (алға, артқа, оңға, солға, тоқтау) орналастырылған. Әрбір батырма ESP8266 модуліне нақты HTTP сұраныс жібереді.

Бұл тәсіл жобаның басты артықшылықтарының бірі болып табылады - қосымша бағдарлама немесе арнайы құрылғы қажет емес. Роботты басқару үшін кез келген Wi-Fi қосылған құрылғы мен веб-браузер жеткілікті. Пайдаланушы камера бетіне кірген кезде бір уақытта бейнені көре алады және роботты бағыттап алады.

– IP-адреске браузерден <http://192.168.1.73> - бейне мен батырмалар бар веб-бет ашылады;

– Батырмаға басқанда ESP8266-ға HTTP команда жіберіледі (<http://192.168.1.50/forward>);

– ESP8266 ол команданы қабылдап, моторды қозғайды.

4.2 ESP8266 арқылы қозғалтқыштарды басқару

ESP8266 микроконтроллері мобильді роботтың қозғалыс логикасын басқарудың негізгі орталығы ретінде жұмыс істейді. Бұл құрылғы Wi-Fi желісі

арқылы ESP32-CAM немесе пайдаланушы құрылғысынан HTTP сұраныстарды қабылдайды және оларды мотор драйвері L298N-ге бағыттайды. Осылайша, қарапайым веб-интерфейс арқылы роботты нақты уақыт режимінде басқару жүзеге асады.

ESP8266 осы жобада NodeMCU тақшасы түрінде қолданылды, себебі бұл нұсқа USB арқылы тікелей Arduino IDE-ге қосылып, оңай бағдарламаланады. Оның GPIO пиндері арқылы L298N драйверінің IN1-IN4 және ENA/ENB пиндеріне сигналдар беріледі. Бұл сигналдар моторлардың бағыты мен жылдамдығын анықтайды.

ESP8266WebServer server(80);

ESP8266 ESP8266WebServer кітапханасын пайдаланып HTTP сервер ретінде жұмыс істейді. Әрбір URL жол белгілі бір қозғалыс командасына сәйкес келеді.

Мысалы:

/forward – роботты алға жылжытады;

/back – артқа;

/left – солға бұрылады;

/right – оңға;

/stop – қозғалысты тоқтатады.

Сервер осы сұраныстарды өңдеп, сәйкес GPIO пиндеріне HIGH немесе LOW сигналдарын жібереді. Бұл сигналдар L298N драйверінің кіріс пиндеріне беріледі.

Кесте 4.1 – Кіріс пиндер

ESP8266 GPIO	L298N пині	Қуат бөлігі: L298N → батареядан 7–12 В; ESP8266 → 5 В (USB немесе стабилизатор арқылы); GND (жер) — барлық модуль үшін ортақ. Қуат бөлігі:
D1	IN1	
D2	IN2	
D3	IN3	
D4	IN4	

1. ESP8266 Wi-Fi желісіне қосылады;
2. Сериялық монитордан IP-мекенжайды аласың (мысалы, 192.168.1.50);
3. ESP32-CAM немесе браузер арқылы келесі сілтемелерге сұраныс жібересің:

<http://192.168.1.50/forward>

<http://192.168.1.50/back>

<http://192.168.1.50/left>

<http://192.168.1.50/right>

<http://192.168.1.50/stop>

Робот нақты уақыт режимінде қозғала бастайды.

4.3 ESP8266 қозғалысты басқару логикасы

ESP8266 модулі роботтың қозғалыс жүйесін басқарудың негізгі орталығы ретінде жұмыс істейді. Ол Wi-Fi желісі арқылы басқару командаларын қабылдап, оларды нақты қозғалтқыштарға әсер ететін логикалық сигналдарға айналдырады. Командалар HTTP-сұраныстар түрінде түседі, мысалы: /forward, /back, /left, /right, /stop. Бұл командалар ESP8266 ішінде іске қосылған веб-сервер арқылы өңделеді.

ESP8266 сервер ретінде жұмыс істеу үшін Arduino IDE-де ESP8266WebServer кітапханасы қолданылады. Бұл кітапхана ESP8266-ны HTTP 1.1 протоколын қолдайтын жеңіл веб-серверге айналдырады. Сервер 80-портта жұмыс істейді және браузерден немесе басқа құрылғыдан келіп түсетін сұраныстарды өңдейді.

