**МОДЕМЫ В СОТОВЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ**

Передача речи составляет 90—98% графика сотовых сетей. Однако объем передачи данных по таким сетям имеет тенденцию к быстрому увеличению. Правильный выбор модема и его использование позволяет эффективно организовать передачу электронной почты, отправку и получение факсов с переносного компьютера. Можно даже превратить его в мобильный узел своей локальной сети. Для начала немного разберемся в том, какие бывают сотовые сети связи.

**11.1. Стандарты сотовых сетей связи**

В настоящее время в мире существует большое количество стандартов на сотовые сети связи. Все их можно разделить на две большие группы: аналоговые и цифровые. К аналоговым относятся сети типа AMPS (США), NMT (Северная Европа), HCMTS (Япония), С-450 (Германия), TACS (Англия), ETACS (Англия), RTMS-101H (Италия), Radiocom-2000 Франция). Основными цифровыми стандартами на сотовые сети являются GSM (Европа), ADC или D-AMPS (США), CDMA (США), JDC и PHS (Япония).

Несмотря на большое разнообразие стандартов сотовых сетей связи, жителей нашей страны должны интересовать те, которые приняты в качестве стандартов Министерством связи России. В качестве федеральных выбраны два стандарта: аналоговый NMT-450 *(Nordic Mobile Telephone)* и цифровой GSM *(Global System for Mobile communication).* Наряду с федеральными создаются региональные сети радиотелефонной связи в диапазонах частот 800 и 330 МГц. При построении региональных сотовых сетей чаше всего используются американский стандарт AMPS *(Advanced Mobile Phone System)* и его цифровая модификация — D-AMPS (Digital — Advanced Mobile Phone System). Основные характеристики некоторых аналоговых и цифровых стандартов приведены в табл. 11.1 и табл. 11.2 соответственно.

Таблица 11.1. Характеристики аналоговых сотовых сетей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | AMPS | NMT-450 | NMT-900 |
| Дата начала использования, год | 1981 | 1981 | 1986 |
| Частоты передач (МГц): — базовая станция; — радиотелефон. | 870—890 825—845 | 463—467,5 453—457,5 | 935—960 890-915 |
| Разнос телефонных каналов, кГц | 30 | 25/20 | 12,5 |
| Число дуплексных телефонных каналов | 666 | 180—225 | 1000—1999 |
| Максимальная мощность передачи базовой станции, Вт | 100 | 50 | 100 |
| Мощность передачи радиотелефона, Вт | 3 | 15/2 | 6/1 |
| Модуляция | ЧМ | ЧМ | ЧМ |
| Типовой радиус соты, км | 2—20 | 1—40 | 0,5—20 |

Таблица 11.2. Характеристики цифровых сотовых сетей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | GSM | 0-АМР8 |
| Метод доступа | TDMA | TDMA |
| Рабочий диапазон частот, МГц | 890-915 935—965 | 824-840 869—894 |
| Разнос несущих частот, кГц | 200 | 30 |
| Число каналов на несущую | 8/16 | 3 |
| Вид модуляции | OMSK (0.3) | DQPSK (n/4) |
| Требуемое отношения сигнал/шум, дБ | 9 | 16 |
| Скорость преобразования речи, Кбит/с | 13/6,5 | 8 |
| Алгоритм преобразования речи | RPE—LTP | VSELP |
| Типовой радиус соты, км | 0,5-35 | 0,5-20 |

Технологическое преимущество цифровой сотовой связи позволяет увеличивать емкость сетей, снижать стоимость и повышать надежность передачи данных. Поэтому в последние годы в мире вообще, и в России, в частности, наблюдается преимущественный рост числа пользователей именно цифровых сотовых сетей. Стандарт GSM является результатом фундаментальных исследований ведущих научных и инженерных центров Европы. Системные и технические решения этого стандарта имеют большой запас дальнейшего развития и могут использоваться для широкого класса перспективных цифровых систем мобильной связи. К таким решениям можно отнести:

> построение сетей GSM на принципах модели открытых систем и интеллектуальных сетей;

> применение эффективных методов повторного использования частот;

> применение множественного доступа с динамическим временным разде лением;

> временное разделение режимов приема и передачи;

> пакетирование сообщений;

> использование передовых методов борьбы с замираниями сигналов;

> программное формирование логических каналов связи;

> разработка высококачественных низкоскоростных речевых кодеков;

> шифрование передаваемых сообщении и закрытие данных пользователя.

