



## БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ ETHERNET: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Н.А. Захаров (Журнал "Автоматизация в промышленности")

Приведен обзор рынка проводных и беспроводных компонентов Ethernet и прогноз на 2005-2006 гг. Рассмотрены возможные варианты топологии сети. Представлены различные примеры применения беспроводных сетей в промышленности.

Анализ рынка и перспективы проводных и беспроводных компонентов Ethernet, предъявляемые к ним требования приведены в результатах исследования компании Venture Development Corporation (г. Натик, шт. Массачусетс, США). В данном исследовании отмечены преимущества Ethernet и беспроводных технологий.

### Преимущества Ethernet

• *Низкая стоимость.* Стоимость окончных устройств и элементов инфраструктуры сети Ethernet, даже в случае использования промышленных разъемов и кабелей, ниже, чем у других стандартных и частотнофирменных шин/сетей.

• *Унификация в масштабах предприятия* — сети одного и того же типа используются как в офисе, так и на нижнем уровне АСУТП, что дает экономию на инфраструктуре, обучении, технической поддержке и прочих расходах.

• *Большой детерминизм* — новые протоколы и продукты Ethernet имеют больший детерминизм, чем продукты предыдущего поколения, что позволяет применять Ethernet в более широком диапазоне приложений, включая быстроедействующие проекты РВ.

• *Применение продуктов общего назначения* — компоненты инфраструктуры в промышленном исполнении требуются не во всех приложениях и не во всех местах на нижнем уровне.

### Преимущества беспроводных технологий

• *Более легкое обслуживание* — беспроводным сетям можно обеспечить более эффективное обслуживание и ремонт при сокращении стоимости обслуживания и времени простоя.

• *Возможность мобильных приложений* — например, портативные операторские интерфейсы с возможностью беспроводного контроля и управления.

• *Недорогие компоненты* — растущее обширное применение Ethernet или Wi-Fi на промышленном и потребительском рынках ведет к низкой стоимости компонентов по сравнению с компонентами других беспроводных сетей.

Таблица 1. Объемы поставок компонентов проводных и беспроводных сетей и их прогноз по состоянию на май 2004 г. (млн. долл. США)

Годы	Существующее положение		Прогноз		Годовой % роста 2003..2006
	2003	2004	2005	2006	
Проводные сети	879,5	1070,5	1305,7	1596,3	22,0
Беспроводные сети	75,1	100,9	136,0	183,4	34,7

• *Низкая стоимость линий связи* — беспроводные сети не требуют затрат на необходимые ранее провода для подключения устройств и контроллеров. Беспроводные решения позволяют организовывать сети на расстояниях или в приложениях, где стоимость кабеля может оказаться неприемлемой.

• *Большая гибкость* — беспроводные решения предоставляют большую гибкость для модификаций и расширения. Это особенно ценно в приложениях, для которых изменения и/или расширения часто имеют место и стоят дорого.

### Продукция промышленного и общего применения

Компоненты инфраструктуры Ethernet, установленные на промышленных предприятиях, могут, в зависимости от отрасли и конкретного приложения, подвергаться воздействию различных факторов. В некоторых случаях компоненты находятся в отдельных помещениях или участках, расположенных вне агрессивных сред или помещены в защитные корпуса. В этих случаях продукты общего назначения могут удовлетворить потребности пользователя. Однако компоненты инфраструктуры часто должны быть расположены в производственных помещениях, на улице или в иных жестких условиях, где надежность продуктов общего назначения может оказаться неприемлемо низкой. Поэтому изготовители предлагают компоненты Ethernet, пригодные для использования в этих условиях. В дополнение к физической защите продукты промышленного Ethernet также должны обеспечивать высокий уровень готовности и надежности.

Компоненты Ethernet в промышленном исполнении должны выдерживать: пыль и иное загрязнение воздуха; воздействие химикатов, масла, нефтепродуктов и т.п.; воздействие агрессивных и взрывоопасных сред; воздействие ультрафиолетового излучения; высокие влажность и уровень электромагнитных помех; ударные воздействия; вибрацию; погружение в жидкость; броски по питанию и другие импульсные помехи; широкий диапазон температуры; значительные отклонения напряжения питания.

