

5-Дәріс

Таырыбы: Кластерлік жүйелер

Жоспар:

1. Кластерлік жүйелер туралы.
2. Кластерлі жүйелерде процессорлерді желі арқылы жұмыс істеу мәселелері.

Мақсаты: білім алушыларға кластерлік жүйелер туралы түсінік қалыптастыру

Кілттік сөздер: MPP, MPI, кластер, мультипроцессор, мультитядро, cloud

Оқытудың әдістемесі мен формасы: Баяндау, дәріс

Параллель есептеулер жүйелерінің түрлері көп.

Оларға әртүрлі аппараттық компоненттер және бағдарламалық қамтамалар сәйкес:

- процессорлар - Intel, IBM, AMD, HP, NEC, Cray, т.б.;
- желілік карталар - Ethernet, Myrinet, Infiniband, SCI, т.б.;
- операциялық жүйелер Unix, Linux, Windows, FreeBSD және әртүрлі қосымшалар, т.б.

Заманауи параллель есептеулер жүйесінің негізінің бірі - суперкомпьютерлер.

Біз көпшілікке қол жетімді, бірнеше дербес компьютерлерді пайдалану мүмкіншілігіне қарай құрылатын кластерге тоқталамыз, сонымен бірге MatLab 2015b ортасында және MPI негізінде білім беруге арналған кластер баптау жолдарын қарастырып, білім беруде қолжетімді болатын мамандардың «өз қолыңмен суперкомпьютер жина» идеясына қосыламыз.

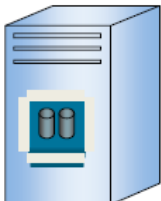
Кластерлік жүйелер туралы

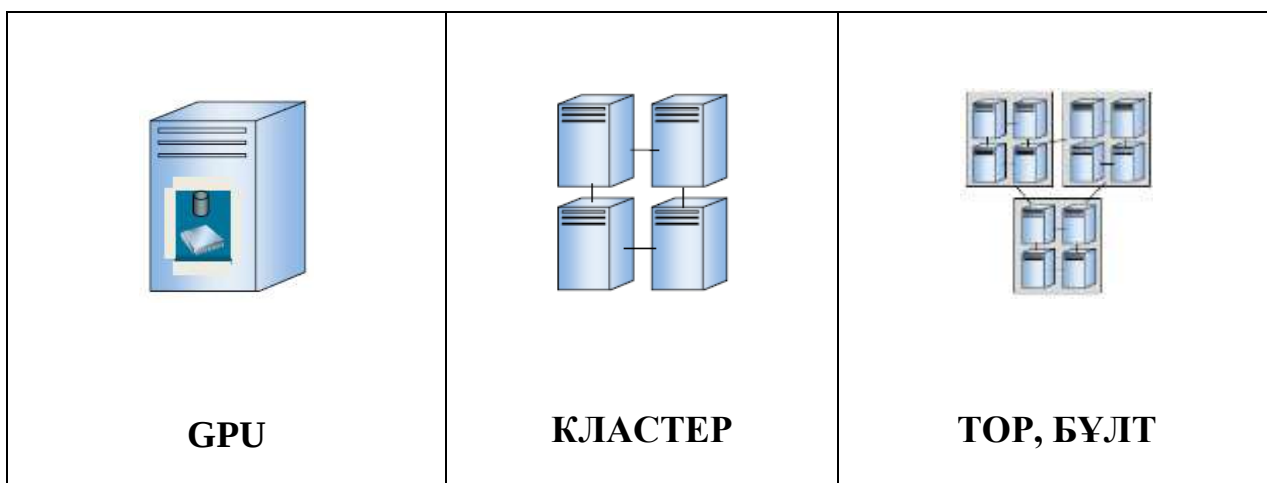
Кластерлік жүйелер – MPP(Massively parallel processor) жүйесінің арзандау нұсқасы болып табылады. Есептеу кластерлері коммуникациялық орта болып есептелетін жергілікті желімен біріктірілген дербес компьютерлер тобынан немесе жұмыс

станцияларынан тұрады. Көппроцессорлы есептеу жүйелерінде кластерлік типті қарқынды қолданылуда.

Кластерлік жүйеде желіде біріктірілген компьютерлер тобында арнайы аппараттық-бағдарламалық құралдар көмегімен бір жерден басқарудың мүмкіншілігі, сенімді жұмыс жасауы және тиімді қолданылуы қамтамасыз етіледі.