Американский стандарт D-AMPS явился результатом вынужденной миграции аналогового стандарта в "новую цифровую эру" мобильной связи. В связи с этим D-AMPS сохранил большое число свойств своего аналогового предшественника.

Все стандарты цифровых сотовых сетей связи обеспечивают взаимодействие с ISDN и КТСОП.

Далее рассмотрим основные особенности передачи данных в сотовых сетях.

С точки зрения передачи данных аналоговые сотовые сети принципиально должны мало отличаться от КТСОП, так они предоставляют те же телефонные каналы тональной частоты 0,3—3,4 кГц. В отличие от каналов обычной телефонной сети, каналы сотовых сетей обладают рядом особенностей, которые серьезно влияют на качество передачи данных. Особенности каналов сотовых сетей следующие.

1. При перемещении радиотелефона из одной соты в другую происходит переключение обслуживающей базовой станции и радиоканала. При изменении расстояния от мобильного телефона до базовой станции также происходит переключение мощности передатчика. В результате таких переключении радиоканал, а значит и несущая частота модема, прерываются на 0,2—1,2 с. Обычный модем реагирует на это процедурой повторного соединения, которая продолжается в течение 10 с, или даже разъединением.

2. Замирания и многолучевое распространение радиосигналов оказывает существенное влияние на качество связи. Из-за различия фаз сигналов, пришедших различными путями, возникает интерференция, которая в зависимости от места расположения приемника изменяет уровень принимаемого сигнала (отношения сигнал/шум). В результате колебаний амплитуды несущей частоты при передаче данных возникают ошибки и нарушается адаптивный режим работы модема.

3. Аналоговые сотовые сети первоначально разрабатывались для голосовой связи. Поэтому в сотовых сетях широко используется компандирование и предварительная коррекция АЧХ канала. Высокий уровень несущей в таких каналах

> применение эффективных методов повторного использования частот;

> применение множественного доступа с динамическим временным разде лением;

> временное разделение режимов приема и передачи;

> пакетирование сообщений;

> использование передовых методов борьбы с замираниями сигналов;

> программное формирование логических каналов связи;

> разработка высококачественных низкоскоростных речевых кодеков;

> шифрование передаваемых сообщений и закрытие данных пользователя.

Американский стандарт D-AMPS явился результатом вынужденной миграции аналогового стандарта в "новую цифровую эру" мобильной связи. В связи с этим D-AMPS сохранил большое число свойств своего аналогового предшественника.

Все стандарты цифровых сотовых сетей связи обеспечивают взаимодействие с ISDN и КТСОП.

Далее рассмотрим основные особенности передачи данных в сотовых сетях.

С точки зрения передачи данных аналоговые сотовые сети принципиально должны мало отличаться от КТСОП, так они предоставляют те же телефонные каналы тональной частоты 0,3—3,4 кГц. В отличие от каналов обычной телефонной сети, каналы сотовых сетей обладают рядом особенностей, которые серьезно влияют на качество передачи данных. Особенности каналов сотовых сетей следующие.

1. При перемещении радиотелефона из одной соты в другую происходит переключение обслуживающей базовой станции и радиоканала. При изменении расстояния от мобильного телефона до базовой станции также происходит переключение мощности передатчика. В результате таких переключении радиоканал, а значит и несущая частота модема, прерываются на 0,2—1,2 с. Обычный модем реагирует на это процедурой повторного соединения, которая продолжается в течение 10с, или даже разъединением.

