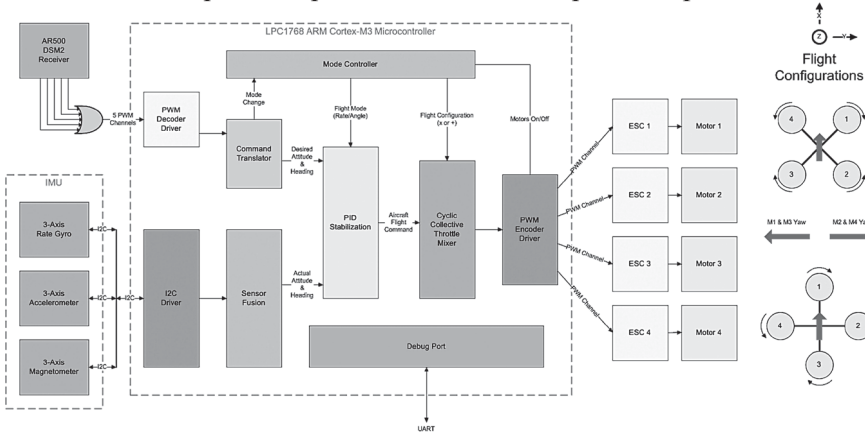
Лекция 15

15 Ұшу контроллері. Борттық компьютер

Ұшу контроллері – кез-келген ҰҰА миы. Тұрақтандыру тақтасы сияқты арнайы жабдық болмаса, ҰҰА ауада тепе-теңдікке ие бол- майды және жерге құлап кетуі мүмкін. Тұрақтандыру тақтасы аксе- лерометр, гироскоп, магнитометр, барометр, GPS қабылдағыш және басқа да қосымша перифериялық телеметрия датчиктері сияқты инерциялық өлшеу датчиктерімен өлшеулерді үздіксіз жүргізеді.

Электронды жүріс реттегішіне белгілі бір сигнал жібере оты- рып, ҰҰА жағдайының ауытқу қателеріне өзгерістер енгізеді. Бұл өз кезегінде қозғалтқыштарға белгілі бір кернеуді береді, оның айналу жиілігін өзгертеді. Осылайша, ҰҰА орналасуын сол немесе басқа бағытта өтейді. 15.20 суретте көрсетілгендей, жүйе жабық циклде орналасқан [17].

Басында жүйеге оның қайда екенін – ҰҰА-ның қазіргі жағдайын түсіну керек. Ол үшін ҰҰА-ны тегіс жерге қойып, батареялардан қуат беру керек. Содан кейін барлық сенсорлардың инициализация- сын күтіңіз және гироскоп пен акселерометрді калибрлеу, сондай-ақ спутниктерді табу процесі өтеді. Осыдан кейін жүйе ағымдағы жағдайды көкжиек пен координаттар бойынша анықтама ретінде түсінеді.



Сурет 15.20. Квадрокоптердің ұшу контроллерінің схемасы

Әрі қарай, қозғалтқышты іске қосқаннан кейін ұшу процесі жүреді, онда микропроцессор датчиктердің орналасу мәндерін өңдейді және қуат бар немесе басқа ұшу режимі таңдалғанға дейін өңдеуді

жалғастырады. Егер ҰҰА позициясы бойынша ауытқулар болса, онда жүйе ауытқуларды өтейді. Ол қозғалтқыштарға белгілі бір кернеуді береді, айналу жылдамдығын басқарады, осылайша ҰҰА позициясының қателігін теңестіреді.

ПИД (Пропорционалды-Интегралды-Дифференциалдау) контроллері

ПИД контроллері кері байланыстың ең көп таралған түрі болып табылады. ПИД реттегіш – басқарушы контурындағы кері байла- ныс бар құрылғы. Автоматты басқару жүйелерінде өтпелі процестің қажетті дәлдігі мен сапасын алу үшін басқару сигналын қалыптастыру үшін қолданылады. ПИД реттегіші үш терминнің қосындысы болып табылатын басқару сигналын құрайды, олардың біріншісі кіріс сигналы мен кері байланыс сигналының (сәйкессіздік сигналы) айырмашылығына пропорционал, екіншісі – сәйкессіздік сигналының интегралы, үшіншісі – сәйкессіздік сигналының туындысы.

ПИД реттеуші шешім қабылдаудың маңызды элементі болып табылады және ол 1940 жылдардан бастап процесті басқарудың стандартты құралына айналды. Бүгінгі таңда басқару процесінде басқару циклдерінің 95%-дан астамы ПИД түріне ие. ПИД реттеу таратылған басқару жүйесінің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады.