Надежное функционирование продуктов в промышленном исполнении достигается такими средствами, как встроенные функции сигнализации; экранирование от электромагнитных помех; оптоизолированный ввод/вывод; дублированные блоки питания, защита от бросков напряжения, блоки питания,

способные работать при значительных вариациях напряжения; фиксирующие приспособления в разъемах; выбор компонентов и материалов, способных выдержать указанные выше условия; использование корпусов и конструкций, соответствующих этим условиям таких, как герметичные, соответствующие спецификациям IP или NEMA, искробезопасное или взрывонепроницаемое исполнение и т.д.

На промышленных предприятиях используются компоненты Ethernet как общего назначения, так и промышленные. Для всех компонентов ожидается сдвиг в сторону большего использования промышленных компонентов. Соотношение компонентов приведено в табл. 2.

Пользователи наиболее часто указывают в качестве причин выбора проводных сетей Ethernet надежность и безопасность, стоимость занимает только третье место. Основными причинами выбора беспроводного Ethernet является потребность в мобильных приложениях и гибкости. Полностью факторы, влияющие на выбор пользователя, перечислены в табл. 3.

Передача данных по проводным и беспроводным сетям Ethernet возможна между следующим оборудованием промышленного предприятия: SCADA; операторские интерфейсы (HMI); контроллеры (ПЛК, локальные регуляторы и т. д.); распределенные/удаленные устройства ввода/вывода; отдельные устройства (датчики, исполнительные элементы и т. д.).

В общем, меньшая часть опрошенных пользователей проводного Ethernet использует эту сеть для связи с распределенным/удаленным вводом/выводом и отдельными устройствами. Однако наибольшее увеличение доли рынка ожидается для этих типов обмена данными.

Большинство пользователей беспроводного Ethernet использует эту сеть для обмена данных между: уровнем предприятия и операторскими интерфейсами; уровнем предприятия и контроллерами; контроллерами и распределенным/удаленным вводом/выводом. Наименьшую долю имеет обмен данными между отдельными устройствами.

Ожидается, что большинство пользователей будет применять проводной и беспроводный Ethernet в качестве коммуникационной сети между всеми упомянутыми классами устройств в 2006 г.

### Особенности топологии

Для проводных и беспроводных сетей имеются три основных типа топологии. Первый тип — это точка-точка и его логическое продолжение — соединение шлейфом. В такой топологии одно устройство соединяется с другим.

Вторая топология — звезда. Она имеет центральный хост, связанный с каждым из узлов. Звезда используется в большинстве проводных сетей Ethernet общего назначения. Беспроводная звезда может заменить проводку от центрального контроллера к полевым устройствам в промышленном приложении.

Таблица 2. Текущее и прогнозируемое соотношение компонентов Ethernet в промышленном исполнении и общего назначения

Годы	Проводные сети, %		Беспроводные сети, %	
	2003	2006	2003	2006
Компоненты общего назначения	30	26	36	28
Компоненты в промышленном исполнении	70	74	64	72

Таблица 3. Основные причины выбора проводных и беспроводных сетей на промышленных предприятиях (приоритеты указаны по откликам пользователей)

Значение	Проводные сети	Беспроводные сети
1	Высокая надежность	Потребность в мобильных приложениях
2	Высокая безопасность	Гибкость/простота расширения/перемещения
3	Стоимость	Протяженность на большие расстояния с созданием удаленных узлов
4	Проверенная технология	Простота/скорость инсталляции
5	Простота интеграции с существующими сетями	Низкая стоимость инсталляции
6	Доступность продуктов и инструментов	Требуются там, где прокладка проводных линий невозможна или слишком дорога

Третья, и самая новая, это беспроводная ячеичная топология, реализующая настоящую сеть из равноправных элементов (peer-to-peer). Каждое беспроводное устройство в ячеичной сети является мини-маршрутизатором, который может отправлять, принимать и ретранслировать информацию. Ячеичная топология имеет множество преимуществ перед двумя приведенными выше и, вероятно, будет победителем в беспроводном мире.

Сочетание топологий точка-точка и звезда хорошо работает во многих проводных инсталляциях в промышленности и используется промышленными полевыми шинами, где, обычно, хост связывается со многими устройствами. Некоторые устройства подключены непосредственно к хосту, другие связаны с ним через шлейф.