Қолданушылардың қол жетімді компьютерлерінен немесе типтік компьютерлік элементтерінен көп қаржылық шығынсыз кластерді құрастыруға, яғни баптауға болады. Кластерлерді қолдану сонымен бірге параллель алгоритмдер мен бағдарламалар құрудағы мәселелерді азайтады, себебі кейбір жеке процессорлардың есептеу қуатын арттыру локальды компьютерлердің белгілі бір санын (бірнеше ондаған) қолданып кластер құруға әкеледі. Бұдан мынадай жағдайларды аламыз: есептерді шешуде алгоритмдерді параллель орындау үшін тек есептеулердің тәуелсіз үлкен бөліктерін бөліп алу жеткілікті, ал ол өз кезегінде есептеулердегі параллельдеу әдістерін құрудың күрделілігін жеңілдетеді және кластердегі компьютерлердің арасында деректерді жіберу ағымын азайтады. Сонымен бірге айта кететін жайт, кластердің есептеу тораптарының байланысында бұйрықтарды желімен жіберу арқылы ұйымдастыру елеулі уақыттық кешіктірулерге әкеледі, ол параллель алгоритмдер мен бағдарламаларды құру түрлеріне қосымша шектеулер қояды [5].

		
ЖЕКЕ ПРОЦЕССОР	МУЛЬТИЯДРО	МУЛЬТИПРОЦЕССОР



Сурет 9–Аппараттық-есептеуіш ресурстар түрлері

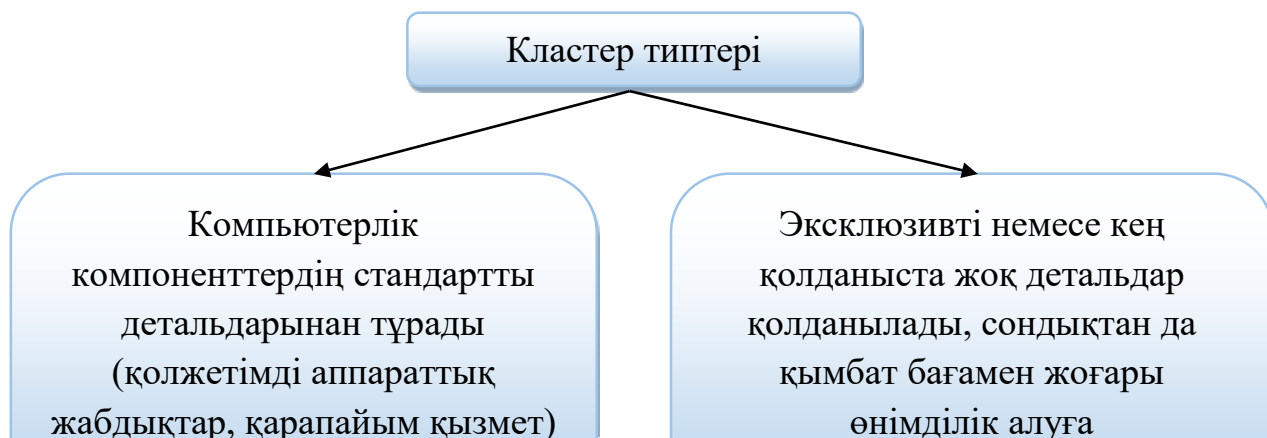
Кластер – бірыңғай есептеуші ресурс ретінде жұмыс істейтін, бір локальді желіге біріктірілген біртұтас екі не одан да көп дербес компьютерлерден (көбінесе тораптар деп аталады) тұратын, аппараттық-есептеуіш ресурс.

Кластерді құруда серверлер, жұмыс станциялары және дербес компьютерлерді қолдануға болады.

Торапта жалғыз операциялық жүйе жұмыс жасайды. Кластерлі жүйе компьютер жүйесінің әртүрлі деңгейінде құрылады, ол аппараттық қамтама, операциялық жүйе мен қосымшалар, бағдарлама-утилиттер және басқару құрылғыларымен сипатталады. Кластерлік технологияларды біріктіру жүйесінің деңгейі көп болған сайын оның сенімділігі, масштабтылығы және құрылғыларды басқаруы жоғары болады.