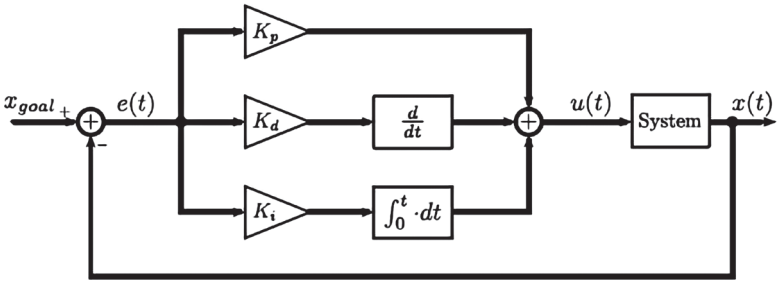
Контроллерлер сонымен қатар көптеген арнайы басқару жүйелерінде біріктірілген. ПИД реттеу көбінесе өндіріс және тасымал- дау энергияны өндіру үшін қолданылатын күрделі автоматтандыру жүйелерін құру үшін қолданылады.

Басқарудың болжамды модельдері сияқты көптеген күрделі басқару стратегиялары иерархиялық түрде ұйымдастырылған. ПИД реттеу ең төменгі деңгейде қолданылады. Көп параметрлі контроллер физикалық төменгі деңгейдегі негізгі мәндерді орнатады. ПИД контроллерлері механика мен пневматикадан бастап микропроцессорларға, транзисторларға, интегралдық микросхемаларға дейінгі технологияның көптеген өзгерістерден өтті. Микропроцессорлар ПИД реттегіштеріне айтарлықтай әсер етті.

Бүгінгі таңда ПИД контроллерлерінің барлығы дерлік микропроцессорларға негізделген. Бұл автоматты реттеу, жоспарлау сияқты қосымша функцияларды қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

ПИД контроллері үшін блок-диаграмма 15.21 суретте көрсетілген [18]. (15.7)-де келтірілген ПИД контроллер математикалық сипаттамасы.

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^{\tau} e(t)dt + K_d \overline{de(t)\ dt} \qquad (15.7)$$



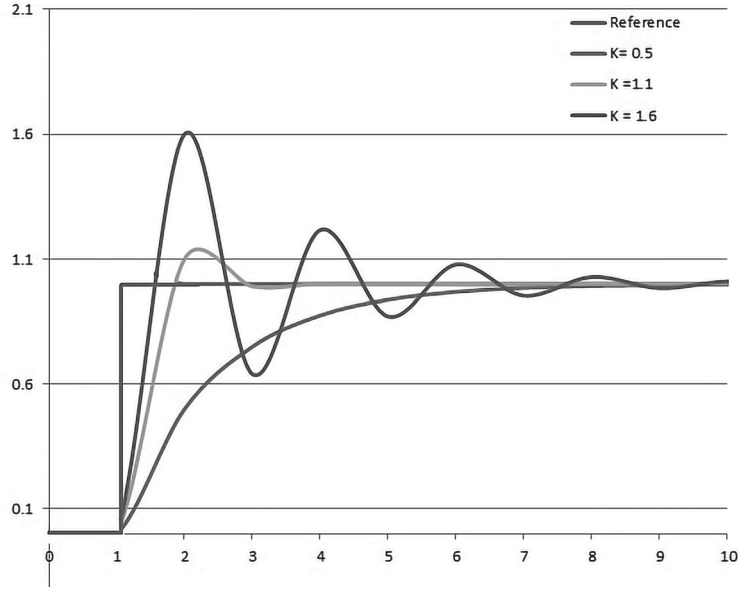
Сурет 15.21. ПИД контроллері үшін блок диаграммалар

ПИД контроллерінің алгоритмі үш бөлек тұрақты параметрлерді қамтиды: *P*, *I* және *D*-мен белгіленген пропорционалды, интегралды

және туынды шамалар. Қарапайым сөзбен айтқанда, бұл мәндерді уақыт тұрғысынан түсіндіруге болады: *P* нақты қатеге байланы- сты, *I* өткен қателерді жинақтаудан, және *D* ағымдағы өзгерту жылдамдығына негізделген болашақ қателерді болжау болып табылады. Осы үш әрекеттің өлшенген қосындысы процесті рет- теу клапанының позициясы, демпфер немесе қыздыру элементіне берілетін қуат сияқты элементтермен реттеу үшін қолданылады.