2. Замирания и многолучевое распространение радиосигналов оказывает существенное влияние на качество связи. Из-за различия фаз сигналов, пришедших различными путями, возникает интерференция, которая в зависимости от места расположения приемника изменяет уровень принимаемого сигнала (отношения сигнал/шум). В результате колебаний амплитуды несущей частоты при передаче данных возникают ошибки и нарушается адаптивный режим работы модема.

3. Аналоговые сотовые сети первоначально разрабатывались для голосовой связи. Поэтому в сотовых сетях широко используется компандирование и предварительная коррекция АЧХ канала. Высокий уровень несущей в таких каналах приводит к искажениям, вызванным ограничением сигнала. А слишком низкий уровень сигнала ухудшает отношения сигнал/шум при его приеме.

В цифровых сотовых сетях перечисленные проблемы в основном решаются еще на уровне системного проектирования. В результате пользователь получает высококачественный цифровой канал (в стандарте GSM — со скоростью 13 Кбит/с), который и используется для передачи его оцифрованного голоса. Этот цифровой канал можно использовать и для передачи данных от компьютера или другого DTE.

В общем случае передача данных по цифровым сотовым сетям, по сравнению с передачей данных по аналоговым сотовым сетям, обеспечивает значительно большую надежность и устойчивость к шумам и задержкам при переходе абонента из одной соты в другую, а также к замираниям и многолучевому распространению радиосигналов.