Өнімділікті жақсарту үшін кластерлеудің артықшылығы қандай да бір түйіннің сәтсіздігі жағдайында айқын болады: бұл кезде басқа кластер торабы сәтсіз түйіннің жүктемесін алуы мүмкін, ал пайдаланушылар қатынастағы үзілістерді байқамайды.

Кластерлер типтері төмендегідей болып бөлінеді:



Сурет 10 – Кластерлер типтері

Кластерлердің масштабталуы шиналы архитектурада немесе коммутаторға негізделген технологияларда (Fast/Gigabit Ethernet, Myrinet) көп қолданушыларға арналған қосымшалардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Мұндай суперкомпьютерлік жүйелер арзан болып есептеледі, себебі олар стандартты компоненттер, процессорлар, коммутаторлар, дисктер және сыртқы құрылғылар негізінде құрастырылған.

Кластерлер әртүрлі конфигурациямен құрастырылуы мүмкін. Алайда, әр түрлі конфигурациямен бапталғанымен оның кейбір кемшіліктері бар. Кейбір төмен сипаттамадағы құрылғы жұмысты жылдамдатудың онына кеміту мүмкін жағдайлары да кездеседі. Көп таратылған типтеріне сенімділігі жоғары жүйе, жоғары өнімді есептеулер жүйесі және көпағымды жүйелер жатады.

Жүйенің сенімділігі дәлелденген кейін қолданысқа көптеп ендіріле бастады.

Жоғары өнімді есептеулер кластері параллель есептерді шешуге арналған және көбінесе бірнеше компьютерлер тобынан тұрады.

Мұндай кластерлерді құру мынадай жағдайларды ескеретін күрделі процесс:

- көптеген компьютерлерді орнату, инсталляциялау, пайдалану, бір мезгілде басқару сияқты және әр кезеңдегі мәселелерді үйлестіруді талап етеді;

- бірдей жүйелік файлға (немесе файлдарға) параллельді және жоғары өнімділікпен қол жеткізудің техникалық талаптары және тораптар арасындағы өзара процессорлық байланыстар ескеріледі;

- жұмыстарды параллель режимде үйлестіру талап етіледі.

Бұл мәселелер бүкіл кластер үшін операциялық жүйенің бірыңғай болуы арқылы оңай шешіледі.

Көпбағымды жүйелер уақытқа мерзіміне байланысты кейбір қосылатын (немесе азайтылатын) ресурстардың ортақ интерфейсін қамтамасыз ету үшін қолданылады. Оған типтік мысал ретінде web-серверлер тобын алуға болады.

Алғашқы кластердің бірі 1994 жылы құрастырылған, 16-торапты тактілі жиілігі 100MHz, 486DX4 процессорлардан тұратын, 10 Мбит/с жылдамдықпен Ethernet желісін пайдаланған Beowulf кластері болды. Әр тораптың оперативті жадысы 16Mb тең болды. Бұл кластер Earth and Space Sciences жобасының есептеу ресурстарын қолдау үшін NASA Goddard Space Flight Center орталығында пайда болды.

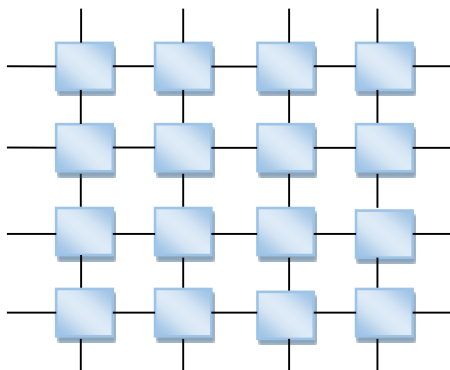
Жоба кластерлі компьютерлерді құрастыруға негіз болды, параллель есептеулер үшін қолданылатын көппроцессорлы архитектурасымен сипатталады.

Beowulf-кластер бір серверлік тораптан (басты болып саналады), стандартты компьютерлік байланыс желісімен біріктірілген бірнеше бағынатын тораптардан тұрды. Жүйе дербес компьютерлердің стандартты аппараттық компоненттерін қамтыды. Beowulf қазір Windows, Linux операциялық жүйелерін, PVM, MPI хабарламалар жіберу жүйесін, есептерді кезектерін басқару жүйесін, Ethernet стандартты адаптерлерін және коммутаторларды қолданды және басқа да стандартты қосымшаларды қамтиды. Серверлік торабы кластердің бүкіл жұмысын бақылайды және клиенттік тораптарға жіберілетін файлдарды басқарды[10].