15.1 Пропорционалды компонент. Пропорционалды компонент қатенің ағымдағы мәніне пропорционал болатын шығыс мәнін шығарады. Про- порционалды реакцияны қатенің пропорционалдылық коэффициенті деп аталатын K_p тұрақтысына көбейту арқылы реттеуге болады. Про- порционалды параметр (15.8) формуласымен көрсетіледі.

$$P_{out} = K_p e(t) \qquad (15.8)$$



Сурет 15.22. PV (process variable) уақытқа тәуелділік графигі, K_p (K_iжәне K_d тұрақты) үш мәні үшін

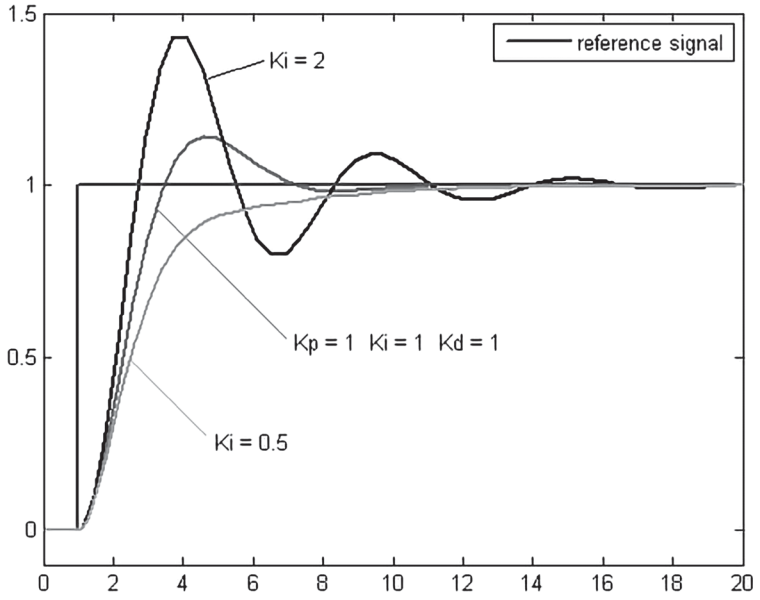
Пропорционалды кірістің жоғары коэффициенті қате өзгерген кезде шығыс сигналында айтарлықтай өзгеріске әкеледі. Егер про-

порционалды кіріс коэффициенті тым жоғары болса, онда жүйе тұрақсыз болуы мүмкін. Кішкентай

күшейту коэффициенті үлкен кіріс қатесімен шығуда аз нәтижеге әкеледі. Бұл контроллерді аз сезімтал етеді және кері байланысқа нашар жауап береді. Егер пропор- ционалды кіріс коэффициенті тым аз болса, онда жүйелік кедергілерге жауап беру арқылы басқару әсері тым аз болуы мүмкін. 15.22-суретте коэффициенттің үш мәні үшін параметрдің уақытқа тәуелділік графигі келтірілген [18].

15.2 Интегралдық құрауыш. Интегралдық параметрдің қосындысы қатенің көлеміне және қатенің ұзақтығына пропорционал. ПИД рет- теуішіндегі Интеграл уақыт өте келе жедел қатенің қосындысы болып табылады және алдын-ала түзетілуі керек жинақталған бұрмалануды береді. Содан кейін
жинақталған қате K_i коэффициентіне көбейтіліп, контроллердің шығыс сигналына қосылады. Интегралдық параметр (15.9) формуласымен өрнектеледі [18].

$$_{out} = {}_{i}\int \left(I_{\tau}\right) \tau K \quad e \quad d \qquad {}^{t}_{0} \qquad (15.9)$$



