

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Камидинов Куаныш Ерғалиұлы

«GPS технологиясын қолдана отырып, объектілерді
мониторингілеу жүйесін әзірлеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

5B071600 – Аспап жасау мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ
РТЖАТК кафедра меңгерушісі
техника ғылымдарының кандидаты
Қ.А. Ожикенов
«22» мамыр 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «GPS технологиясын қолдана отырып, объектілерді
мониторингілеу жүйесін әзірлеу»

5B071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша

Орындады

Камидинов Қуаныш

Рецензент

Ғылыми жетекшісі

Техника ғылымдарының

тех.ғылым магистрі,

докторы

лектор

(Ғылыми атағы, дәрежесі)
Джомартов А.А.

Жамуратова М.М.

колы аты-жөні
«25» мамыр 2022 ж.

«25» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Қ. И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

5B071600 – Аспап жасау



БЕКІТЕМІН

РТжАТҚ кафедра меңгерушісі

техника ғылымдарының кандидаты

К.А. Ожикенов

« 2 » мамыр 2022 ж.

ТАПСЫРМА

дипломдық жобаны орындауға

Білім алушыға Камидинов Қуаныш Ерғалиұлы

Тақырыбы: GPS технологиясын қолдана отырып, объектілерді мониторингілеу жүйесін әзірлеу

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген № 489-П/Ө 24.12.2021 ж

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « » мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: Трекерде GPS қабылдағышы бар, ол арқылы орналасқан жерін және осы координаттарды спутниктік бақылау бағдарламасымен зерттеледі

Дипломдық жұмыста әзірленуге жататын мәселелер тізімі:

а) GPS трекерін көлікке қою арқылы көлікті бақылау жасау.

б) Жалпы GPS туралы мағлұматтармен танысу, олардың жұмыс принципін зерттеу керек.

в) Қолданатын GPS трекердің ішкі құрылысын, қосылу сұлбасын ұсыну және жұмыс принципін анықтау қажет.

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

22 слайд


Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 16 әдебиеттер тізімі

**Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ**

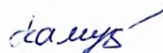
Бөлімдер атауы, әзірленетін сурақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	02.02.2022 - 09.02.2022	орындалды
Бағдарламалық бөлім	22.02.2022 - 03.03.2022	орындалды
Зерттеу бөлімі	18.03.2022 - 06.04.2022	орындалды
Қорытынды бөлім	03.05.2022 - 16.05.2022	орындалды.

Аяқталған дипломдық жобаға және оған қытысты бөлімдерінің кеңесшілері мен қалып бақылаушының

ҚОЛТАҢБАЛАРЫ

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекшілер, кеңесшілер, (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Көшербай М.А. ,техника ғылымдарының магистрі	25.05.22	

Ғылыми жетекшісі



Жамуратова М.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Камидинов К. Е.

Күні

«25» мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Трекерде GPS қабылдағышы бар, ол арқылы оның орналасқан жерін және осы координаттарды спутниктік бақылау бағдарламасымен жабдықталған сервер орталығына жіберу үшін таратқышты көрсетеді. GPS қабылдағышы мен таратқышынан басқа, GPS антеннасы (кіріктірілген немесе сыртқы), батарея және флэш жады сияқты маңызды компоненттер бар.

Құрылғы алынған деректерді жазып алады және оларды өңделетін және тіркелетін серверге таратады. Тасымалдау әртүрлі байланыс арналары арқылы жүзеге асырылады, мысалы, GSM арқылы - ұялы байланыс стандартты желі, SMS хабарламалар арқылы немесе GPRS арнасы арқылы. Ұялы байланыстан басқа, мысалы, спутниктік арнаны немесе радиобайланысты пайдалануға болады. Пайдаланушы картада қозғалыс географиясын көре алатын аккаунты арқылы қол жеткізе алады. Нысанның қозғалысын интерактивті түрде де, алдыңғы күндердегі «тарихты» пайдалану арқылы да көруге болады.

АННОТАЦИЯ

Трекер содержит в себе GPS приёмник, посредством которого конкретизирует своё местоположение и передатчик для отправки этих координат на серверный центр, оборудованный программой для спутникового мониторинга. Помимо GPS приёмника и передатчика есть такие важные составляющие, как GPS антенна (встроенная или внешняя), аккумулятор и флэш-память.

Устройство записывает полученные данные и транслирует их на сервер, где они обрабатываются и регистрируются. Передача происходит по разным каналам связи, к примеру, по GSM — сотовой стандартной линии, через сообщения-SMS либо по каналу GPRS. Кроме сотового контакта есть возможность использования, к примеру, спутникового канала или радиосвязи. Пользователь имеет доступ через свой аккаунт, где осуществляет просмотр географии перемещения на карте. Перемещение объекта можно видеть как в интерактивном режиме, так и используя «историю» за предшествующие дни.

ANNOTATION

The tracker contains a GPS receiver, through which it specifies its location and transmitter to send these coordinates to a server center equipped with a satellite monitoring program. In addition to the GPS receiver and transmitter, there are important components such as a GPS antenna (built-in or external), battery and flash memory.

The device records the received data and broadcasts them to the server, where they are processed and registered. The transmission takes place via different communication channels, for example, via GSM - a cellular standard line, via SMS messages or via the GPRS channel. In addition to cellular contact, it is possible to use, for example, a satellite channel or radio communication. The user has access through his account, where he can view the geography of movement on the map. The movement of the object can be seen both interactively and using the "history" for the previous days.

КІРІСПЕ

GPS және ГЛОНАСС радионавигациялық жүйелерін қолдануға негізделген спутниктік технологиялар геодезиялық өндіріске мықтап енді. Классикалық геодезиялық технологиялармен салыстырғанда олардың келесі артықшылықтары бар:

- ондаған метрден миллиметрге дейінгі дерлік жаһандық масштабтағы дәлдіктердің кең ауқымы;

- жоғары еңбек өнімділігі (классикалық технологияларға қарағанда 5-10 есе жоғары);

экономикалық тиімділік, бақыланатын нүктелер арасында тікелей көрінуді қамтамасыз етудің және жоғары белгілерді салудың қажеті жоқ;

- ауа райы жағдайына, тәулік уақыты мен маусымына тәуелсіздік;

- автоматтандырудың жоғары дәрежесі;

- қозғалыстағы бақылауларды орындау мүмкіндігі және т.б.

Бұл артықшылықтар спутниктік технологиялардың кемшіліктерін айтарлықтай жабады, олардың негізгілері жабдықтың салыстырмалы түрде жоғары құны, антеннаға жақын кедергілерге тәуелділік, күрделі координаталық түрлендірулердің қажеттілігі, олардың арасында қалыпты биіктіктерді алу мәселесі ерекше орын алады және т. б.

ЖРНЖ (СРНС) бастапқы мақсаты-әскери іс-қимылдарды координаттық-уақытша қамтамасыз ету. Стандартты қашықтан басқару түзбесінің жалпыға қол жетімді сигналының болуы ЖРНЖ-нің азаматтық қолданылуын дамытуға күшті серпін берді. Бұл қолдану саласы тасымалдаушы толқын фазасы бойынша өлшеуге арналған теория және аппаратура дамығаннан кейін айтарлықтай кеңейді. Алғашқы геодезиялық өлшеулер бірнеше шақырым қашықтықта миллиметрлік деңгейдің дәлдігіне қол жеткізу мүмкіндігін дәлелдеді. Көптеген ғалымдардың еңбектері өлшенген қашықтықтардың ауқымын кеңейтіп, ғаламдық масштабта бақылаудың дәлдігін 10^{-9} -ға жеткізді.

Жерсеріктік әдістің статикада да, бірнеше герцке дейінгі жиілікте де үздіксіз бақылау жүргізу мүмкіндігі мониторинг жүргізуге керемет мүмкіндік береді.

Мониторинг деп оны бақылау, зерттеу, болжау және қорғау мақсатында динамикалық, үнемі өзгеріп тұратын жүйе болып табылатын қоршаған ортаны бақылау түсініледі. Мониторинг табиғи, техногендік, биологиялық, әлеуметтік және басқа да сипаттағы әртүрлі түрлер мен жүйелерде жүргізілуі мүмкін.

GPS қолданудың екі онжылдығында жерсеріктік технологияларды қолдана отырып, жүздеген бақылау әдістері жасалды. Олардың ішінде мыналарды бөлуге болады:

- пункттердің, жерсеріктік орбиталардың координаттары мен жылдамдықтарын, Жердің айналу параметрлерін, жаһандық, өңірлік немесе

жергілікті масштабтағы жер және су бетіндегі өзгерістерді анықтауды қамтитын координаттық жүйелердің мониторингі;

- атмосфера мониторингі (су буының құрамы, электрондардың толық құрамы);

- жеке объектілерді (механизмдерді, көліктерді, адамдарды) бақылау.

Мониторингтің бұл түрін екі санатқа бөлуге болады: күйді бақылау (мысалы, деформация) және позицияны бақылау. Мониторингті нәтижені алудың жеделдігі бойынша сипаттауға болады: секундтың үлесінен бірнеше сағатқа дейін және тіпті бір күн немесе одан да көп. Бірінші жағдайда тек нақты уақыттағы кинематика қолайлы. Екінші жағдайда статикалық және кинематикалық бақылаулар мүмкін. Геомониторинг үшін бақылаудың қажетті дәлдігіне сәйкес кодтық және фазалық бақылау әдістерінің барлық спектрін қолдануға болады. Әр тапсырма үшін өз бақылау әдісін таңдау керек екені анық. Өз кезегінде, ол құбылыстардың қажетті бөлшектеріне, олардың динамикасына және қолайлы кідіріске (жауап беру уақытына) байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.