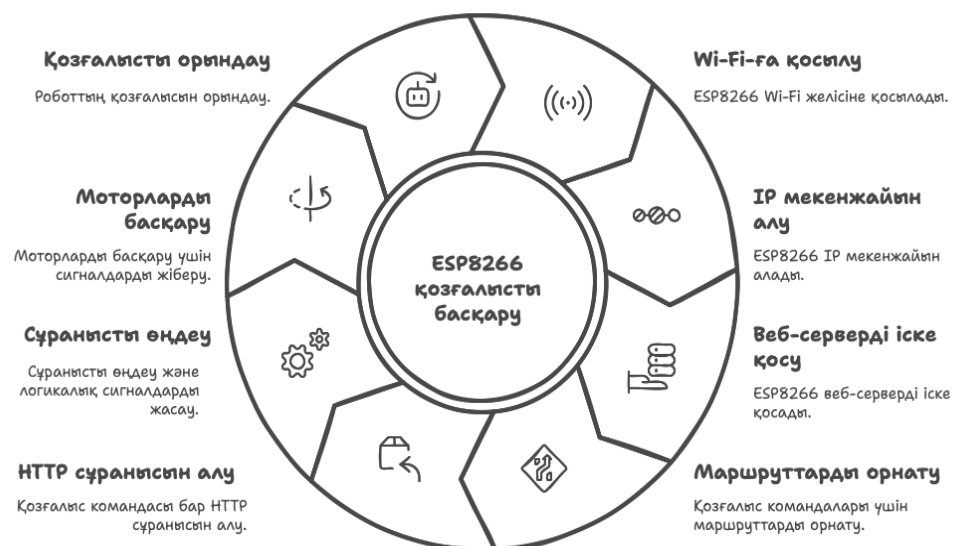
Жүйенің жұмыс логикасы қарапайым әрі тиімді:

- ESP8266 құрылғысы Wi-Fi желісіне қосылады және IP-мекенжай алады;
- Сервер іске қосылады және келесі маршруттар орнатылады: /forward, /back, /left, /right, /stop;
- Әрбір маршрут белгілі бір қозғалысты білдіреді және L298N драйверінің кіріс пиндеріне HIGH/LOW логикалық деңгей жібереді;
- Бұл сигналдар сәйкес мотордың бағытын және жылдамдығын анықтайды.

Мысалы, /forward сұранысы келіп түскенде, ESP8266 D1 және D3 пиндерін HIGH күйге орнатады, ал D2 және D4 пиндері LOW болады. Бұл моторлардың екеуін де алға қарай айналдырады. Егер /left сұранысы келсе, бір мотор алға, екіншісі артқа айналады, бұл роботты өз осінің бойымен бұрады.

Кесте - 4.2 – Сұраныс пен сигнал арасындағы сәйкестік көрсетілген

HTTP сұраныс	IN1 (D1)	IN2 (D2)	IN3 (D3)	IN4 (D4)	Қозғалыс
/forward	HIGH	LOW	HIGH	LOW	Алға
/back	LOW	HIGH	LOW	HIGH	Артқа
/left	LOW	HIGH	HIGH	LOW	Солға бұрылу
/right	HIGH	LOW	LOW	HIGH	Оңға бұрылу
/stop	LOW	LOW	LOW	LOW	Токтау



4.3-сурет – ESP8266 арқылы робот қозғалысын басқару циклі

ESP8266 бұл сигналдарды генерациялау үшін `digitalWrite()` функциясын қолданады. Ал маршруттарды өңдеу үшін `server.on("/route", функция)` синтаксисі қолданылады. Әр функция қозғалыс пиндерін нақты комбинациямен басқарып, нәтижесінде моторлар қажетті бағытта қозғалады.

Бұл тәсілдің басты артықшылығы — қарапайымдылық. HTTP сұраныстар өте жеңіл, оларды кез келген құрылғыдан жіберуге болады (ESP32-CAM, браузер, смартфон т.б.). ESP8266 оларды өңдеу үшін өте аз ресурсты қажет етеді, сондықтан құрылғы кідіріссіз және сенімді жұмыс істейді.

Қуат бөлігі де логикаға әсер етеді. ESP8266 тек логикалық сигналдарды береді, ал қозғалтқыштарға нақты қуат L298N драйвері арқылы беріледі. Сондықтан логикалық басқару бөлігі электрлік қозғалтқыштардан оқшауланған, бұл бүкіл жүйенің қауіпсіздігін арттырады.

ESP8266 микроконтроллері HTTP арқылы қашықтан түсетін командаларды қабылдап, оларды мотор қозғалысына айналдырады. Бұл логика қарапайым, бірақ тиімді: ол Wi-Fi арқылы толыққанды қашықтан басқарылатын робот жасауға мүмкіндік береді. Arduino IDE платформасының ашықтығы мен ESP8266-ның икемділігі бұл архитектураны әрі қарай кеңейтуге де жол ашады - мысалы, жылдамдықты PWM арқылы басқаруға, автопилот жүйесін қосуға немесе сенсорлық кері байланыс енгізуге болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жұмыстың шеңберінде құбыр жүйелерінің ішкі ақауларын диагностикалау мақсатында арзан, модульді және қолжетімді мобильді роботтың жобасы жасалды. Жүйе ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлері негізінде құрылып, Wi-Fi арқылы бейнебақылау мен қозғалысты қашықтан басқаруды қамтамасыз етеді. Құрылғы құбыр ішіндегі ақауларды анықтауға, бөгеттер мен коррозия ошақтарын ерте табуға арналған визуалды диагностика жүргізе алады.