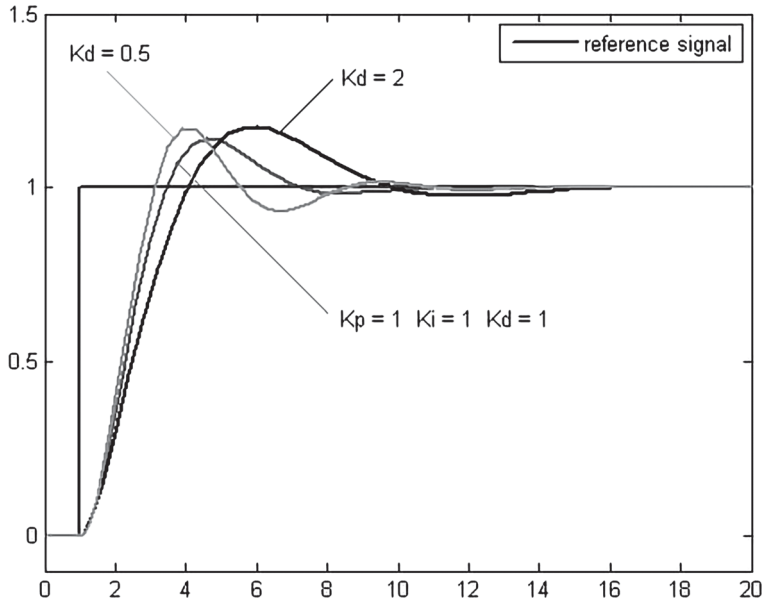
Сурет 15.215. PV (process variable) уақытқа тәуелділік графигі, K_i (K_p және K_d тұрақты) үш мәні үшін

Интегралдау компоненті процестің берілген мәнге қатысты қозғалысын тездетеді және пропорционалды контроллерде болған қалдық тұрақты қатені жояды. Алайда, интегралды параметр алдыңғы жинақталған қателерге жауап беретіндіктен, бұл ағымдағы күйдің берілген (ағымдағы қателерді түзету) мәнін төмендетуге әкелуі мүмкін. 15.215-суретте коэффициенттің үш мәні үшін параметрдің уақытқа тәуелділік графигі келтірілген.

15.3 Дифференциалдық параметр. Процесс қатесінің туындысы уақыт өте келе қатенің өзгеруін анықтау арқылы есептеледі. Параметрдің әсерді жалпы басқаруға қосқан үлесінің мәні K_d, күшейті коэффи- циентінің туындысы деп аталады, (15.10) формуласымен өрнектеледі.

$$D \quad = K \quad \frac{d}{} \; e(t) \qquad _{out} \qquad {}^{d}\, dt \qquad (15.10)$$

Дифференциалдық параметр жүйенің әрекетін болжайды және сол арқылы жүйенің уақыты мен тұрақтылығын реттеуді жақсартады. ПИД реттегішін енгізу жоғары жиіліктер мен шуды азайту үшін қосымша сүзгіні қамтиды.



Сурет 15.24. PV (process variable) уақытқа тәуелділік графигі, K_d (K_p және K_i тұрақты) үш мәні үшін

Дифференциалды әрекет практикада сирек қолданылады, кейбір бағалаулар бойынша, бұл тек 20% жағдайда нақты әлемдегі қосым- шаларда жүйенің тұрақтылығына әсер етеді. 15.24-суретте коэффи- циенттің үш мәні үшін параметрдің уақытқа тәуелділік графигі келтірілген [18].

Бүгінгі таңда нарықта бірнеше ұшу контроллерін өндірушілер бар, олардың әрқайсысының кемшіліктері мен артықшылықтары бар, 15.1-кестеде белгілі жүйелердің мысалдары келтірілген. Emlid.Navio 2 компаниясының танымал Navio2 жүйесін қарастырайық – Raspberrypi бір тақталы компьютерді және Linux операциялық жүйелерін қосуды қолдайтын автопилот (сурет. 15.25) [17].

Бұл жүйенің басқа жүйелермен салыстырғанда ерекшеліктері, Ол Raspberrypi B+, 2, 15 платформасына қосыла алады (сурет. 15.26) [17]. Бұл өз кезегінде банк картасы мөлшермен бір тақталы компьютерлер бар. 4 ядролық ARM Cortex-A515 x64 жиілігі 1.2 ГГц және 1 Гб жедел жады бар.

Сондай-ақ, әртүрлі Перифериялық құрылғыларды әртүрлі интер- фейстерге қосу мүмкіндігі бар: USB, SPI, I2C, UART, GPIO, HDMI, WiFi, Bluetooth. Бұл платформа Unix-ке ұқсас Raspbian жүйесінде жұмыс істейді. Бұл әзірлеушілерге робототехника, компьютерлік көру, Машиналық оқыту және т.б. бойынша түрлі қосымшаларды әзірлеу үшін үлкен потенциал береді.