Тақырыптың өзектілігі. Прогрессивті нақты уақыт технологиялары кең таралған және тұтынушыға жеке және заңды тұлға үшін қолжетімді болды. Спутниктік навигациялық жүйелер арқылы жұмыс істейтін әдістерді белсенді түрде жетілдіру. GPS модульдері барлық жерде қолданылады (камералар, смартфондар, навигаторлар, автомагнитофондар), бірақ қолданудың тағы бір маңызды саласы бар - объектіні қадағалау, көлік құралдарын бақылау. Ол үшін GPS бақылауы қолданылады. GPS бақылау берілген объектінің орналасқан жерін нақты уақыт режимінде қадағалау болып табылады. Бұл қызмет тұтынушыларының кең ауқымы үшін өзекті және сұранысқа ие қызметке айналды.

Жұмыстың мақсаты

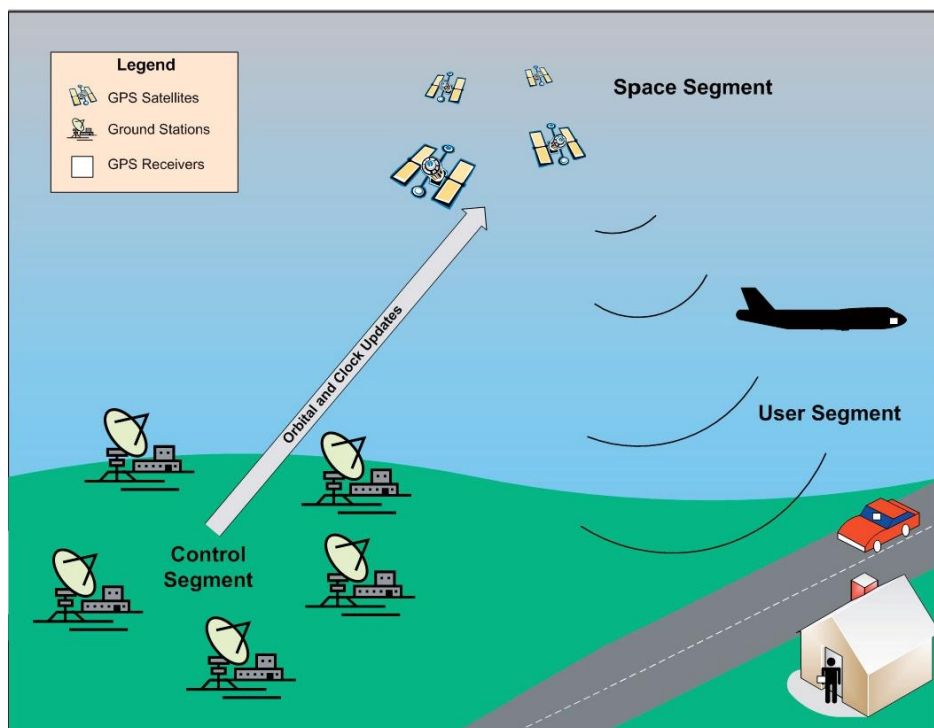
1 НЕГІЗГІ БӨЛІМ

1.1 GPS позициялау жүйесі

GPS позициялау терминалы көлік құралын орналастыруға арналған аппараттық және бағдарламалық құрал арқылы жасалғанда, ол көлік құралының GPS деп аталады, бірақ позициялаудың өзі жеткіліксіз және бұл позициялау ақпараты үшінші тарап деп аталатын дабыл орталығына немесе көлік құралының GPS ұстаушысына берілуі керек. Сондықтан GPS позициялау жүйесіне GSM желісінің байланысы (ұялы телефон байланысы) кіреді, ал спутниктік позициялау ақпараты GSM желісі арқылы қысқа хабарламалар арқылы үшінші тарапқа жіберіледі. Микрокомпьютер арқылы мәтіндік хабарламаларды көріп және электронды картада көліктің орналасқан жерін көру арқылы көліктің GPS позициясын анықтау жүзеге асырылады.

Сонымен бірге автокөлікке сәйкес анықтау датчиктері орнатылады және автомобильді GPS позициялауының GSM желісінің байланыс функциясын үшінші тарапқа ұрлыққа қарсы дабыл туралы ақпаратты жіберу немесе дабыл қоңырауы мен мәтінін жіберу үшін пайдалануға болады. Көлік құралының GPS позициясын анықтаудың GSM желісінің бөлігі шын мәнінде үшінші тараппен байланыса алатын, сонымен қатар көлікті тонау, жүргізушіні тонау, ұрлау және т.б. ақпаратты үшінші тарапқа жібере алатын смартфон екенін көруге болады.

Сондықтан автомобильді GPS позициялауы - бұл позициялау, ұрлыққа қарсы және тонауға қарсы жүйе деп санауға болады.



GPS сегменті

Көліктің GPS терминалына ұқсас, позициялау ұялы телефондары, жеке локациялары және т.б. бар. GPS спутниктік позициялау үшінші тараптың орналасу қызметтерін пайдалануы қажет болғандықтан, ол ай сайынғы/жылдық қызмет ақысын төлеуі керек.

Барлық ағымдағы GPS позициялау терминалдарында навигация функциясы жоқ. Қосымша аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету қажет болғандықтан, құны артады.

Теледидардан көретін көліктің GPS жарнамалары жоғарыдағы көлік GPS-інен мүлде басқаша. Бұл GPS навигациялық өнімі. Навигация қажет болғанда, бірінші позициялау нақты GPS позициясынан өзгеше навигацияның бастапқы нүктесі болып табылады. Ол позициялау туралы ақпаратты үшінші тарапқа және ұстаушыға жібере алмайды.

Навигациялық терминал маршрут бойынша шарлай алады, бейтаныс жерлерде адаспауға, қажетті жерге жетуге мүмкіндік беретін бағытты сызуға, ағымдағы орналасқан жеріңізді және айналадағы нысандарды айта алады және т.б.

GPS навигациялық өнімін пайдалану салалары:

1. Таксилерді, қалааралық автобустарды және жүк көліктерін бақылау және диспетчерлік басқару жүйесі

2. Логистикалық көлік құралдарын бақылау және диспетчерлік басқару жүйесі

3. Жол қозғалысын басқару сияқты мемлекеттік органдардағы көліктерге арналған диспетчерлік басқару жүйесі

4. Сақтандыру ұйымдарында кезекші көлік құралдарын бақылау, диспетчерлік және басқару жүйесі

5. Қоғамдық қауіпсіздікті және жол полициясының кезекші автокөліктерін басқару және диспетчерлік басқару жүйесі

6. Банктік қолма-қол ақшаны тасымалдайтын көлік құралдарын басқару және диспетчерлік басқару жүйесі

7. Пошталық, авариялық көлік диспетчерлік бақылау жүйесі

8. Төтенше жағдайларды шешуді функционалдық бөлімше жүзеге асырады және нақты жауапты тұлғаның іс-қимыл тобын қашықтықтан бақылауды, жоспарлауды және басқаруды жүзеге асырады.

9. Әскери және полиция органдары бақылауды, жіберуді, басқаруды, бақылауды және басқаруды жүзеге асырады.

10. Тексеру және қадағалау, қызметтік көлікті басқару мониторингі және т.б.

11. Жоғары технологиялық қауіпсіздікті қорғау авариялық құтқару.

12. Альцгеймер ауруымен ауыратындар мен соқырлар адасып қалмас үшін оны өздерімен бірге алып жүреді.

13. Полиция есірткі қылмыскерлерін қадағалайды.

14. Велосипедтерді, электр көліктерін және мотоциклдерді ұрлауға қарсы қадағалау

15. Құстардың ұшу жолын қадағалау.

16. Спортшының жаттығу маршрутын қадағалау.

1.2 GPS жаһандық позициялау жүйесінің болашақтағы дамуы

GPS жаһандық позициялау жүйесі пайдаланушыларға нақты уақыт режимінде үш өлшемді позиция туралы ақпаратты үздіксіз қамтамасыз ете алады, пайдаланушының қозғалыс жылдамдығын өлшейді және дәл уақыт қызметтерін қамтамасыз ете алады. 0,000001 секундтан жақсы және оның радиосигналында да кедергіге қарсы белгілі бір қабілет бар. Егер жауынгерлік бөлімшелердің GPS орналасқан жері туралы ақпарат радиобайланыс арқылы жауынгерлік басқару орталығына үздіксіз беріліп отырса, сонымен қатар барлау әдістеріміз арқылы алынған жау нысандарының орналасқан жері туралы ақпарат, содан кейін біріктіріліп, үлкен экранды дисплейде көрсетілсе, бұл ол болады. Біздің аймақтың қолбасшысына кез келген уақытта бүкіл ұрыс даласындағы жаудың және біздің динамикалық жағдайды түсінуге мүмкіндік бере алады, осылайша оның жауынгерлік басқаруына дәл және маңызды негіз болады. Осылайша, әскери отбасының мыңдаған жылдар бойы «стратегиясын жасап, мың шақырым жерде жеңіске жету» арманы шын мәнінде орындалған деп санауға болады.