Проблема как топологии точка-точка, так и звезды для беспроводной сети заключается в зависимости соединения двух устройств или хоста с устройством от одной линии связи. Проводные линии связи рвутся редко и работают надежно, а беспроводные линии больше подвержены сбоям.

Ячеичная сеть не полагается на одну линию связи, поскольку сообщения могут автоматически пересылаться от одного устройства к другому через любые устройства в сети. Ячеичная сеть из четырех узлов имеет пять возможных маршрутов связи между любыми двумя узлами, и число возможных маршрутов быстро растет по мере добавления узлов.

Ячеичная топология подходит беспроводному миру, где пути коммуникаций подвержены помехам, нарушаются физическими препятствиями и ограничены по длине. Если один путь постоянно или временно заблокирован, то интеллектуальными средствами, имеющимися в каждом узле, может быть автоматически сформирован новый путь. Это "самолечение" за счет автоматического поиска пути является одним из главных преимуществ ячеичных топологий.

Если при поиске не обнаруживается жизнеспособного пути, он может быть создан путем добавления узла. Большинство ячеечных сетей содержит ПО для автоматического распознавания и конфигурирования новых узлов. Поэтому сети такой топологии часто называют самоконфигурирующимися. Теоретически узлы можно добавлять произвольно, и ячеечная сеть может насчитывать сотни и даже тысячи узлов.

Как и следовало ожидать, эти гибкие универсальные самоконфигурирующиеся и самовосстанавливающиеся масштабируемые сети должны приводиться в действие чрезвычайно сложным ПО. "Крупнейшим улучшением в ячеечных сетях за последние годы являются более мощные алгоритмы для обеспечения надежной связи между сотнями и тысячами узлов" — утверждает вице-президент по маркетингу компании Ember (г. Бостон, шт. Массачусетс, США).

Надежность, масштабируемость и мобильность являются козырными картами беспроводных ячеечных сетей и должны привести к их победе над другими беспроводными технологиями. Когда это произойдет, последним препятствием в области стандартизации останется протокол обмена. Большинство фирм, работающих в области беспроводных ячеечных сетей, имеют продукты, которые поддерживают частнофирменные протоколы, а также появляющиеся промышленные стандарты.

Одним из таких стандартов является ZigBee ([www.zigbee.org](http://www.zigbee.org)). Члены альянса ZigBee, включая такие тяжеловесы автоматизации, как Honeywell и Invensys, определяют глобальные спецификации для беспроводных приложений, основываясь на стандарте IEEE 802.15.4. ZigBee полностью использует преимущества IEEE 802.15.4 и добавляет виртуальные сети, безопасность и прикладное ПО.

#### Примеры применения Нефтяное месторождение

Компания Kinder Morgan использует беспроводную SCADA-систему на нефтяном месторождении Permian Basin в Западном Техасе, США. Беспроводная сеть применяется для контроля оборудования, осуществляющего закачку в пласты CO<sub>2</sub> в регионе с неблагоприятными условиями. Двуокись углерода активно используется для восстановления добычи нефти на выработанных месторождениях.

Месторождение охватывает 120 миль<sup>2</sup> и контролируется из центрального офиса. В 90-е гг. компания использовала связь с сотрудниками через радиодифференцированные автомобили, расположенные на 400 отдельных площадках, охваченных сетью со скоростью 9600 бод. Для контроля за скважинами также использовалась спутниковая связь VSAT.

Низкая скорость сети и зависимость VSAT от погодных условий заставили искать новое решение. Решение предложила Cain Electrical Supply Corporation. Нефтяное месторождение компании Kinder Morgan перешло на SCADA-систему, взаимодействующую с 44 промыш-

ленными радиостанциями Locus OS2400-485 (питающимися от солнечных батарей), подключенными к ПЛК Modicon Schneider. Сеть опрашивает площадки каждые 30 мин, передавая данные по последовательному каналу Modbus со скоростью 19200 бод между 43 скважинами закачки CO<sub>2</sub> и офисом компании. По сети передается информация о давлении в скважинах, расходе, температуре, напряжении, вибрации и содержании сероводорода. Ожидается дальнейшее увеличение числа станции Locus в сети. Возможность радиостанции работать в качестве мастера, повторителя или удаленного терминала при минимальных работах по конфигурации является ключевой для дальнейшего расширения сети.