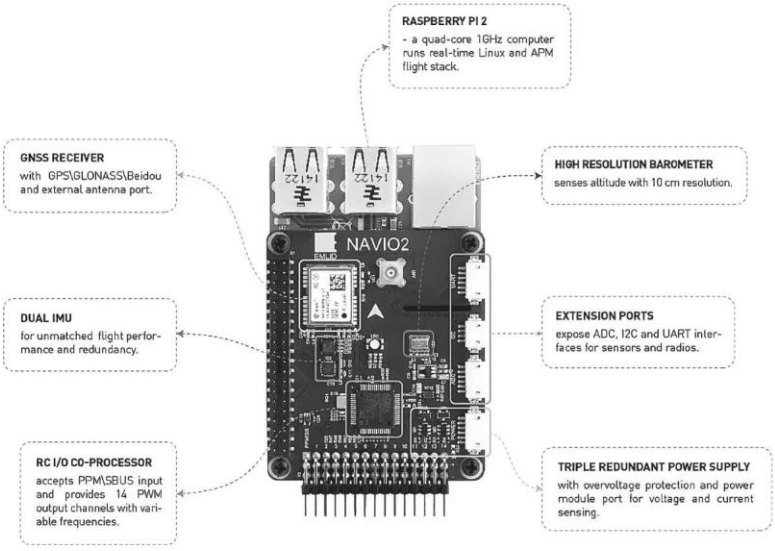
Кесте 15.1. Тұрақтандыру жүйелерін салыстыру

ЖҮЙЕ	Ашық бастапқы код	Деңгейі бойынша тұрақтандыру	Биіктікті ұстап тұру	Ережені сақтау	Үйге оралу	Координаттар бойынша навигация	БАҒА
1	*2*	*15*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
Ardu-Copter (APM 2.5)	+	+	+	+	+	+	Орташа
Crius All In One PRO	+	+	+	-	-	-	Жоғары

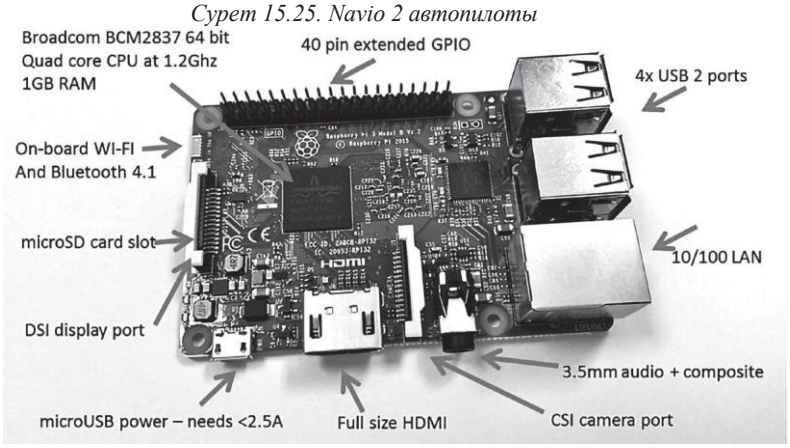
15.1-кестенің жалғасы

1	*2*	*15*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
CriusMulti-WiiLite	+	+	-	-	-	-	Төмен

Pixhawk-Arducopter	+	+	+	-	-	-	Төмен
DJI Naza	-	+	-	-	-	-	Жоғары
Hobbyking KK2.0	-	+	-	-	-	-	Төмен
Multi-Wii PRO / MTK GPS	+	+	+	-	-	-	Орташа
Navio2	+	+	+	+	+	+	Орташа
Zero UAV YS-X6	-	+	+	+	+	+	Жоғары
Aero-Quad 152	+	+	+	-	-	-	Орташа



Сурет 15.25. Navio 2 автопилоты



Сурет 15.26. Raspberry pi 15

Борттық программалық қамтамасыз ету.

Егер Unix-те жұмыс істейтін платформа RaspbianJessieNavio тара- тылымында таңдалса, қандай әрекеттерді орындау керектігін қарас- тырамыз. Жұмысты бастау үшін келесі әрекеттерді орындау қажет:

1) Сайттан ресми таратуды жүктеп алыңыз https://files.emlid.com/ images/emlid-raspbian-20160408.img.xz/.
2) Жүктелген образды архиватормен ашыңыз.
3) Win152DiskImager утилитасын пайдаланып жүктеу картасын жасаңыз және оған ОЖ образын