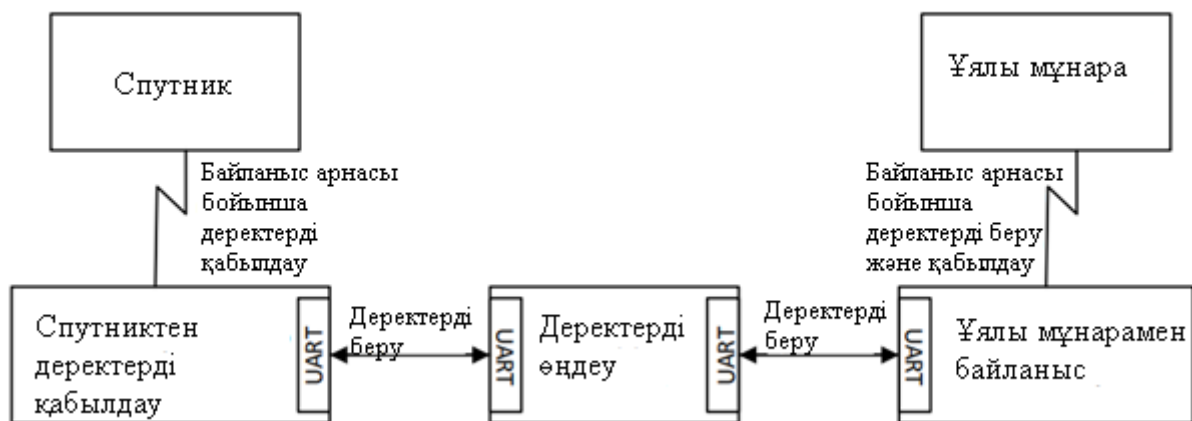
1.3 Жобаланатын құрылғының функционалды сұлбасын әзірлеу

Жобаланған жүйенің мәселелерін қарастырып, функционалды блоктарды таңдау қажет.

- кеңістіктегі координаттарды анықтау-спутникпен жұмыс;
- қабылдау-SMS хабарлама жіберу, орналасқан жері туралы деректерді серверге жіберу-ұялы мұнарамен байланыс модулі;
- жұмыс блоктарының ұялы мұнарамен және спутникпен байланысы, - деректерді өңдеу модулі;
- ағымдағы орын туралы ақпарат – спутник;
- деректерді операторға беру-ұялы мұнара.

Қарастырылған міндеттер мен оларға арналған функционалды блоктарға сүйене отырып, қатынастарды анықтау. Быз жобаланған жүйенің функционалды диаграммасын құрамыз.

Құрылғының жұмыс принципі түсіну үшін біз әр блоктың жұмыс принципі түсіндіреміз, құрылғылардың нақты түрлерін және олардың параметрлерін одан әрі таңдауға назар аударамыз.



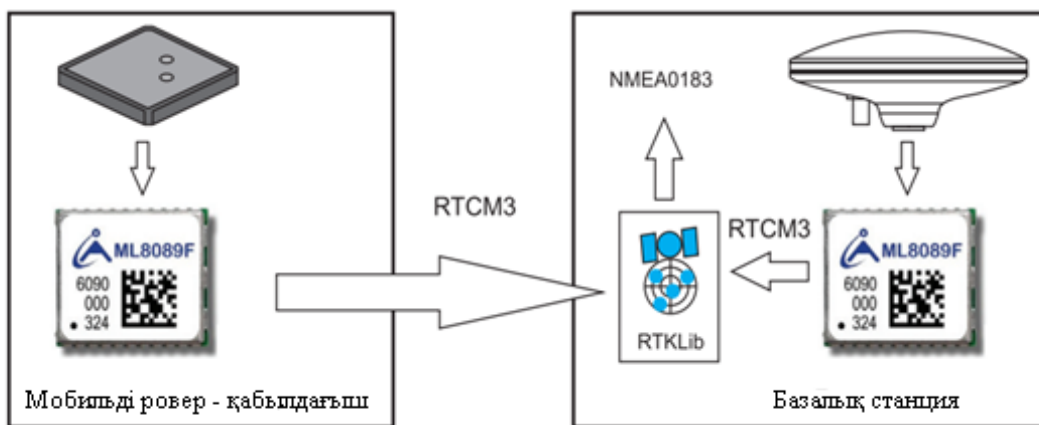
Сурет 1.3 - Функционалдық сұлба

Әдетте, спутниктік навигация арқылы объектілерді орналастыру туралы сөз болғанда, позициялау дәлдігін бағалау кезінде "жақсы қабылдау — 5 м, жаман — 15 м және одан да көп" тезисінен туындайды. Егер әңгіме осы шектеуді жеңу туралы болса, DGPS-ті 1-2 метрлік дәлдікпен есте сақтаңыз. Әдетте, навигациялық қабылдағыштың өзі, антенна және басқа компоненттерді қарастырмайды, олар "қарапайым қабылдағыш" деп санайды, бұл қарапайым тұтынушылар үшін қол жетімді емес көп жиілікті немесе геодезиялық ерекше қабылдағыш "дегенді білдіреді. Бағалау негізінен дұрыс: 5-7 жыл бұрын навигациялық қабылдағыш қымбат монолитті құрылғы, белгілі бір функционалдығы бар қара қорап болды. Көптеген қарапайым пайдаланушылар немесе тіпті инженерлер NMEA протоколы мен стандарты туралы біле отырып, GPRMC (Recommended Minimum Specific GPS/Transit data — ендік, бойлық, жылдамдық, уақыт, күн, магниттік ауытқу) GPRMC хабарламасында алынған мәліметтерден тыс ешқашан қарамады, бірақ нақты навигациялық қабылдағыштың "жолдың сапасы және жақсы математика туралы" көп айтады. Аспан механикасы көптеген адамдар үшін "геостационарлық орбита", "топтаудағы спутниктер саны" және т. б. ұғымдарымен шектелген. Мұның себептері қарапайым: алынған кезде координаттарды қалай пайдалану керектігі туралы әдебиеттер өте көп, ал олардың қалай алынғандығы туралы әдебиеттер — жоқ немесе ол математика, астрономия, радиотехника және бағдарламалау саласында дайындалған оқырманның сипаттамалары болып табылады.

Сонымен қатар, барлық аталған салаларда бір уақытта дайындалған. Осыдан спутниктік позициялау саласындағы жаңа технологиялардың, соның ішінде RTK (Real Time Kinematic — нақты уақыт кинематикасы) туралы түсініксіздік пайда болады. Бұл спутниктік навигация саласындағы, әсіресе жылжымалы объектілерді нақты уақытта орналастыру сияқты қалыптасқан саладағы барлық жаңа нәрсенің дамуын және қабылдануын тежейтін елеулі

қиындық. Бұл RTK үшін мүлдем жаңа, бірақ қазірдің өзінде сұранысқа ие бағыт, және біз алдымен навигациялық жүйелер, олардың нақты шектеулері және жеңу жолдары туралы жалпы ақпаратты қарастырамыз, мүмкін болса, бұл мақаланы артық терминологиямен қиындатпаймыз, содан кейін RTK көмегімен нақты уақыт режимінде позициялау үшін дайын шешімнің сипаттамасына көшеміз.

Бастамас бұрын кестені қарастыру керек. Оң жақтағы екі бағанда көрсетілген параметрлерге түзету деректерін қолдану арқылы қол жеткізілетіні түсінікті, бірақ неге DGPS пен RTK арасындағы айырмашылық, жауабы: қабылданған спутник сигналдарын түзету әдістері және қабылдағыштың мүмкіндіктері (фазалық өлшеулер). Егер 5 м-де жалған қашықтықтың өтелмеген қателігі болса (сигналдың жалпы кідірісінде спутникке өлшенген қашықтық, егер өте қарапайым болса), онда дәлдіктің жоғарылауы бір толқын ұзындығынан жоғары болса, қабылданған сигналда пайдасыз болады (GPS үшін толқын ұзындығы шамамен 19 см). Бірақ егер бұл 5 м компенсация арқылы ондаған сантиметрге дейін азайтылса, бұл маңызды болады, әсіресе әр өлшеу үшін позицияны нақтылайтын өлшеу сериялары үшін сандық сүзгілер әдетте қолданылады. Дәл осы принцип бойынша барлық RTK шешімдері салынған. Сонымен қатар, кестеден көріп отырғанымыздай, шағылысқан сигналды басу үлкен рөл атқарады, ал "қарапайым керамика" антенна ретінде жұмыс істемейді, әдетте антенналардың арнайы түрлері қолданылады, мысалы, Choke Ring немесе қарапайым шешімдер, бірақ спутник сигналдарының көп сәулелі таралуын тиімді түрде басады.