#### Водоснабжение

Развитие системы водоснабжения и канализации округа Суссекс, шт. Делавэр, США потребовало модернизации оборудования насосных станций и улучшения коммуникаций в SCADA-системе. Округ Суссекс, охватывающий около 1000 миль<sup>2</sup>, — один из трех округов в штате. Система построена на основе Ethernet радиомодемов в сочетании с технологией Modicon™. С большинством станций обеспечена беспроводная связь по Ethernet. Для площадок, находящихся в зоне прямой видимости, оставлена использованная ранее УКВ связь.

Системная интеграция выполнена фирмами United Electric и Trijay Systems Inc. Связь реализована на нелицензируемой частоте. Хотя применение нелицензированной частоты могло бы вызвать проблему помех от других систем, но руководство округа Суссекс считает, что применение не требующих лицензирования технологий имеет некоторые преимущества.

Очевидны преимущества использования в проекте и сети Ethernet: большая скорость обмена данными, резкое сокращение циклов опроса, диагностика в РВ и онлайнное программирование ПЛК. Кроме того, открытая архитектура реализует гибкое конфигурирование системы и совместимость беспроводных коммуникаций и высокоскоростных телефонных линий.

Беспроводная система должна быть достаточно быстродействующей, чтобы поддерживать пакеты Ethernet, обслуживая связь на больших расстояниях. Кроме того, модемы должны быть очень надежными, безотказными, помехоустойчивыми и работоспособными при экстремальных температурах. Чтобы удовлетворить требованиям проекта, фирма Trijay Systems предложила использовать беспроводные модемы Ethernet в диапазоне 902...928 МГц со скачкообразной перестройкой частоты и высокой чувствительностью приемника. Эта технология поддерживает скорость обмена данными 100 Кбайт/с вместо 1200 бит/с в УКВ-системе. В настоящее время работает 121 беспроводной Ethernet модем Data-Linc SRM6210E. Темп опроса — в 15...20 раз выше, чем по УКВ-радиосвязи.

Компании Trijay и United Electric проработали потенциальные проблемы с ландшафтом, которые могут влиять на прямую видимость, критичную для эффек-

тивности коммуникаций. В частности, на площадках в лесистых районах происходит ослабление радиосигнала при прохождении через листву.

Местность в округе Суссекс, в основном, равнинная, поэтому для большинства удаленных точек нет проблемы отсутствия прямой видимости. Обычно в таком случае используются 12" ненаправленные антенны с коэффициентом усиления 3 дБ, установленные на высоте 15 футов над землей. Для участков с проблемами ландшафта фирма Tijaу разработала способ конфигурирования узлов в режиме ретрансляции.

Округ Суссекс был разделен на четыре участка, имеющие крупные установки водоочистки, с числом удаленных узлов 20...100 ед. На одном из участков установлен главный ПЛК системы, получающий информацию от трех ПЛК, являющихся главными для своих участков. Эти главные контроллеры объединены высокоскоростной линией T1. Контроллер типовой насосной станции имеет три аналоговых и 16 дискретных входов и восемь дискретных выходов. Оборудование установлено в отдельно стоящих шкафах с защитой NEMA-4, расположенных прямо в скважинах.

На всех четырех главных площадках на открытой местности используются ненаправленные антенны с коэффициентом усиления 9 дБ. Антенны установлены на вышках высотой 100..320 футов. В нескольких местах, где имеются препятствия, например деревья, используются направленные антенны.

В качестве четырех главных контроллеров используются Modicon Quantum™. Каждая насосная станция имеет ПЛК Modicon Momentum™. Инструментальное ПО ProWORX NxT™ для программирования ПЛК обеспечивает по беспроводной сети дистанционный просмотр и изменение программ ПЛК, диагностику неисправностей. В будущем планируется расширение системы.

#### Судостроение

Беспроводные Ethernet модемы Data-Linc обеспечивают надежные экономичные коммуникации на одном из судостроительных предприятий Китая. Данные передаются между двумя станциями контроля и управления и подъемным краном, предназначенным для работы с негабаритными компонентами. Задача заключалась в передаче и приеме данных при наличии двух типов помех: электрическое искрение от высоковольтных источников питания, двигателей и сварочных аппаратов и интерференция в результате передачи радиосигнала на небольшие расстояния по нескольким траекториям.