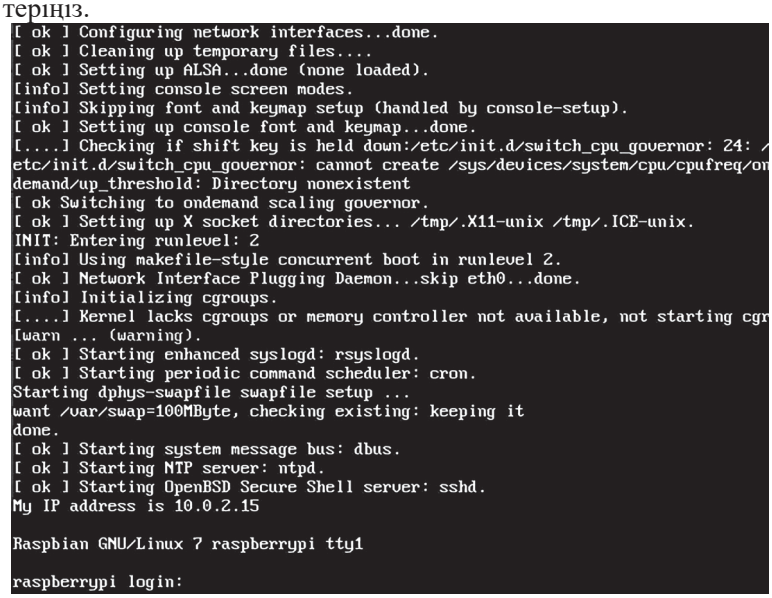
жазыңыз.

4) Картаны raspberrypi ұяшығына салыңыз.
5) Raspberrypi орнату үшін HDMI қолдайтын интерфейсі бар HDMI кабелі, пернетақта қажет.
6) Navio2 тақтасын Raspberrypi 15-ке қосыңыз.
7) Батареяға қосылған кернеу реттегішінен 5 вольт қуат беріңіз.

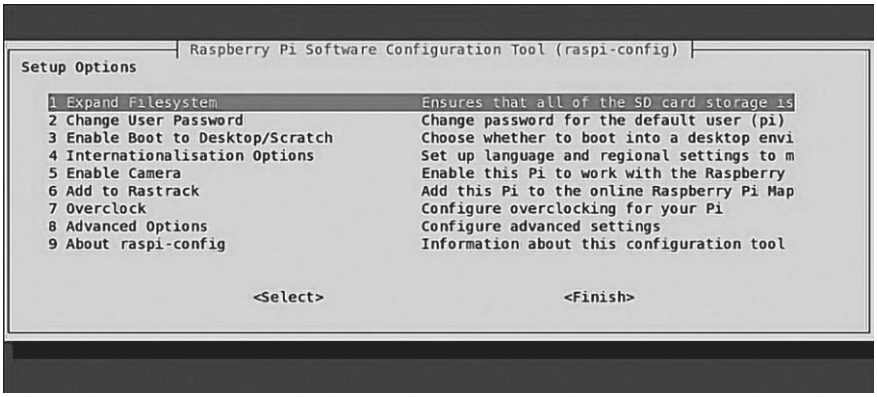
Консоль жүктеледі (сурет. 15.27), ол арқылы келесі параметрлерді жүргізу қажет болады.

Логин мен парольді енгізу қажет (әдепкі бойынша login – pi, құпия сөз – raspberry). Әрі қарай, файлдық жүйені кеңейтіп, SSH туннелін іске қосып, маршрутизатор параметрлерін жасау керек (сурет. 15.28- 15.150). Конфигурация мәзіріне кіру үшін пәрменді *sudoraspi-config* консоліне енгізу керек.

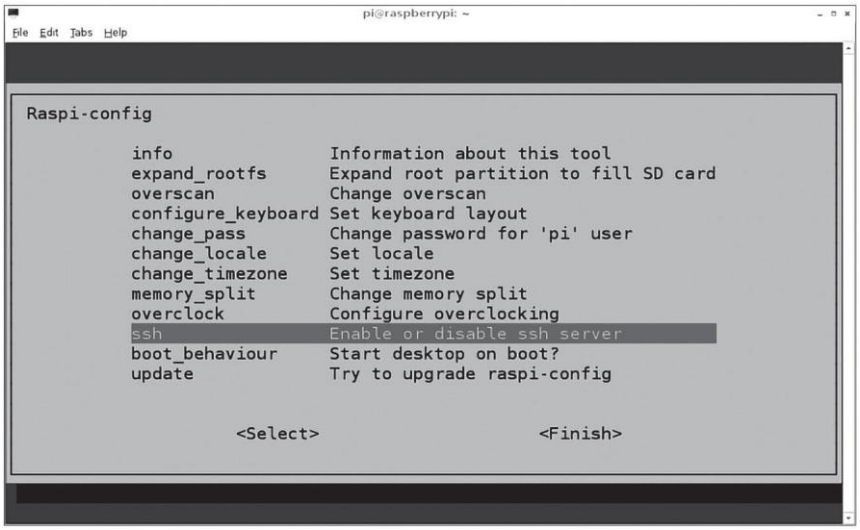
Маршрутизаторға қосылуды орнату үшін sudonano /etc/wpa_ supplicant/wpa_supplicant.conf консолінде пәрменді теріңіз.