Сурет 1. Базалық станция жағында навигациялық шешімді алған кездегі деректер ағыны

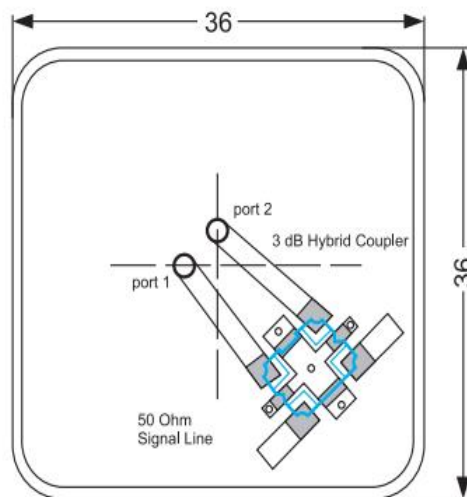
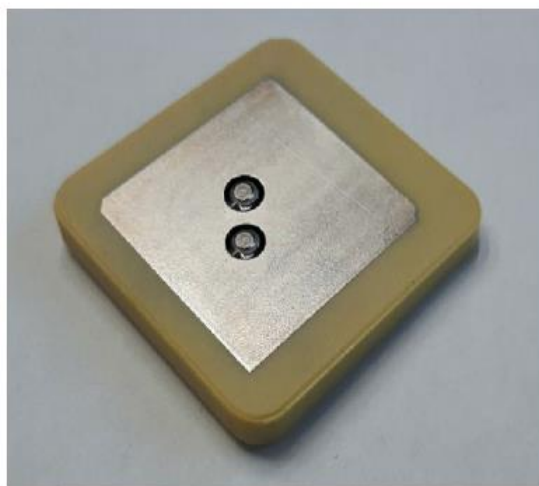
Дәлдікті арттыру үшін нақты уақытта 5 см-ден аз қателігі бар және өңдеуден кейін 2,5 см-ден аз ультра жылдам эфемеридтерді қолдануға болады. Бұл деректер *sr3* (эфемеридтер үшін) және *clk* (сағат шкаласының сәйкес келмеуі үшін) форматтарында ұсынылған. Ионосфера мен тропосфера әсерлерінің бастапқы орнын толтыру үшін геофизикалық түзету модельдерін (әдетте *sinex_tropo* форматындағы ионосфералық өріс файлдары және SINEX

форматының нұсқасы болып табылатын `sinex_tropo` форматындағы тропосфералық деректер файлдары түрінде) немесе OTF (On-the-Fly) сияқты жетілдірілген математикалық модельдер негізінде қабылдағыштың қозғалысы кезінде Доплер әсерінің жетілдірілген өтемі қолданылуы мүмкін. Кейбір жағдайларда GPS L1 және L2 сияқты бір спутниктен әртүрлі жиіліктегі сигналдар үшін ионосфералық кідірістегі айырмашылықты қолдануға болады. Көптеген әдістер бар және әдетте олар жан-жақты қолданылады.

RTK енгізу абсолютті (атмосфералық және геофизикалық модельдер негізінде) және салыстырмалы түзетулермен (сигналдың нақты кідірістерін өлшеу негізінде, негізінен эталондық қабылдағыш — базалық станцияны қолдану арқылы) болуы мүмкін. Деректерді алу нақты уақытта немесе өңдеуден кейінгі режимде болуы мүмкін (қабылдағыштың өлшеулерін жазып, әр түрлі жуықтау әдістерін қолдана отырып, кейіннен өңдеумен, қалған заттар нақты уақытқа қарағанда дәлірек болады, тек орташа есеппен). Біз негізінен нақты уақыт режимін анықтамалық қабылдағыш — базалық станциядан түзетулерді қолдана отырып, қателіктерді салыстырмалы түзетумен қарастырамыз. Кинематика режиміндегі нақты уақыт режимі-бұл RTK үшін ең қиын режим, бірақ жылжымалы нысандарды бақылау кезінде сұранысқа ие.

1.5 Жылжымалы объектінің деректерін беру

GPS және GSM байланысы негізінде бақылау идеясы алғашқы қол жетімді құрылғылар пайда болғаннан бері жиырма жылға жуық уақыт болды. Классикалық түрде GSM қолдануды айтарлықтай шектеу GSM модулінің ең жоғары тогы 1 А-дан кем емес. Сенімді байланыс үшін қажетті қуаты 5-35 Вт болған кезде әдеттегі радиоарна қолданылатын жүйелер үшін, мысалы әуесайлақта немесе геодезияда қуат көзінен тұтыну тогы одан да жоғары. Сондықтан, соңғы уақытта балама аз тұтынылатын радиоарнаны қолданатын, бірақ ондаған шақырым қашықтықта салыстырмалы бақылау жүйелері танымал бола бастады. Қазір бұл әдетте LoRa, болашақта NB IoT болуы мүмкін.



Сурет 2 - Керамикалық антенна DAD1585X36C14 36x36 мм және құрылғы платасының жоғары жиілікті бөліктің компоновкасы

Демек, LoRa жақында ғана Spread Spectrum технологиясының арзандауына байланысты пайда болды-жалған кездейсоқ тізбектерге негізделген спектрдің сандық кеңеюі, бұл шу деңгейінен төмен сигнал шығаруға мүмкіндік береді. LoRa нүкте-нүкте режимін қолдайды, ал SigFox (керісінше, сигнал спектрін тарылту) және NB IoT сияқты басқа жүйелер оператордың желісі орналастырылған жағдайда ғана жұмыс істей алады. Сонымен қатар, LoRa практикалық диапазоны мобильді қабылдағыштан базалық станцияға дейінгі максималды тиімді қашықтыққа тең (тек L1 диапазонында өлшеу үшін шамамен 15 км және көп жиілікті қабылдағышты қолданудың жалпы жағдайында 30 км — ден аспайды, L1 көбінесе сигналдардың белгілі бір жиілік диапазонын білдіреді-GPS L1, GLONASS G1, Galileo E1, BeiDou B1 деп айту дұрысырақ болар еді).

Нақты уақыт режимінде жұмыс істеген кезде RTCM3 форматындағы деректердің көлемі 3-4 МБ/сағ (1 кбайт/с) құрайды. Салыстыру үшін: NMEA0183 форматындағы деректердің стандартты көлемі шамамен 1-2 МБ/сағ (0,5 кбайт/с). Негізінде, бұл LoRa арнасының өткізу қабілеттілігінің шегінде, бірақ сигналды модуляциялау үшін жалған кездейсоқ тізбектерге негізделген модуляцияны қолданған кезде ондаған, тіпті жүздеген арналар бір жиілік диапазонын алады, бірнеше объектілер үшін мәліметтер алмасу проблемалары байқалмайды. Сонымен қатар, навигациялық шешімнің шығарылу қарқынын төмендету арқылы деректер көлемін бірнеше есе азайтуға болады. Позицияны сапалы анықтау үшін ағында келесі минималды хабарламалар жиынтығы болуы керек (бұл жағдайда GPS/Глонасс үшін өлшеулер MSM7 жоғары дәлдік режимінде):

RTCM1077 — кеңейтілген GPS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements;

RTCM1087 — кеңейтілген GLONASS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements;

RTCM1019 — GPS Ephemerides;

RTCM 1020 — GLONASS ephemerides;

RTCM 1006 — station coordinates station RTK base station ARP (Antenna reference point) with Antenna height.

Сонымен қатар, соңғы үш хабарлама тек базалық станция үшін қажет. Бұл эфемерид деректері мен базалық станцияның координаттары бар хабарламалар. Осылайша, сіз бір навигациялық жүйемен шектелсеңіз, мобильді қабылдағыштан тек екі хабарлама немесе тіпті олардың біреуін ала аласыз.

NTRIP хаттамасы бойынша базалық станциялар желісімен жұмыс істеу кезінде NMEA форматында түзетусіз алынған қабылдағыштың координаттарын беру — GGA хабарламасы жиі талап етіледі. Бұл желі

қабылдағышқа жақын базалық станцияны анықтап, одан деректерді беру үшін қажет. Бірақ мұндай хабарламаны беру серверлік БҚ (ПО) қабылдай алады.

1.6 RTCM 3 деректерді беру форматы

RTCM 3 форматында, әдетте, DGPS сияқты түзетуші деректердің өзі берілмейді, бірақ GPS L1 және L2 сияқты әр қолдау көрсетілетін диапазондағы әр спутниктің сигналдарын өлшеу деректері. RTCM 3 хабарлама пішімі ақпараттың оңтайлы орналасуына байланысты жақсы сығымдауын қамтамасыз етеді, сонымен қатар ағынды кез-келген сығымдау алгоритмімен қосымша сығымдауға болады. Бір хабарламада бір немесе барлық көрінетін спутниктердің (MSM-хабарламалар немесе Multi Signal Message) бірнеше сигналдары бойынша деректер болуы мүмкін, сондай-ақ эфемеридтер әрбір навигациялық жүйе үшін бөлек берілуі мүмкін және қызметтік хабарламалар, айталық, базалық станцияның координаттары. Негізінде, жылжымалы қабылдағыш пен базалық станцияның ағындары бірдей-бұл жай ғана қабылдағыштарды өлшеу. Базалық станцияны қолдана отырып түзету режимінде жұмыс істеу кезінде бір нүктеде мобильді қабылдағыштан және базалық станциядан екі RTCM 3 ағыны жиналуы тиіс. Бұл нүктенің қайда екендігі маңызды емес: базалық станцияда, мобильді қабылдағышта немесе олардан алыс. Екі ағын мамандандырылған бағдарламалық жасақтамада навигациялық мәселенің бірлескен шешімін қамтамасыз етеді, әдетте шығысында NMEA ағынын алады, ал егер NMEA ағыны мобильді қабылдағышта алынса — бұл ең қолайсыз нұсқа, өйткені жылжымалы нысандарды бақылау кезінде оны негізгі станциядан ағынды алуға қосымша бақылау пунктіне қайта жіберу керек. Егер мобильді қабылдағыштың өзінде жоғары дәлдікті позицияны алу қажет болмаса, одан RTCM 3 ағынын бақылау пунктіне жіберу тиімдірек болады (сурет. 1). Бұл жағдайда, әдетте, мобильді қабылдағышта сіз NMEA ағынында өзінің түзетілмеген шешімін ала аласыз. Кейбір жағдайларда RTCM 3 деректер ағынын немесе қабылдағыштың өз форматында жай жазуға болады және RINEX форматына түрлендіргеннен кейін өңдеуден кейінгі қызметте (мысалы ,trimblertx.com) немесе арнайы бағдарламаларда (атап айтқанда, RTKLib).