Кластерлі жүйелерде процессорлерді желі арқылы жұмыс істеу мәселелері

Кластерлік жүйенің архитектурасы онда пайдаланылатын процессорлардың түрінен гөрі көбіне оның өнімділігін айқындайды. Мұндай жүйенің өнімділігіне әсер ететін маңызды параметр - процессорлар арасындағы қашықтық. Сонымен, 10 дербес компьютерді біріктіріп, жоғары өнімді есептеуді жүзеге асыру үшін жүйе аламыз. Алайда, мәселе стандартты құралдарды бір-біріне қосудың ең тиімді әдісін табу болып табылады, себебі әрбір процессордың өнімділігін 10 есеге арттыра отырып, жүйенің тұтастай өнімділігі 10 есеге артпайды.

Мысалы, барлық процессорлары тең болатын симметриялық 16-процессорлық жүйені құру есебін қарастырайық. Бірнеше ғана компьютерлерді қосу керек болса шина топологиясын қолданып қосуға болатын еді. Компьютерлер саны көбейсе басқатопологияларды қарастыру қажет. Осындай жағдайда қолданылатын тиімдітопологиялардың бірі сыртқы құрылғыларды «Тегіс тор» түрінде қосу (сурет 11).



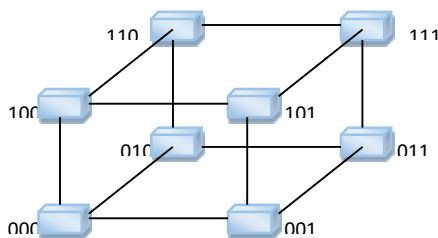
Сурет 11 -Процессорларды «Тегіс тор» түріндегі байланысу схемасы

Байланыстың бұндай типінде процессорлардың арасындағы максималды қашықтық 6-ға тең болады (ең жақын тұрған процессор мен ең алыс тұрған процессорды бөліп тұратын байланыстардың саны).

Теорияда егер жүйедегі процессорлардың байланыс саны 4-тен артық болса, онда ондай жүйе тиімді жұмыс істей алмайды деп көрсетеді, сондықтан да 16 процессорды бір-бірімен тегіс тормен қосу орынсыз болады.

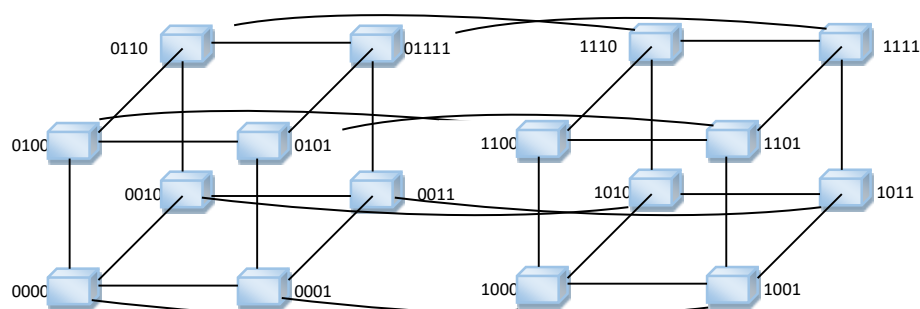
Тиімді конфигурацияны алу үшін ауданының беті ең аз болғанда көлемі үлкен болатын фигураны табу мәселесін шешу қажет. Үш өлшемді кеңістікте мұндай сипат шарға тән. Дегенмен, бізге торапты жүйе құру керек болғандықтан, шардың орнына куб (егер процессорлер саны 8 болса) немесе процессорлер саны 8-ден артық болса, гиперкуб қолдануымыз керек. Гиперкубтың өлшемі қосылатын процессорлердің санына байланысты анықталады. Осылайша, 16 процессорды қосу үшін төрт өлшемді гиперкуб топологиясын қолдау қажет. Оны құру үшін әдеттегі үшөлшемді кубты алып, оны керекті

бағытта жылжытып, төбелерін жалғап, 4 өлшемді гиперкуб топологиясын құруға болады (сурет 12).