Жұмыстың бастапқы кезеңінде қолданыстағы өнеркәсіптік және DIY аналогтарына талдау жүргізіліп, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылды. Ұсынылған шешімнің басты артықшылығы - қарапайымдылығы мен төмен құны. Жобада қолданылған компоненттер (ESP32-CAM, ESP8266, L298N, тұрақты ток қозғалтқыштары) кең қолданыста және арзан бағада, бұл жүйені прототип ретінде ғана емес, нақты практикалық жағдайларда да қолдануға мүмкіндік береді.

Роботтың құрылғылық бөлігі модульдік архитектура бойынша жасалды. ESP32-CAM бейнеағынды қамтамасыз етіп, HTML негізінде басқару интерфейсін береді. Ал ESP8266 HTTP сұраныстарды қабылдап, қозғалтқыштарды нақты уақыт режимінде басқарады. Қозғалтқыш драйвері ретінде L298N модулі қолданылды, ол логикалық сигналдарды физикалық қозғалысқа түрлендіреді. Электрмен жабдықтау жүйесі литий-ион батареялар арқылы жүзеге асырылып, тұрақтандырғыштар арқылы қажетті кернеу деңгейлері қамтамасыз етілді.

Бағдарламалық қамтамасыз ету Arduino IDE платформасында жүзеге асырылды. Жоба барысында ESP32-CAM бейне ағыны мен веб-интерфейсінің бағдарламасы, сондай-ақ ESP8266 үшін қозғалыс басқару серверінің коды жазылды. Құрылғы Wi-Fi желісі арқылы өзара әрекет етіп, операторға смартфон немесе компьютер арқылы нақты уақыт режимінде басқару мүмкіндігін ұсынады.

Жүргізілген тестілеулер нәтижесінде роботтың төмен диаметрлі құбырлар бойымен тұрақты қозғалатыны, бейнені кідіріссіз жеткізе алатыны және басқару интерфейсінің сенімді жұмыс істейтіні расталды. Сонымен қатар, құрылғының жұмыс істеу уақыты аккумулятор сыйымдылығына байланысты 1-2 сағатқа дейін жететіні анықталды.

Қорытындылай келе, бұл жоба құбыр жүйелерін бақылау саласында қолжетімді және тиімді шешім ретінде қолдануға болады. Жүйенің модульдік құрылымы мен ашық бастапқы коды оның болашақта жетілдірілуіне кең мүмкіндік береді. Мысалы, болашақта автоматты ақау тану жүйесін енгізу, қосымша сенсорлармен (ультрадыбыстық, газ анализаторлар) жабдықтау немесе автономды навигация жүйесін енгізу жоспарлануы мүмкін. Жобаның практикалық маңыздылығы - қарапайым құралдар көмегімен инженерлік диагностика саласында заманауи, тиімді және қолжетімді шешім ұсынуында.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] World Bank – Қазақстан экономикасының өсуі, 2024 Сілтеме: <https://www.worldbank.org/en/country/kazakhstan/overview>
- [2] Times of Central Asia – Қазақстанда жаңа мектептер құрылысы туралы
Сілтеме: <https://timesca.com/nearly-750000-students-in-kazakhstan-to-get-a-new-school>
- [3] The Astana Times – Денсаулық сақтау жүйесіндегі реформалар, 2024
Сілтеме: <https://astanatimes.com/2024/12/year-in-review-innovations-reforms-in-kazakhstans-healthcare-system>
- [4] Qazinform – 2024–2030 жылдарға арналған денсаулық сақтау инфрақұрылымын дамыту тұжырымдамасы Сілтеме: <https://qazinform.com/news/kazakh-government-adopts-2024-2030-healthcare-infrastructure-development-concept-1c955f>
- [5] Wikipedia – 2024 жылғы Қазақстандағы атом электр станциясы туралы референдум
Сілтеме: https://en.wikipedia.org/wiki/2024_Kazakh_nuclear_power_referendum
- [6] Reuters – Қазақстанның аккумуляторлық минералдар нарығындағы рөлі мен инвестициялық саясаты Сілтеме: <https://www.reuters.com/markets/commodities/metals-rich-kazakhstan-seeks-niche-battery-supply-chain-2024-09-13>

Асылбекова Аружаның
Құбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау»
атты диплом жұмысына

СЫН-ШІКІР

Дипломдық жұмыс заманауи цифрлық технологиялар мен микроконтроллерлерді пайдалана отырып, инженерлік жүйелерді автоматтандыруға арналған мобильді роботты жобалауға бағытталған. Автор ұсынған жоба — ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлері негізінде жұмыс істейтін, құбырлардың ішкі жағдайын визуалды бақылауға мүмкіндік беретін интеллектуалды құрылғы. Бұл шешім өндірістік және коммуналдық салада қолданыстағы құбыр желілерін диагностикалау мәселелерін шешуге бағытталған.