1.7 Жылжымалы объектілерді бақылау үшін спутник сигналын қабылдау сапасына шектеулер

Егер бақылау құрылғысының қуат проблемасы қуатты ықшам батареяны немесе аз тұтынылатын радиоарнаны жоя алатын болса, онда антенна мен оның өлшемдерін орналастыру мәселесін шешу қиынырақ.



Сурет 3. NAVIA ml8089f модулі-CP 13x15 мм және NAVIA ml8089f жөндеу платасы-CP-DEMO

Ең озық құрастырумен кішкентай антенна шағылысқан сигналды жақсы басуды қамтамасыз ете алмайды, ал бақылау құрылғысы шектеулі өлшемдерге ие, сондықтан мұндай құрылғыда антеннаны іске асыру ымыраға келу тәсілі болып табылады, егер бұл жеке мониторингтің тозатын құрылғысы болса, антеннаның бағдарлау проблемасы да туындайды: әрдайым зенитте емес, сәйкесінше, жерден шағылысқан сигналды қабылдау ықтималдығы жоғары, бірақ тіпті автомобильде диаметрі 120 мм — ден асатын геодезиялық класты антеннаны орналастыру қиындық тудыруы мүмкін. Көлемі мәселесін екі және төрт нүктелі сигналды қабылдайтын керамикалық антенналар шеше алады, бұл іс жүзінде 45° - тан жоғары бұрылған кезде де өте жақсы нәтиже береді. Жаңа әзірлемелер үшін қол жетімді нұсқа ретінде суретте көрсетілген GLEAD dad1585x36c14 антеннасын (Қос пиналы "керамика") ұсынуға болады 2-ші сурет. Бұл жаңадан жасалған құрылғылардың бөлігі ретінде пайдалануға арналған жоғары сапалы ықшам антенна. Жалпы, антеннаны таңдаудың бірінші кезектегі маңыздылығы туралы келесі факт айтады: кәдімгі антеннаны құрылғыдағы геодезияға ауыстыру позициялау дәлдігін шамамен 2 есе арттырады (DGPS қолдану сияқты!), ал шағылысқан сигналды қабылдаумен байланысты позициялардың " шығарындылары " толығымен дерлік жоғалады. Жылжымалы мониторинг жүйесі жабдықтарының құрамы RTK пайдалануға көшу кезінде өзгермейді. Жеке компоненттердің сапалық сипаттамалары өзгеруде.

1.8 Жылжымалы қабылдағыш жабдықтарының құрамы

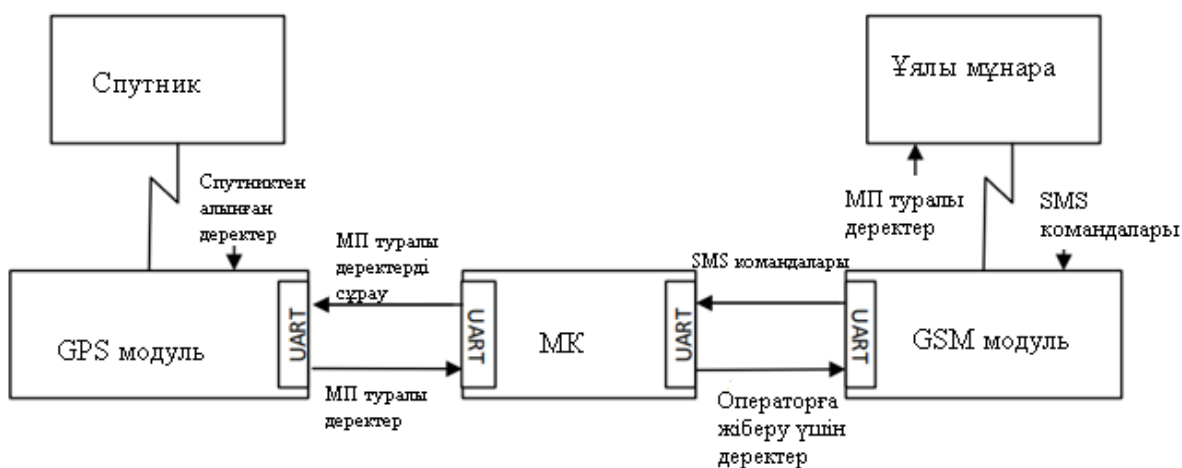
1. Антенна.
2. Навигациялық қабылдағыш.
3. Байланыс модулі.
4. Деректерді өңдеу процессоры (міндетті емес).
5. Қуат көзі (батарея).

Қазіргі баға тенденцияларын ескере отырып, мұндай жиынтықтағы ең қымбат антенна (бағасы 30-50 долларға жетуі мүмкін). Сонымен қатар, бір диапазонды навигациялық қабылдағыш пен байланыс модулі әрқайсысы 12-15 доллардан аспайды (мысалы, NAVIA ml8089f-CP навигациялық модулі Осы баға санатында www.naviaglonass.ru/product/ml8089f/) (сурет. 3). Батарея шамамен 30 доллар тұрады. Қалғанның бәрі корпуспен бірге шамамен 25 долларды құрайды. Барлығы 100 доллардан сәл асады-спутниктік бақылау құрылғысының стандартты бағасы. Мұндай жүйенің серверлік бөлігіне үлкен жүктеме түседі, өйткені навигациялық тапсырма сол жерде шешіледі. Мұның бәрі қарапайымдылық пен функционалдылық тұрғысынан біршама ерекше көрінеді.

1.9 Құрылымдық сұлбаны әзірлеу

Функционалды сұлба негізінде құрылымдық сұлба құру қажет. Жобаланған құрылғының құрылымдық сұлбасы үшін қажетті құрылғыларға функционалды сұлба блоктарын түсіндіреміз және осы блоктарға түсініктеме береміз:

- спутникпен жұмыс-спутниктен деректерді қабылдау үшін әзірленетін құрылғыға GPS модулі қажет;
- ұялы мұнарамен байланыс модулі - ұялы мұнарамен байланыс үшін құрылғыны GSM модулімен жабдықтау қажет;
- деректерді өңдеу модулі-GPS және GSM модульдерінің байланысы UART интерфейсі арқылы микроконтроллер арқылы жүзеге асырылады.



Сурет 2 – Құрылымдық сұлба

Принципиалды сұлба үшін кез-келген элементті таңдауға кіріспес бұрын, құрылымдық сұлбада көрсетілген блоктардың әрқайсысына кейбір түсініктемелер берген жөн. Сондай - ақ, бұл техникалық-экономикалық көрсеткіштерге сүйене отырып, әртүрлі типтегі құрылғыларды талдау кестесін жасауға көмектеседі.

GPS модулі

Құрылғыны жасау үшін бізге шағын GPS модулі қажет, ол радио сигналдарының келуінің уақытша кідірістерінің деректері негізінде қазіргі уақытта қабылдау антеннасының орналасқан жерінің географиялық координаттарын анықтауға арналған. Нысанды дәлірек анықтау үшін мүмкіндігінше көп байланыс арналарын қолдайтын және кіріс кернеулерінің үлкен диапазоны бар GPS модулін таңдау қажет. Сондай-ақ қосылу және жұмыс істеу оңай.



GPS модуль

GPS қабылдау модулі ештеңе бермейді, ол тек спутниктерден деректерді алады және математикалық есепті шешу арқылы орналасқан жерін анықтайды. Құрылғы өзінің орналасқан жерін анықтай алуы үшін құрылғы кем дегенде төрт спутникті көруі керек. GPS модулі неғұрлым көп спутниктерді көрсе, соғұрлым координаттар дәлірек болады. Қабылдағыштың жылдамдығы мен сезімталдығы құрылғыда қолданылатын микросхемамен анықталады. Жылдамдық құрылғы координаттарды қаншалықты тез анықтай алатындығымен түсіндіріледі. Сезімталдық дегеніміз қабылдағыштың спутниктердің максималды санын анықтау мүмкіндігін білдіреді.