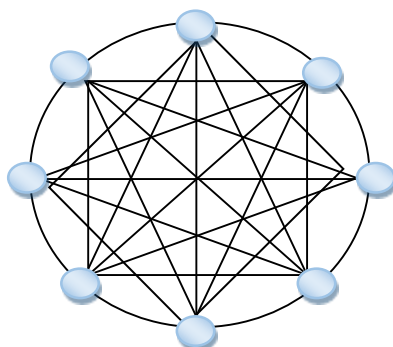


Сурет 12– Үш өлшемді гиперкубтың байланыс топологиясы

Гиперкуб архитектурасы тиімділігі жағынан екінші орында, бірақ ең көрнектісі болып есептеледі. Басқа да үш өлшемді тор, сақина, жұлдыз және т.б. байланыс түрлері де қолданылады (сурет 13, 14).



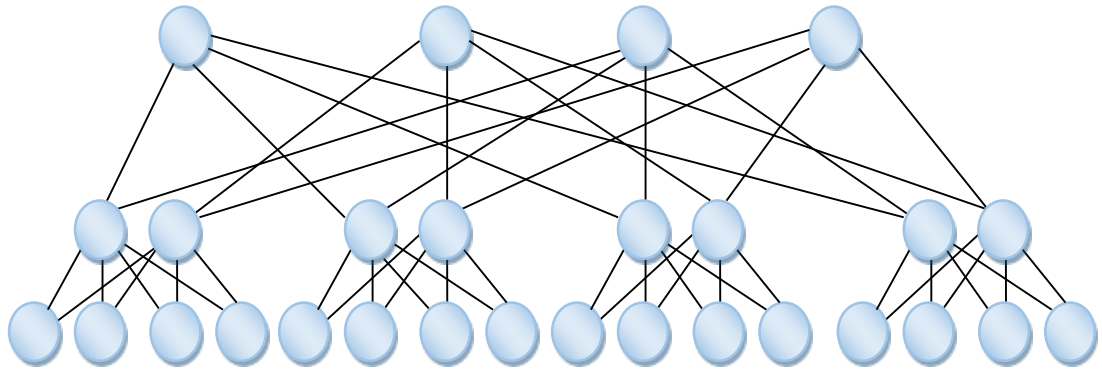
Сурет 13– Төрт өлшемді гиперкубтың байланыс топологиясы



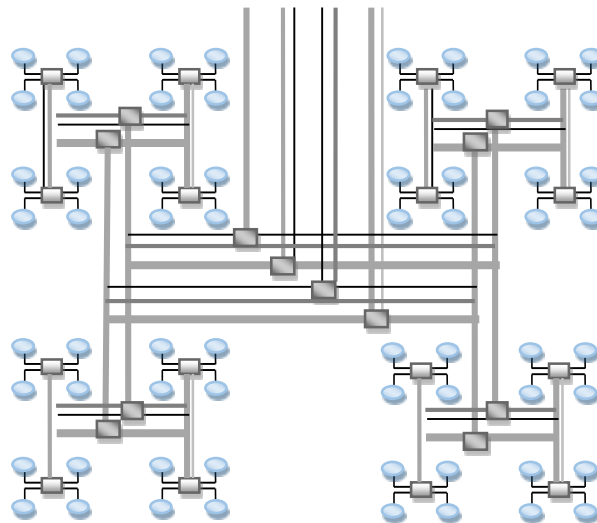
Сурет 14– Хордалар бойынша толық байланысқан сақина архитектурасы

«Қалың ағаш» (fat-tree) топологиялы архитектурасы да көп тораптар қосып баптаудағы ең тиімді топологиялардың бірі деп

есептеледі. Процессор ағаштың жапырақтарында орналасады, ал ағаштың ішкі тораптары ішкі желіге байланысты болады. Төменгі ағаштар желінің жоғары деңгейіне әсер етпестен бір-бірімен байланыса алады(сурет 15а, 15b).



Сурет 15а- «Fat-tree» кластерлі архитектурасы



Сурет 15b- «Fat-tree» кластерлік архитектура (жоғарыдан көрінісі)

Кластерлер жүйесінің бұл архитектурасын көрші аудиториядағы кластермен біріктірілуде қолдануға болады.

Кластердің өнімділігі ондағы процессорлердің санына емес, процессорлерді бір-бірімен қосу тәсілдеріне байланысты болады және ол өнімділікке де әсер етеді.

Кластерлік жүйелерде жұмыс станцияларына арналған стандартты операциялық жүйелер параллель бағдарламалауды қолдайтын және жүктемелерді теңестіріп отыратын арнайы құралдар қолданылады.