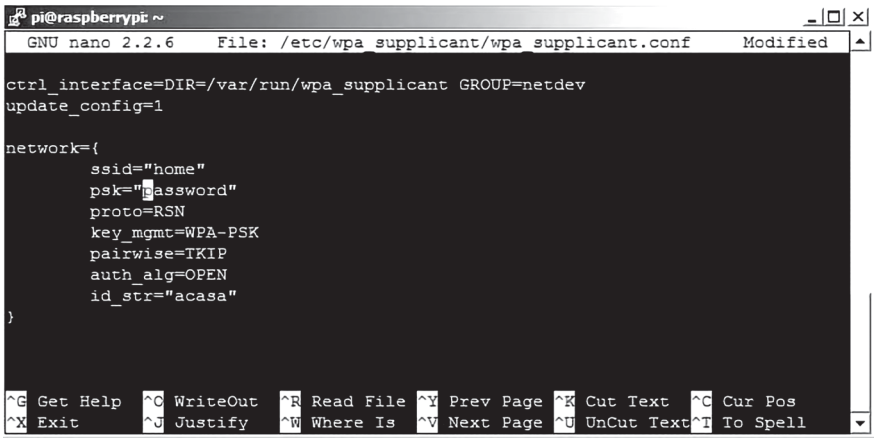
Сурет 15.27. RaspbianJessie Консолі



Сурет 15.28. Файлдық жүйені кеңейту

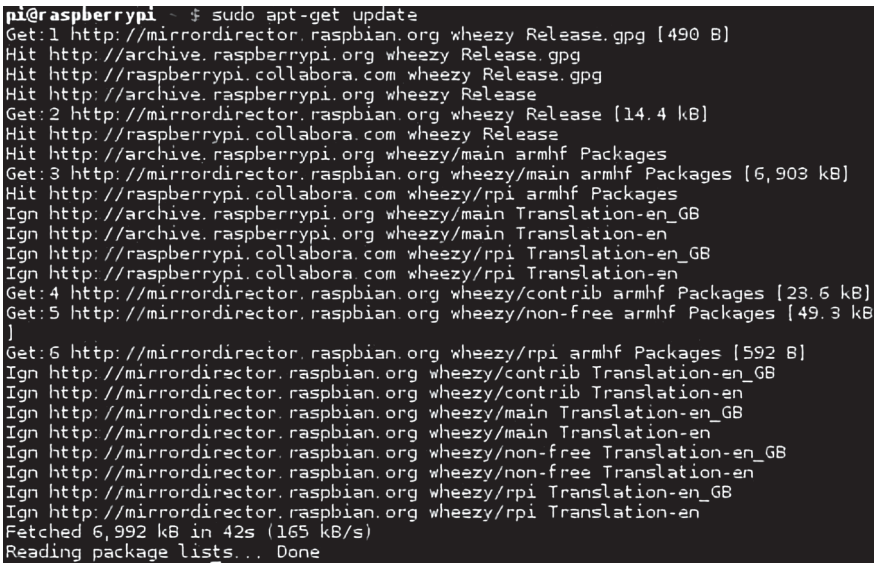


Сурет 15.29. SSH туннелін іске қосу



Сурет 15.150. Маршрутизаторға қосылуды орнату

Әрі қарай, интернетке қосылғаннан кейін RaspberryFoundation репо- зиторийлерінде жатқан дистрибутивтерден кітапханалардың соңғы нұсқаларын жаңарту және орнату қажет. Ол үшін пәрменді sudoapt- getupdate&&sudoapt-getdist-upgrade консоліне теріңіз (сурет.15.151).