GSM модуль

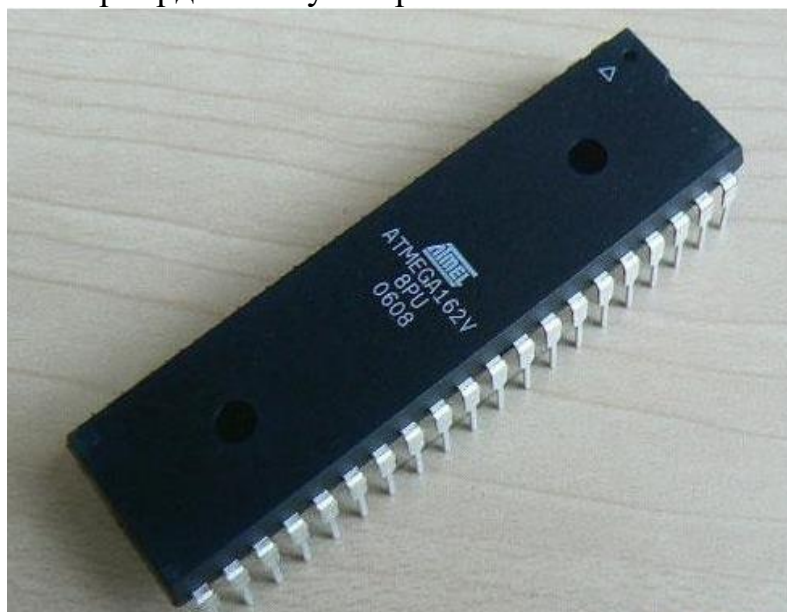
GSM модулі ұялы мұнарадан деректерді қабылдауға және жіберуге арналған, ол арқылы оператор объектіні бақылау құрылғысынан деректерді ала алады. Жобаланған жүйеге қатысты үлкен жиілік диапазоны бар GSM модулі, GPRS және GSM деректерімен жұмыс істеу мүмкіндігі, шағын өлшемдер қажет, сонымен қатар қосылу және жұмыс істеу оңай болады



Таңдалған GSM модулі QUECTEL M66

Микроконтроллер

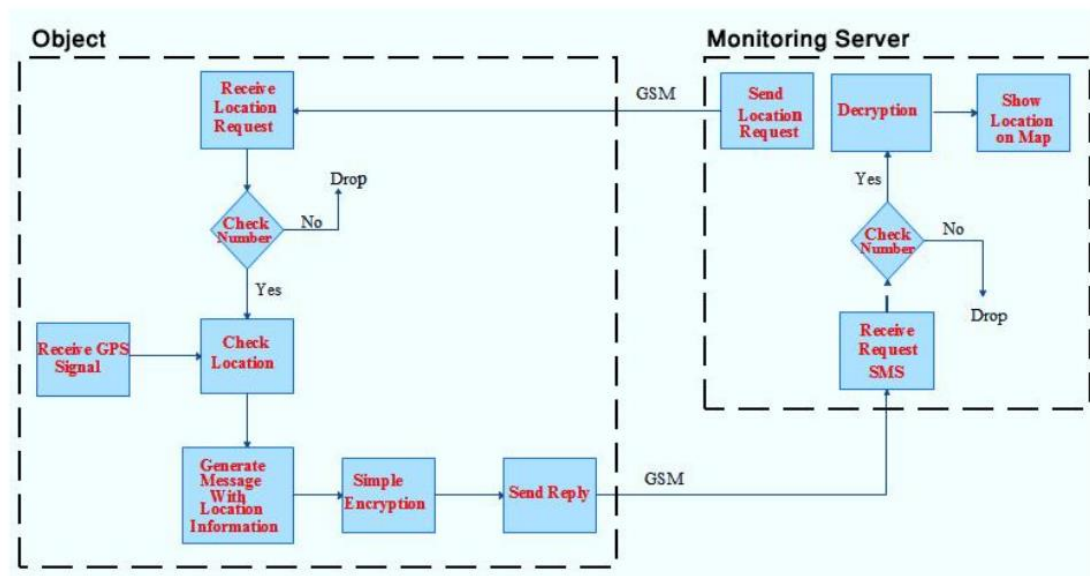
Бұл жүйеде микроконтроллер GPS және GSM модульдерін байланыстыру үшін қажет. Бұл жағдайда контроллерді таңдаудағы негізгі критерий-бұл мәселелерді шешу үшін пайдаланудың қарапайымдылығы (өнімділік, жад көлемі, қуат тұтыну және басқа критерийлер тұрғысынан кез-келген заманауи контроллерді қолдануға болады), сондықтан Atmel фирмасының AVR топтамасына назар аударған жөн. Жобаланған құрылғының модульдерін байланыстыру үшін UART интерфейсімен пиндер қажет, және олар әр модуль үшін бір бірден болуы керек.



Микроконтроллер ATMEGA 162

2 ПРАКТИКАЛЫҚ БӨЛІМ

2.1 Нысандарды бақылау жүйесі



Жүйенің блок - сұлбасы

Бұл блок схемасы екі компоненттен тұратын бақылау жүйесін дамытуға бағытталған: суретте көрсетілгендей бақылау сервері және объект.

Біріншіден, бақылау серверінің телефон нөмірі объектілік құрылғыда сақталады. Содан кейін, мониторинг басталған кезде, объект серверлік бақылау құрылғысынан кез-келген кіріс сұрауын үздіксіз тыңдайды. Сұрауды алғаннан кейін объектілік құрылғы ағымдағы ендік пен бойлықты тексереді және бұл ақпаратты серверлік бақылау құрылғысына жібереді. Бақылау серверінің құрылғысы Google карталарын пайдаланып объектінің орналасқан жері туралы деректерді ала отырып, экрандағы объектінің ағымдағы орнын көрсетеді. Барлық жіберілген деректер шеттегі агентке негізделген жүйенің функционалдығын қамтамасыз ету әдісіне негізделген, ол екі коммуникатордың да мекен-жай құпиясын сақтай алады, сақтаудан басқа құпиялылықты, тұтастықты және қол жетімділікті.

2.2 Принципиалды электр сұлбасын әзірлеу

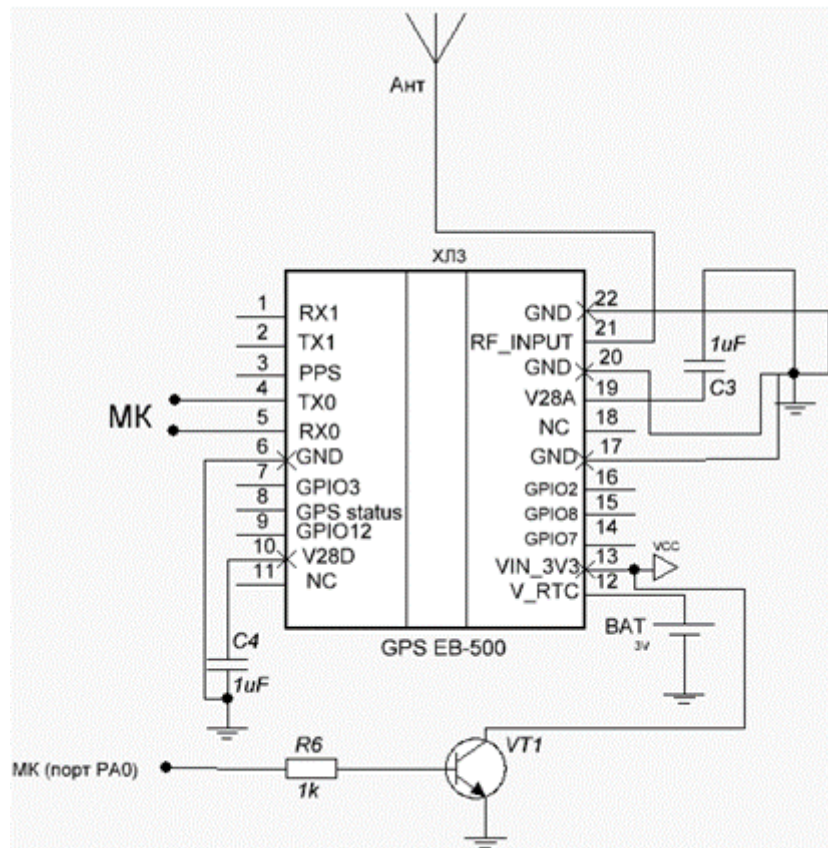
Әзірленген сұлбаны шартты түрде үш бөлікке бөлуге болады:

- GPS модулін қосу;
- GSM модулін қосу;
- микроконтроллер.

Әр сұлбаның функционалдығы бөлек қарастырылады.

2.2.1 GPS модулін қосу

GPS модулін пайдалану үшін бізге орналасқан жер туралы мәліметтерді беру үшін UART порты қажет. Сондай-ақ, антенна порты және модульдің қуат порты. Қосылу үшін бәрін осы модульдің деректер кетесінен білуге болады: Datasheet EB-500 [6]. Шуды сүзу үшін V28A және V28D пиндері қажет.