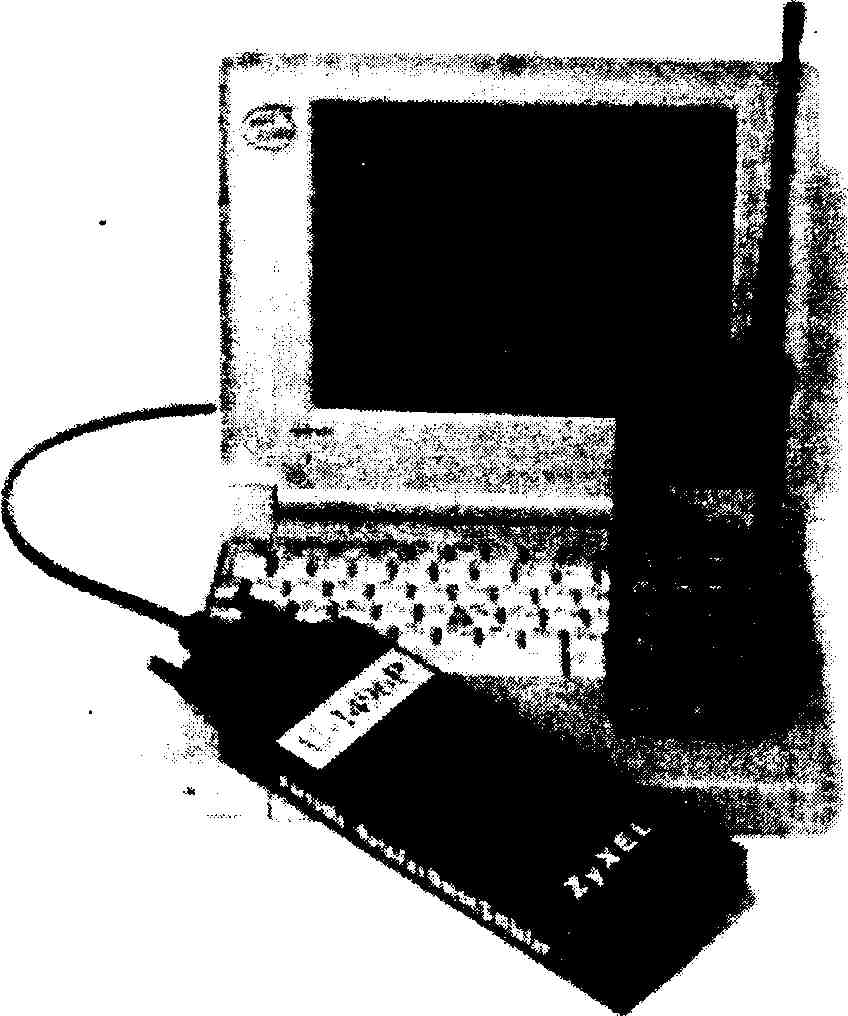
**11.2. Модемы в аналоговых сетях**

Для успешной передачи данных через аналоговую сотовую сеть на стороне подвижного абонента требуется наличие, как минимум, сотового модема, поддерживающего один из сотовых протоколов передачи. Такие протоколы, как правило, описывают функции протокола модуляции, протокола исправления ошибок и, иногда, сжатия данных . Наиболее известны сотовые протоколы MNP10, MNP10EC, ZyCELL, ETC, TX-CEL.

Протоколы фирмы Microcom MNP10 и MNP10EC *(Enhanced Cellular)* предусматривают механизмы адаптации, реализованные на канальном и более высоких уровнях. Похожий подход реализован в протоколе фирмы AT&T Paradine ETC *(Enhanced Throughput Cellular),* основаном на стандарте V.32bis. Более совершенным является протокол ZyCELL фирмы ZyXEL. Он базируется на протоколе V.42 с селективным повтором (ARQ типа SR) и большом числе процедур адаптации как канального, так и физического уровня. Протокол TX-CEL компании Celeritas Technologies является также адаптивным и определяет порядок динамической подстройки электрических характеристик сигнала.

До сих пор не проводилось достаточно полного и независимого сравнительного анализа известных сотовых протоколов связи. Известны результаты тестирования журнала Network World (5.09.94; v.11, N36, р.43). Бесспорным чемпионом этого теста оказался модем ZyXEL-1496P (рис. 11.1). Результаты теста приведены в табл. 11.3, где скорость измерена по порту DTE—DCE, то есть с учетом сжатия данных.

С помощью модемов, поддерживающих сотовые протоколы передачи данных по сотовому соединению (рис. 11.2), пользователи могут получить надежный коммутируемый канал для передачи данных со скоростью 9,6 Кбит/с (без их сжатия), а при хороших радиоусловиях — 14,4 Кбит/с.