Сурет 15.151. Жүйені жаңарту

Әрі қарай, sudoapt-getupdate&&sudoapt-getinstall apm-navio2 пәрменін енгізу арқылы APM орнату керек. Әрі қарай, GStreamer 1.0 таратылымын sudoapt-getinstallgstreamer1.0 пәрменімен орнатыңыз. Сондай-ақ, Жердегі станцияға gstreamer және missionplanner орнату қажет.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, робототехниканы қолданудың негізгі бағыт- тарын атап өтеміз, онда қарастырылған ғылыми-техникалық мәсе- лелерді шешуде ең алдымен қол жеткізілетін жетістіктер:

1. Ғарыштық робототехника. Бүгінгі таңда бұл ғарыш дамуындағы келесі кезеңнің маңызды құрамдас бөлігі. Бұл, ең алдымен, терең кеңістікті және жақын планеталарды, оның ішінде Айды зерттеуге қатысты.

Ғарыштық робототехника түбегейлі жаңа ғарыш объектілері мен жүйелерін, оның ішінде робот техникасының жаңа мүмкіндіктеріне бағытталған Жер ғарыш кеңістігін құру болашағын ашады.

2. Суасты робототехникасы. Ғарышпен қатар бұл робототехни- каның жаңа буыны шешуші рөл атқаруы керек адамзаттың «кеңеюінің» екінші бағыты. Егер амфибия – бұл қиял болса, онда амфибиялық роботтар қазірдің өзінде шындық. Олардың «Титаник» пен батып бара жатқан суасты қайықтарын зерттеу, су астындағы геологиялық робот- тарды пайдалану жөніндегі жұмыстарын еске түсіру жеткілікті. Бірақ, ақыр соңында, бұл су астындағы робототехниканың негізі ғана.

Қазіргі уақытта Ай мен басқа ғарыштық базалар өздігінен жөндейтін роботтар қызмет етпейді, су асты құрылыстары жоқ. Алайда, егер қазіргі кездегі машина жасауды дамытудың негізгі бағыты – бұл тұрақсыз кешенді-роботты кәсіпорындар болса, онда мұның бәрі ғарышты зерттеу мен мұхиттың тереңдігіне және сәйкес технологияларды дамытуға қатысты болуы керек.

3. Құрлықтағы және әуедегі жылжымалы робототехника. Бұған төтенше жағдайларда, соның ішінде қарулы күштер мен басқа күш құрылымдары үшін, роботтарды топтық пайдалану, қақтығыс жағдайында пайдалану және автономды жұмыс істеуге бағытталған келесі роботтардың саналы ұрпақтарын құруға арналған роботтық жүйелер кіреді.

Әсіресе үлкен перспективалар микророботикамен байланысты. Ұшу, жүзу, жүгіру және т.б. микроботтар адам қызметінің көптеген маңызды бағыттарында төңкеріс жасайды.

4. Био- және медициналық робототехника. Бұған жоғарыда қарастырылған бионикалық ерітінділерді алу проблемалары және робототехниканы тірі организмдерге енгізудің кері процесі кіреді. Соңғысы аяқтарды протездеуден басталды, содан кейін адамның экс- тремалды жағдайда жұмыс істей алуының физикалық мүмкіндіктерін

күшейтуден басталды (белсенді костюмдер, биологиялық бақыланатын жүру машиналары және т.б.).

Ақырында, ақылды протездер мен экзоскелеттердің жаңа буын- дары, медбике роботтары, мүгедектерді оңалтуға арналған роботты жүйелер, массажерлер және т.б. Алайда, бірінші кезекте, хирургия сияқты робототехниканы қолданудың жаңа бағыттары, оның ішінде қашықтықтан, көмекші роботтар, тамырішілік және ішілік диагно- стика мен хирургия үшін микроботтар.

5. Білім беру жүйесіндегі робототехника. Робототехниканы дамы- тудың бұл бағыты жаңа және болашағы зор. Республиканың білім беру жүйесінде белгілі бір пәндер немесе пәндер бойынша оқу процесі оқытушылардың қатысуынсыз бағдарламалық оқыту роботтары арқылы жүзеге асырылатын роботталған университеттер, мектептер, лицейлер және басқа оқу орындары құрылады.

Роботты қолданудың аталған перспективалық бағыттарының арасында өнеркәсіптік робототехника жоқ. Бұл өнеркәсіптік робот- тар жақын болашақта негізгі ғаламдық роботтардың флоты бола беретіндігімен түсіндіріледі, робототехниканың жоғарыда аталған бағыттардағы дамуын, дәлірек айтсақ, тез дамып келе жатқан өрістерін анықтайтын дәл осы бөлім емес.