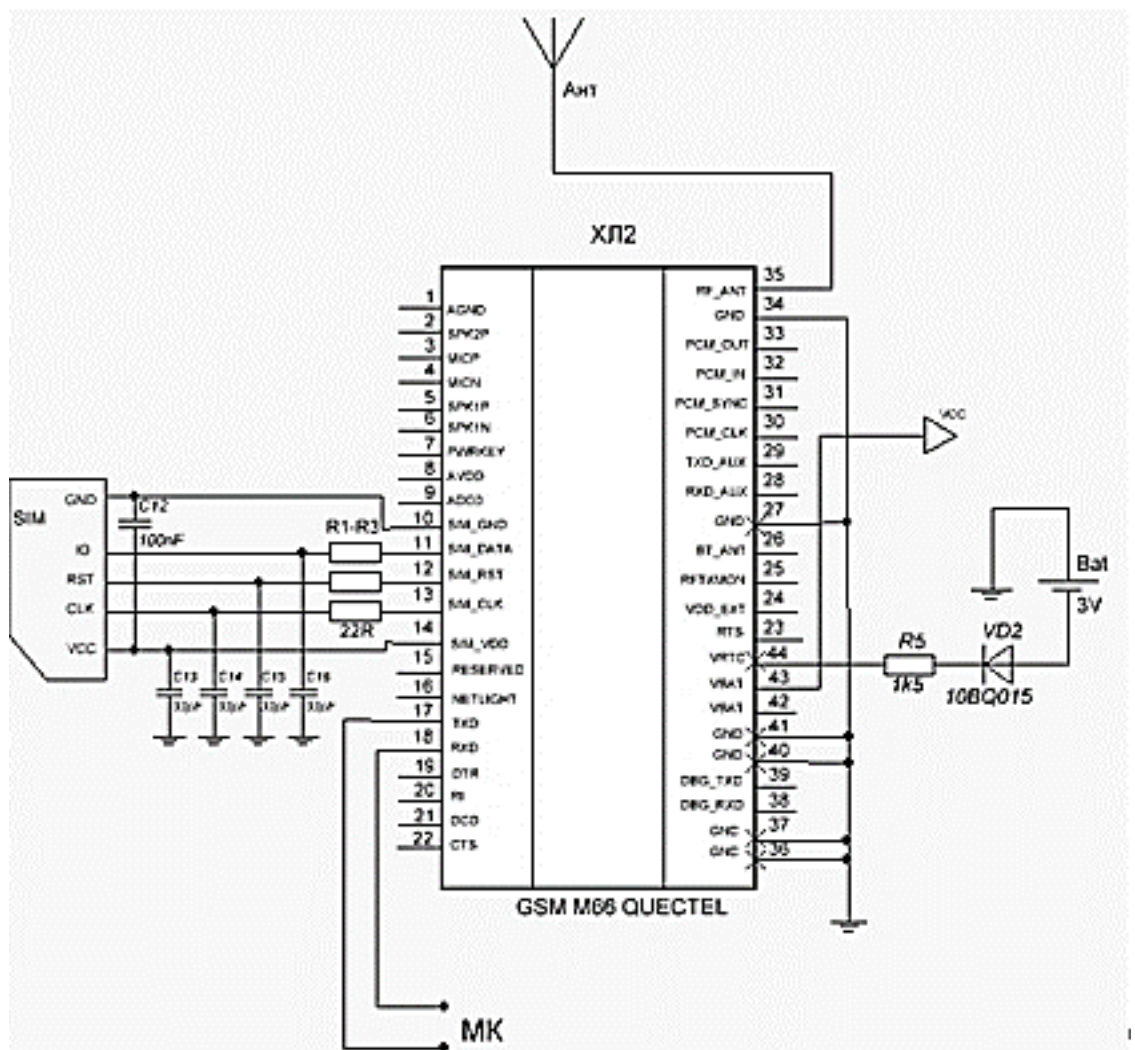
Сурет 6 - GPS модулін қосу

GPS Модулінің RXD порты микроконтроллердің PB3 портына, ал модульдің TXD порты микроконтроллердің PD2 портына қосылуы керек.

6-суретте GPS модулінің EB-500 микроконтроллерге қосылу схемасы, сондай-ақ қуат пен антенна көрсетілген.

2.2.2 GSM модулін қосу

GSM модулінің жұмысы үшін микроконтроллерге өңдеу үшін командалық деректерді беру үшін UART порты қажет. Сондай-ақ, ұялы мұнарамен байланыс және SMS хабарламалар қабылдау үшін модульге Sim картасын қосу қажет. Модульді микроконтроллерге қосу және қажетті компоненттерді қосу үшін Datasheet Quectel M66 пайдалану керек.

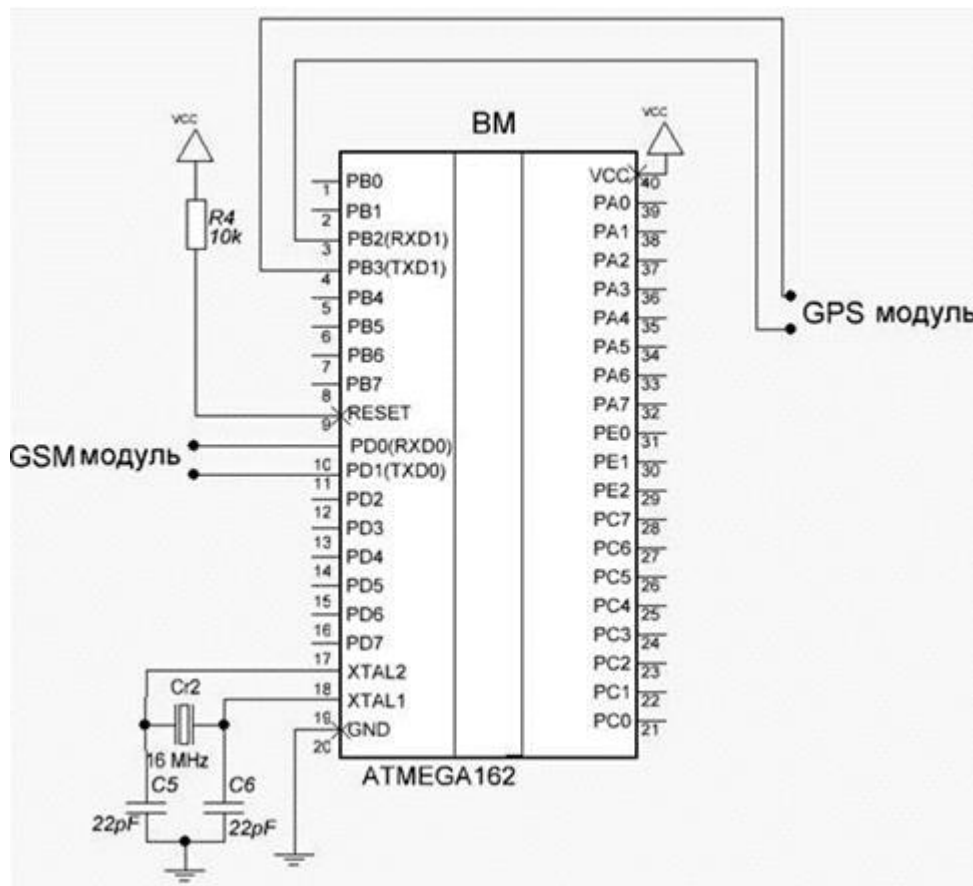


Сурет 7-GSM модулін қосу

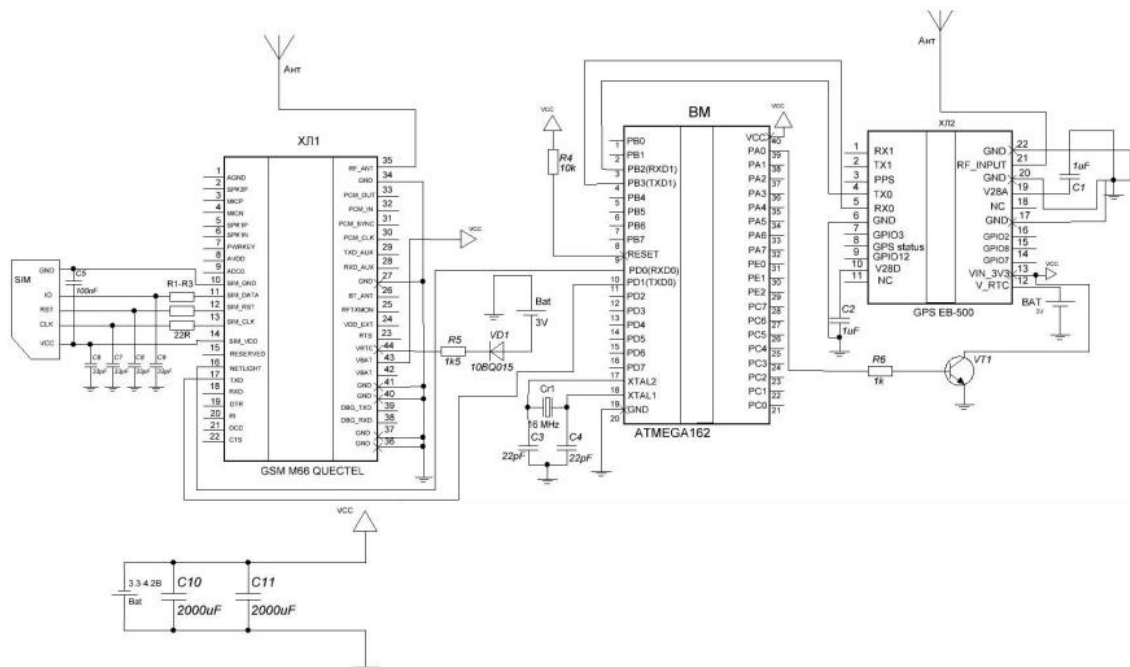
Модульдің RXD GSM порты микроконтроллердің PD1 портына, ал модульдің TXD порты микроконтроллердің PB0 портына қосылуы керек.

2.2.3 Микроконтроллер

Жобаланған жүйе үшін 2 UART кірісі және 2 UART шығысы, әр модульге бір кіріс және шығыс қажет. Сондай-ақ, шуды азайту және микроконтроллерді қалпына келтіру үшін кварц. Қосылу схемасы 8-суретте көрсетілген.