Кластерлік жүйелермен жұмыс істегенде MPP (Massively parallel processor) жүйесімен бірге «Massive Passing Programming Paradigm» деп аталатын бағдарламалаудың деректерді жіберу парадигмасы қолданылады[11].

Төменде белгілі кластерлер тізімі келтірілген:

Кластер AC3 Velocity Cluster. АҚШ Корнель университетінде Dell, Intel, Microsoft, Giganet және тағы да басқа 15 бағдарламалық қамтамамен айналысатын компаниялармен бірігіп, білім беру саласы мен мемлекеттік ұйымдар үшін құрылған.

Кластер құрылымы:

- саны 64 болатын 4-процессорлы Intel Pentium III Xeon 500 MHz, 4 GB RAM, 54 GB HDD, 100 Mbit Ethernet card базасындағы Dell PowerEdge 6350 серверлері;

- саны 1 болатын 8-процессорлы Intel Pentium III Xeon 550 MHz, 8 GB RAM, 36 GB HDD, 100 Mbit Ethernet card базасындағы Dell PowerEdge 6350 сервері.

- 4-процессорлы серверлер 8 данадан біріккен және Microsoft Windows NT 4.0 Server Enterprise Edition операциялық жүйесінің басқаруымен жұмыс істейді. Серверлер арасында Giganet компаниясының Cluster Switch-ы арқылы 100 Мб/с жылдамдықпен байланыс орнатылған.

Кластердегі есептер Корнель университетінде жасалған Cluster ConNTroller арқылы басқарылады. AC3 Velocity-дің ең жоғары өнімділігі 122 GFlops. Осындай сипаттамасы бар суперкомпьютерден бағасы 4-5 есе арзан. 2018 жылы TOP500 ішінде 381 орынды алған.

Кластер NCSA NT Supercluster. Суперкомпьютерлік технологиялардың ұлттық орталығында (NCSA – National Center for Supercomputing Applications) құрылған. Microsoft Windows NT 4.0 операциялық жүйесінің басқаруымен жұмыс істейді.

Кластер құрылымы:

- саны 38 болатын 2-процессорлы Intel Pentium III Xeon 550 MHz, 1 GB RAM, 7,5 GB HDD, 100 Mbit Ethernet card базасында орнатылғын;

- тораптары Myrinet желісі арқылы қосылған;

- компиляторлары – Fortran77, C/C++;

- хабарламаларды жіберу деңгейі HPVM-ға негізделген.

2018 жылы TOP500 ішінде 207 орынды алған.

Кластер Thunder. TOP500 тобынан 2, 4 орындар алған. Intel Itanium2 негізіндегі кластерді білдіретін АҚШ Ливермор ұлттық лабораториясында орнатылған суперкомпьютер. Intel корпорациясының негізінде құрылған процессордан тұрады.

Кластер құрылымы:

- әрқайсысы Intel Itanium2 1.4 GHz болатын 4 процессордан тұратын 1024 серверлер;

- әр торапқа 8 GB оперативті жады

- компиляторлар Intel GNU Fortran, C/C++[3].

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінде оқу процесінде қолданылатын кластерді білім алушылар сабақ өту барысында өздері баптайды. Алдымен баптауды үйрену үшін жұптап

екі компьютермен кластер баптайды, соңында кластер 4 дербес компьютерден бапталды, әр компьютер процессоры 4 ядродан тұрады, нәтижесінде 16 ядролыкластер бапталады. Әркім өзі құрған кластерде есептер шығарып, нәтижелерін тізбекті есептеумен салыстырады. Оқу процесінде аудиториядағы компьютерлер санының шектелуіне қарай, «Шина» немесе «Жұлдыз» топологиясын пайдалануда.

Тапсырмалар

Аудиториядағы компьютерлер санына қарай параллель есептеулер кластерін баптауға үшін «Жұлдық» топологиясын қолданып желіні дайындаңыз.

Бақылау сұрақтары

1. Өзіңіздің жағдайда аудиториядағы компьютерлеріңіздің санына қарай параллель есептеулер кластер құру үшін желінің қандай топологиясын пайдаланар едіңіз?
2. Гиперкуб топологиясын қолдану үшін қандай техникалық қажеттіліктер керек болады?
3. Кластер қызметін атаңыз?