В указанных условиях от оборудования требуется безотказная круглосуточная работа. Два ПЛК GE Fanuc Series 90™-70 расположены на кране, каждый подключен к радиомодему Ethernet SRM, использующему направленную антенну. Осуществляется связь с двумя другими использующими ненаправленные антенны беспроводными модемами Ethernet, подключенными к станциям контроля и управления.

*Закинул старик невод в синее море, и пришел ответ из синего моря: "Сеть недоступна!"*

М. Задорнов

Для этого приложения были выбраны модемы, использующие технологию Data-Linc's Smart Spectrum™. Поскольку эти модемы имеют функцию смещения частоты, они не только успешно работают в условиях сильных помех, но и работают рядом, не создавая помех друг другу.

#### Автоматизация котельных

Замена угольного отопления на газовые котельные в районе Храма Небес в Пекине было произведено с целью повышения качества воздуха. Система обогревает не только коммерческие, но и жилые здания. Разработка системы контроля и управления 14-ю котельными, разбросанными на значительной территории, представляется задачей, достойной внимания. Прокладка коммуникационного кабеля была неприемлемой как по стоимости, так и по срокам выполнения работ. Поэтому было принято решение о применении беспроводных технологий.

Система построена на ПЛК Siemens S7-300 с ЧМИ WinCC в каждой котельной и на центральном диспетчерском пункте. Поскольку все котельные должны контролироваться и управляться с диспетчерского пункта, требуется высочайшая надежность беспроводных коммуникационных устройств и их бесшовная интеграция с WinCC. Сеть реализована на беспроводных Ethernet модемах Data-Linc SRM диапазона 2,4 ГГц, отличающихся помехоустойчивостью и высокой чувствительностью. Их рабочий диапазон температур -40...75 °С делает возможной установку их вне помещения (температура воздуха в Пекине зимой может падать до -20 °С).

Центральный диспетчерский пункт имеет два радиомодема Ethernet, четыре беспроводных репитера, подключенных к концентратору Ethernet, и два компьютера с ЧМИ WinCC. Каждая из 14 котельных имеет компьютер с ЧМИ WinCC, ПЛК S7-300 и беспроводный Ethernet модем. Любой из двух компьютеров центрального диспетчерского пункта может управлять любой из 14 котельных.

#### Энергетика

Электростанция D.V. Wilson компании WKE, шт. Кентукки, США обеспечивает энергией свыше 88 тыс. потребителей. Станция работает на угле. Мощность паротурбинного генератора составляет 460 МВт. В день станция потребляет в среднем 5000 т угля, транспортируемого 14-ю конвейерами.

Сгружаемый с баржи уголь транспортируется полностью автоматизированной системой, начинающейся с конвейера длиной две мили. Затем оператор распределяет уголь по трем направлениям. Первый вариант — направить его прямо в бункер генератора. Второй вариант — направить уголь на движущийся по рельсам укладчик, закладывающий его на хранение. Третье место назначения — система смешивания угля с другими ви-

дами топлива или с углем от предыдущей поставки. Транспортная система также доставляет известь для очистки дымового газа от серы. Общая длина конвейерных линий для угля и извести превышает 8 миль.

Электростанция может проработать 8 часов без подачи угля по конвейеру, после чего она должна быть остановлена. Также она остановится, если прекратится подача извести. Упущенная выгода от простоя электростанции составляет 500 тыс. долл. США в день.

Установленная в 1983 г. система управления транспортной системы была построена на компьютере DEC общего назначения, соединенного витой парой в сеть с восемью подсистемами. С течением времени поломки стали учащаться, а время на ремонт – увеличиваться. К моменту реконструкции время простоя и ремонта увеличилось на 50%.

Компания ECS Engineering, Элберфелд (шт. Индианаполис, США) спроектировала для WKE новую архитектуру системы управления транспортировкой. Она построена на девяти узлах беспроводной сети Ethernet. Оборудование DEC заменено на Allen-Bradley ControlLogix 5555. В настоящее время в систе-

мы управления входят один ПЛК ControlLogix и восемь удаленных станций ввода/вывода.

ПЛК также выполняет функции управления смешиванием топлива, что, в основном, делалось вручную. При автоматическом управлении смешиванием оператор просто задает требуемый расход топлива и процентное соотношение, например, 75% угля и 25% альтернативного топлива. Затем ПЛК регулирует скорость приводов конвейеров, чтобы получить требуемую смесь.