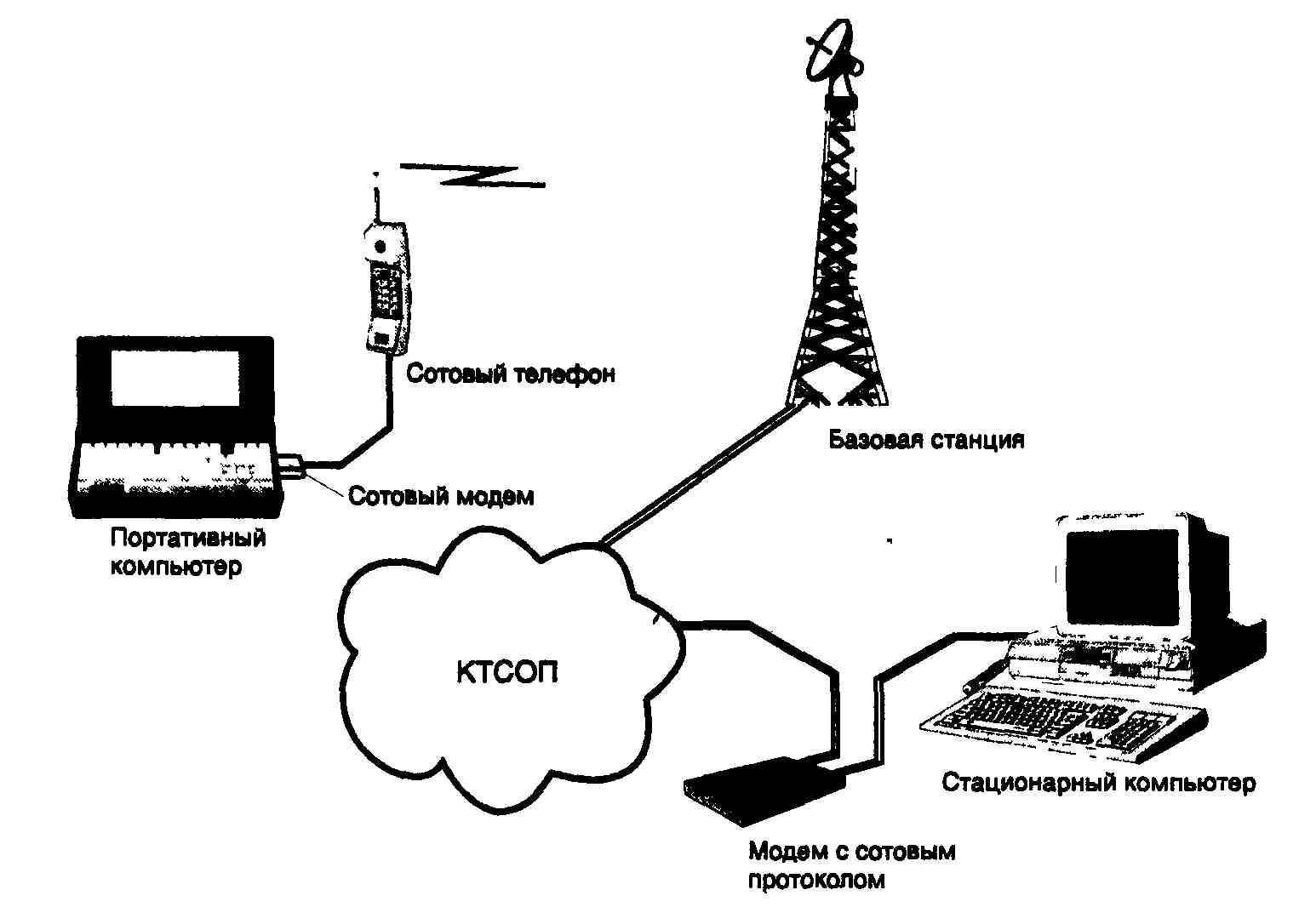
*Рис. 11.1.* Сотовый аналоговый модем ZyXEL-1496P

Недостаток этой системы — необходимость использовать сотовые модемы на обоих концах соединения. Если на одном конце установлен обычный модем, то надежность и производительность соединения могут серьезно пострадать.

С недавнего времени поставщики услуг сотовой связи решают эту проблему с помощью размещения банка модемов в коммутационных центрах подвижной связи *(mobile switching centres),* как правило, совмещенных с базовыми станциями сети. Протокол сотового модема действует только на участке до такого центра, а на всем протяжении остального соединения работает протокол обычного модема (рис. 11.3).

Таблица 11.3. Результаты тестирования журнала Network World модема ZyXEL-1496P

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Модем | Протокол | Средняя скорость, Кбит/с |
| 2yXEL-1496P | ZyCELL | 34 |
| AT&T Paradyne KeeplnTouch Card | ETC | 7 |
| Microcom TravelCard Fast 28.8 | MNP10 | 7 |
| DATA RACE Redicrd 14.4 PCMCIA | MNP10 | 6 |
| MegagertzCC4144 | MNP10 | не установил связи |
| MAXTECH/GVC PCM144C | MNP10 | не установил связи |
| ZOOM PCMCIA 14.4C | MNP10 | не установил связи |