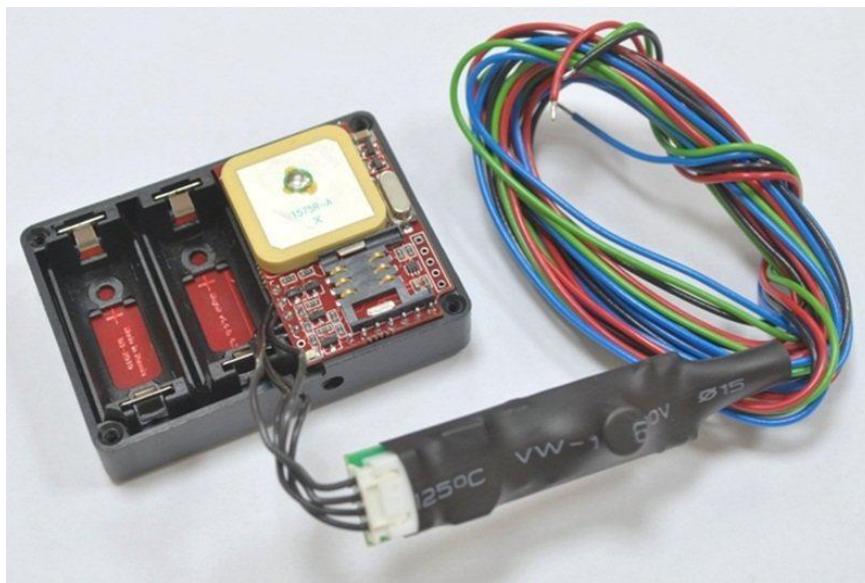


Сурет 8 - Жобаланған жүйеде Atmega 162



Сурет 9 - Трекердің электрлік принципалды сұлбасы

2.3 Элементтер



Датчиктерді қосуға арналған ағытпалар



GSM таратқыш

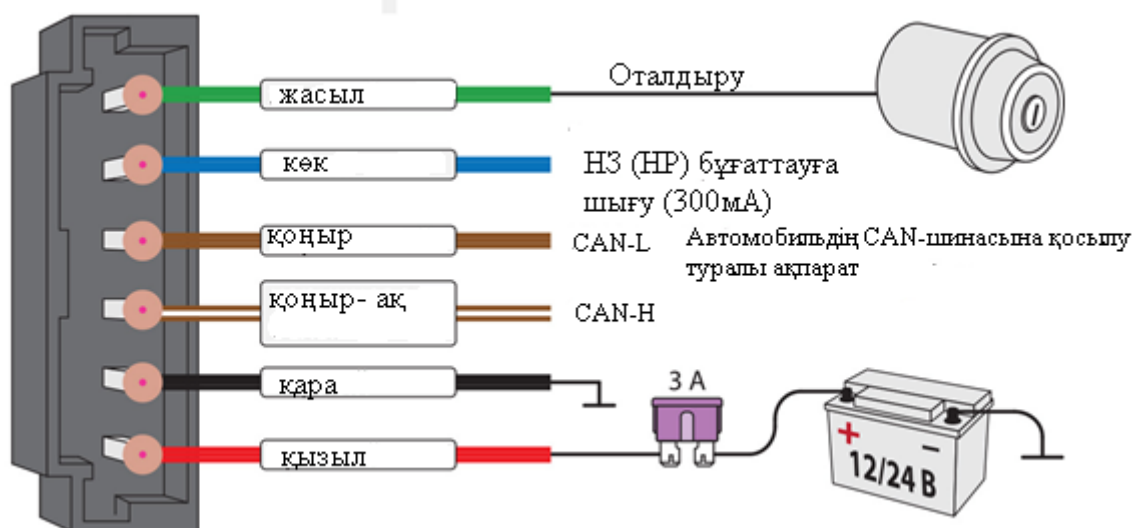
GPS/ГЛОНАСС
қабылдағыш

SIM модулі



GPS Антенна

Жады



Сурет 10 - Трекерді автокөлікке қосу сұлбасы

Спутниктік бақылау жүйелеріне арналған жабдық – қозғалыс бағыттарында көлік құралдарының орналасқан жерін және техникалық жағдайын анықтайтын электрондық құрылғылар жиынтығы. Кез келген көлік түріне: жеңіл және жүк көліктеріне, арнайы техникаға қашықтан басқару жүйесін орнатуға болады. GPS/GLONASS спутниктік бақылау жүйелерінің функционалдық мүмкіндіктері іс жүзінде шектеусіз, өйткені оны қосымша сенсорлар мен кеңейтімдердің барлық түрлерін қосу арқылы кеңейтуге болады.

Мониторинг жүйесі

Жабдықты таңдау талаптар мен шешілетін міндеттер негізінде жүргізіледі. Бір көлік құралын қосу құны GPS/GLONASS трекерінің және қажетті сенсорлардың құнынан және осы жабдықты көлікке орнату құнынан тұрады.

GPS/GLONASS трекерлері қозғалатын объектілерді қашықтан бақылауға арналған және бағдарламалық пакетпен бірге жұмыс істейді. Автокөліктің немесе оған орнатылған жабдықтың күйін бақылау үшін құрылғыға сандық, дискретті, аналогтық және жиілік-импульстік сенсорларды қосуға болады.

Жанармай бақылау

Жанармай деңгейінің датчиктері көліктердегі, теміржол көлігіндегі, жанармай қоймаларындағы цистерналардағы жанармай деңгейін өлшеуге, өлшенген деңгейді көлемге түрлендіруге және цифрлық деректердің нәтижесін GPS/GLONASS трекеріне шығаруға арналған.

Жанармай деңгейінің датчигін орнату келесі параметрлер бойынша нақты ақпаратты жинауға мүмкіндік береді:

- автомобиль цистернасындағы жанармай мөлшері,
- жанармай құю/ағызу орнының координаттары мен мекенжайы,
- жанармай құю/ағызу уақыты,
- толтырылған немесе төгілген отын мөлшері,
- нақты отын шығыны.

Жанармай бақылау жүйесі спутниктік бақылау жүйесін толықтырады және GPS/GLONASS трекеріне қосылады.

Жанармайды басқару жүйесін жабдықтау құнына отын деңгейіне батырылатын сенсордың құны, газ багына сенсорды орнату (кіргізу) және жүйені калибрлеу кіреді.

Бейне бақылау

Көліктегі бейнебақылау жүйесі міндеттерге байланысты көптеген нұсқалар мен нұсқаларда жүзеге асырылуы мүмкін. Автокөлік GPS құрылғысы видиотіркеуші ретінде, онлайн бақылау үшін GPS терминалы ретінде де пайдалануға болады.

GPS құрылғылары Wialon бақылау жүйесімен біріктірілген.

ҚОРТЫНДЫ

Адамдардың орналасқан жерін анықтау және әртүрлі қозғалатын заттарды бақылау қажеттілігі GPS трекер сияқты құрылғының пайда болуына әкелді. Нәтижесінде, бүгінгі күні кез-келген мүдделі адам жақын адамдарымен немесе қызметкерлерімен болатын оқиғалардан хабардар бола алады, сонымен қатар автомобильдер мен басқа да көліктердің орналасқан жері туралы оңай білуге болады.

Осы жұмысты орындау барысында объектінің орналасқан жерін анықтау үшін қолданылатын негізгі модульдер мен әдістер қарастырылды. Құрылымдық, функционалдық, принциптік сұлбалар жобаланды. GPS, GSM модульдері және олардан ақпаратты өңдеуге арналған контроллер таңдалды.

Бағдарламалық жасақтаманы әзірлеудің өзектілігі негізделген, ол объектілердің қозғалысын бақылауға және пайдаланушыны қызықтыратын оқиғалар туралы хабарлауға мүмкіндік береді: қозғалыстың басталуы, тоқтауы, белгіленген жылдамдықтан асып кету. Ол сондай-ақ жүзеге асыруға қажетті теориялық ақпаратты береді.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. naviglonass.ru
2. www.rtklib.com
3. www.glead.com.cn
4. trimblertx.com
5. geospider.ru
6. www.geobox.ru
7. ГОСТ Р 51086-97. Датчики и преобразователи физических величин электронные
8. Горбачёв А. Ю. Математическая модель погрешностей gps.: Авиакосмическое приборостроение./ Москва. Изд. «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ», 2010. — №5 — 77-79 с..
9. Анучин О.Н., Емельянцеv Г.И. Интегрированные системы ориентации для морских подвижных объектов./ Санкт-Петербург. Изд. «Электроприбор»; 2003. — 160-161 с.
10. Александров И.М., Рычагов В. В. Космическая радионавигационная система НАВСТАР./ Зарубежное военное обозрение. Москва. Изд.
11. «Мир», 1995. — №5 — 52-63 с.
12. Козловский Е. Искусство позиционирования / Вокруг света. — Москва, 2006. — № 12. — 204-280 с.
13. Шебшаевич В. С., Дмитриев П. П., Иванцев Н. В. Сетевые спутниковыерадионавигационные системы / под ред. В. С. Шебшаевича. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва. Изд. «Просвещение», 1993. — 408 с.
14. Datasheet HCSR04. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf> (Дата обращения 21.04.2016). Режим доступа: свободный.
15. Персональный трекер GL-300 [Электронный ресурс]. – URL: <http://inteh-plus.com.ua/index.php/globus-m/treker-gl-300>