В беспроводной сети Ethernet сочетаются серийно выпускаемые компоненты Ethernet и открытый протокол, используемый в сетях DeviceNet и ControlNet. Также поддерживаются общепринятые офисные протоколы такие, как HTTP и FTP. Экономический эффект от применения сетей, соответствующих промышленным стандартам, оценивается в 300 тыс. долл. США. Беспроводная сеть поддерживает обмен информацией между удаленными станциями ввода/вывода ControlLogix и процессором, расположенным в операторской. Для обеспечения устойчивой связи установлены три 80-футовые вышки с антеннами. Для повышения производительности установлены три отдельные подсети Ethernet/IP.

*Захаров Николай Анатольевич – канд. техн. наук, член редакционного совета журнала "Автоматизация в промышленности".*

*Контактный телефон (095) 980-73-80.*

*При подготовке обзора использовались следующие источники: [www.vdc-corp.com](http://www.vdc-corp.com), [www.data-linc.com](http://www.data-linc.com), [ethernet.industrial-networking.com](http://ethernet.industrial-networking.com)*

### **NPort U1110: промышленный 1-портовый преобразователь RS-232 в USB**

Компания "Ниеншанц-Автоматика", официальный дистрибьютор MOXA Technologies ([www.moxa.ru](http://www.moxa.ru)), представляет компактный 1-портовый преобразователь интерфейсов RS-232 в USB. Основная сфера применения устройств данного класса – это решение задач подключения контроллеров, систем сбора данных, терминальных устройств, считывателей магнитных карт и др. к мобильным и портативным компьютерам, не оснащенным последовательными интерфейсами.

В отличие от многих доступных на рынке офисной техники преобразователей последовательных интерфейсов в USB, адаптированные для промышленных условий устройства NPort U1110 работают на скоростях 50 бит/с...921,6Кбит/с., что составляет максимально широкий диапазон скоростей для интерфейса RS-232. Эта особенность отличает NPort U1110, в частности, от подобных преобразователей MOXA предыдущих серий (4-портовых RS-232 в USB и 2-портовых RS-422/485 в USB). Немаловажно также



и то, что NPort U1110 обеспечивают полноценный интерфейс RS-232, включая поддержку сигналов контроля передачи данных и модемных сигналов. Кроме того, NPort U1110 имеет защиту от импульсных помех до 15 КВ для каждой линии последовательного интерфейса RS-232. Эта характеристика предотвращает выход компьютера из строя при воздействии высоковольтных помех, разрядов статического электричества или ударов молнии.

Поддержка интерфейса USB 2.0 и обратная совместимость со спецификациями USB 1.1 и 1.0 позволяют подключать новый преобразователь к любому компьютеру, имеющему свободный порт USB. Преимуществом NPort U1110 является и то, что эти устройства получают электропитание от интерфейса USB и потребляют всего 0,15 Вт, что имеет большое значение, в частности, при подключении к ноутбукам. В комплект поставки устройства входят драйверы для ОС Windows 98/ME/2000/XP/2003.

*Контактные телефоны ООО "Ниеншанц-Автоматика": (812) 326-59-24, (095) 980-64-06.*

*[Http://www.nnz-ipc.ru](http://www.nnz-ipc.ru)*

### **Новости компании ИКОС**

Компания ИКОС предложила разработчикам новую модель компактного встраиваемого промышленного компьютера ET-207, разработанного на процессорном модуле System-On-Chip Vortex86 166МГц (Low Voltage). Характеристики модуля позволяют создавать на его платформе встраиваемые компьютерные системы с высокими требованиями к надежности и компактности, обеспечивают низкий уровень энергопотребления и возможность работы системы без вентиляторов охлажде-

ния. ET-207 может успешно функционировать в температурном диапазоне -20...60°С.

Компания Guanghsing объявила о расширении перечня корпусов для систем хранения данных. В ближайшее время на рынок выйдет промышленный корпус GHI-690 высотой 6U с 36-ю отсеками для накопителей трех типов: SCSI, IDE и SATA. Конструкция GHI-690 позволяет установить как материнскую плату ATX, так и 14-и или 20-и слотовую объединительную плату.

*Контактный телефон компании ИКОС (095) 232-02-07.*

*[Http://www.icos.ru](http://www.icos.ru)*