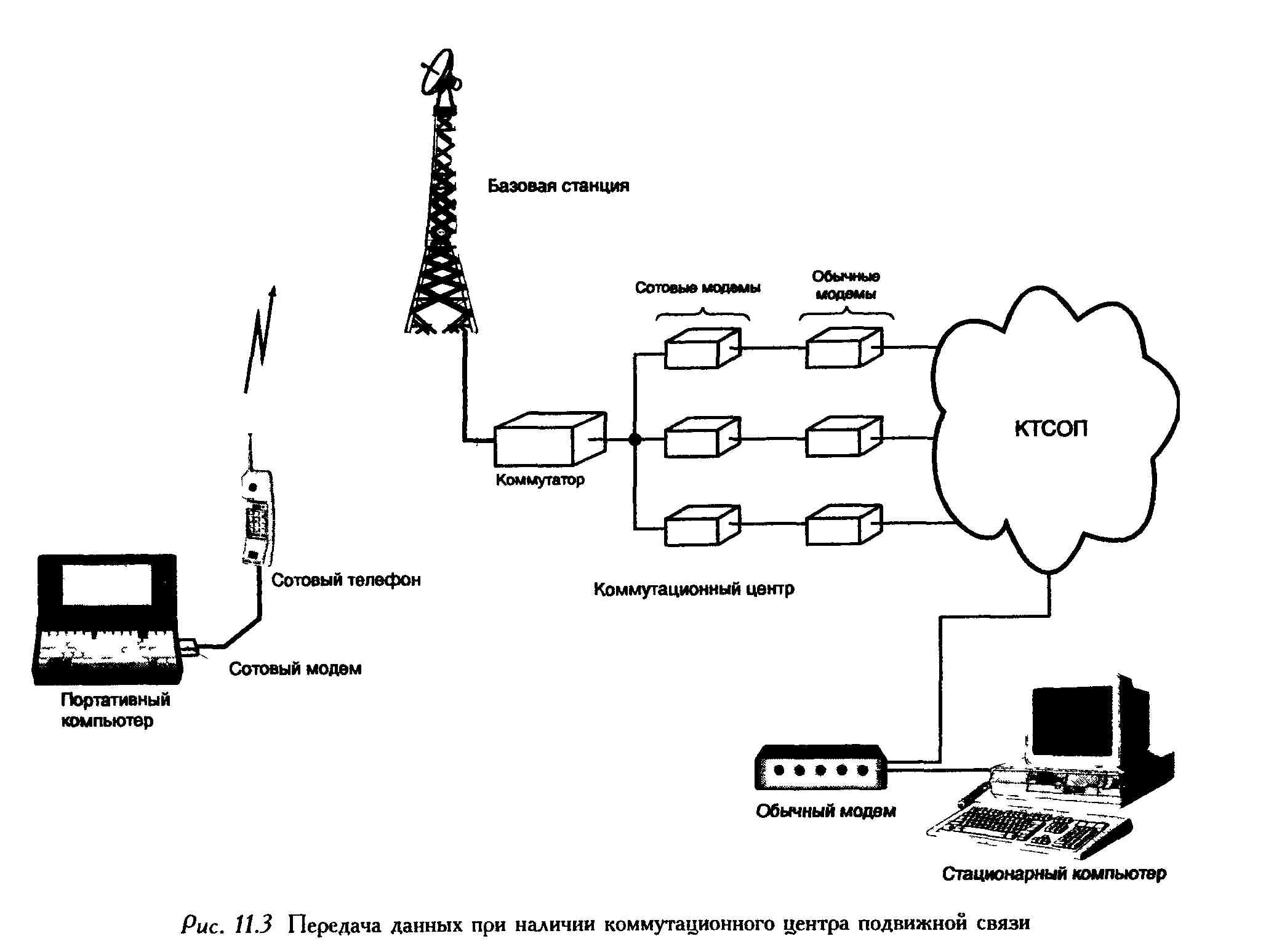
*Рис. 11.2.* Передача данных через аналоговую сотовую сеть

**11.3. Модемы в цифровых сетях**

В настоящее время существуют и развиваются две конкурирующие технологии цифровой сотовой связи. Одна из них основана на множественном доступе с разделением по времени TDMA *(Time Division Multiple Access),* другая — с кодовым разделением CDMA *(Code Division Multiple Access).* Первая технология обещает троекратное увеличение емкости сетей по сравнению с аналоговыми системами, вторая — еще большее, возможно десятикратное. TDMA уже используется в системах типа GSM, D-AMPS, а технология CDMA еще ждет своего внедрения.