Жұмыстың басты артықшылықтарының қатарына таңдалған тақырыптың өзектілігі мен практикалық маңыздылығын, қолданылған компоненттердің заманауи әрі қолжетімді болуын, жүйелі құрылымды, нақты тәжірибелік сынақтардың жүргізілуін және веб-интерфейс арқылы роботты қашықтықтан басқару мүмкіндігін жатқызуға болады. Сонымен қатар, ESP32-CAM арқылы нақты уақытта бейне ағынын ұйымдастыру және ESP8266 арқылы қозғалыс логикасын басқару тиімді түрде іске асырылған.

Сонымен бірге, жұмыс барысында кейбір кемшіліктер де байқалды. Атап айтқанда, бөлімдердегі мәтіннің стилі мен мазмұндық бірізділігі кей тұстарда толық жетілмеген; кейбір тұжырымдар нақтылауды қажет етеді. Графикалық сызбаларға толыққанды түсіндірме жазбалар енгізілмеген, бұл оқырманның ақпаратты қабылдауына кедергі келтіруі мүмкін. Сондай-ақ, тестілеу нәтижелерінің сандық сипаттамалары мен оларды салыстырмалы түрде талдау кеңірек ұсынылса, жұмыс мазмұны мен сапасы арта түсер еді.

Қорытынды:

Жалпы, диплом жұмысы қойылған мақсат пен міндеттерге толықтай сай келеді, ғылыми жаңашылдығы және практикалық қолдану мүмкіндігі жоғары. Жұмыс жоғары деңгейде орындалған және «өте жақсы» деген бағаға лайық.

Рецензент:

Абай атындағы ҚазҰПУ,
Физика кафедрасының қауым. проф.ма
техника ғылымдарының кандидаты

Жаменкеев Е. К.

« 07 » 2025 ж.

ІШКІР

Білім алушы: Асылбекова Аружан

Диплом жұмысының тақырыбы: *Құбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау*

Диплом жұмысы қазіргі инженерлік мәселелердің бірі — құбырлар жүйесін қашықтықтан және визуалды түрде тексеру арқылы диагностика жүргізу мәселесін шешуге бағытталған. Жұмыста ESP32-CAM және ESP8266 микроконтроллерлерінің мүмкіндіктері тиімді пайдаланылып, бейне ағыны арқылы нақты уақыт режимінде бақылау және қозғалысты басқару алгоритмдері іске асырылған. Роботтың құрылымдық сұлбасы, элементтік базасы және бағдарламалық қамтамасыз етуі жүйелі түрде сипатталған.

Жұмыстың құрылымы логикалық түрде құрастырылған, қолданылған компоненттер мен технологиялар дәлелді түрде таңдалған. Автор өз бетімен зерттеу жасап, жүйені құрастырып, тәжірибелік сынақтар жүргізе алған.

Диплом жұмысында инженерлік есептер, сұлбалар, кодтар және қосымшалар нақты әрі сапалы ұсынылған.

Қорытынды:

Асылбекова Аружан диплом жұмысын толық көлемде орындады, қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізді. Жұмыс қорғауға ұсынылады. Жұмыс мазмұны стандарты талаптарына сай келеді, ғылыми-тәжірибелік деңгейі жоғары. Қорғауға ұсынылады, бағасы: «өте жақсы».

Ғылыми жетекші:

ҚазҰТЗУ, РТЖАТҚ кафедрасының

т.ғ.м., аға оқытушы

/Байтурганова В.К./



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Құбырдағы ақауларды анықтауға арналған ұңғыма роботты жобалау.

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Асылбекова Аружан АслановнаВенера Байтурганова

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобиия 2



КП2

8625

Количество слов



КЦ

66956

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв	Б	45
Интервалы	A→	0
Микропробелы	·	125
Белые знаки	Б	0
Парафразы (SmartMarks)	a	4

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Development of a secure platform for managing IoT smart home devices 5/29/2024 International IT University (Компьютерная инженерия и информационная безопасность)	28 0.32 %
2	Development of a secure platform for managing IoT smart home devices 5/29/2024 International IT University (Компьютерная инженерия и информационная безопасность)	5 0.06 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.38 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	Development of a secure platform for managing IoT smart home devices 5/29/2024 International IT University (Компьютерная инженерия и информационная безопасность)	33 (2) 0.38 %

из интернета (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	--------------	---

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	Development of a secure platform for managing lo...	33 (0.38%)