В цифровых сотовых системах при подключении сотового модема к аналоговому окончанию телефонного канала цифрового сотового телефона также можно воспользоваться подходами, приведенными на рис. 11.2 и 11.3. Однако в будущем ожидаются большие изменения в организации передачи данных по цифровым сотовым сетям.

Ассоциацией телекоммуникационной промышленности TIA *(Telecommunications Industry Association)* США недавно были приняты два стандарта цифровой сотовой связи TDMA: IS-135 (Услуги TDMA.



Асинхронная передача данных и факсимильной информации) и IS-130 (Радиоинтерфейс TDMA. Протокол радиоканалов). Они определяют, как в системах TDMA должны обрабатываться запросы на передачу данных. Технология передачи данных в системах CDMA определеятся стандартом IS-99.

Согласно этим стандартам портативный компьютер будет соединяться с *цифровым* сотовым телефоном не с помощью внешнего модема, а через последовательный порт (рис. 11.4), и использовать АТ-команды, поддерживаемые большинством традиционных стационарных модемов. Пользователи получат возможность передавать данные и факсимильную информацию в системах TDMA со скоростью 9,6 Кбит/с, а в системах CDMA, вероятно, и со скоростью до 14,4 Кбит/с. Цифровые сотовые сети предоставят также услугу пересылки коротких сообщений, аналогичную услугам пейджинговых сетей, но гарантирующую надежную доставку информации.

На физическом уровне разные виды информации, передаваемой по цифровой сотовой сети, — речь, факсы, данные — выглядят одинаково. По мере повышения уровня сетевых протоколов (см. раздел 1.3), различия между ними становятся все более существенными, а, следовательно, и способы обработки разной информации должны быть разными. Стандарты передачи данных по цифровым сотовым сетям определяют протоколы канального уровня, обеспечивающие надежную передачу данных по относительно ненадежному радиоканалу. При вызове мобильного устройства один телефонный номер будет использоваться в целях установления соединения для передачи речи, а другой — факсимильной информации и данных. Для исходящих вызовов мобильное устройство будет выдавать команду цифровому сотовому телефону, указывая вид требуемой услуги.

Интеграция с существующими проводными системами представляет несколько иную проблему. Базовая станция должна не только эффективно принимать передаваемые с мобильного узла данные, но еще и передавать их на стационарный модем на другом конце соединения. Следовательно, в коммутационных центрах подвижной связи должен существовать пул (множество модемов, объединенных в одном корпусе) модемов для передачи данных при помощи традиционных модемных протоколов, таких как V.32, V.34 и др. (см. рис. 11.4). Для обеспечения межсетевого взаимодействия коммутационные центры должны поддерживать стандарта цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN) и распределенных сетей передачи данных.

Существуют потенциальные возможности для повышения скорости передачи данных по цифровым сотовым сетям. GSM, D-AMPS и технология CDMA поддерживают объединение каналов. D-AMPS позволяет объединять три канала для передачи данных с суммарной скоростью 28,8 Кбит/с, а CDMA возможно позволит достичь скорости до 64 Кбит/с.

В настоящее время также находит применение подход, основанный на объединении всего оборудования мобильного пользователя в одном устройстве. Так, устройство Nokia 9000 (рис. 11.5) объединяет в себе функции сотового телефона стандарта GSM и персонального цифрового секретаря (PDA) — несложного данных и факсимильной информации) и IS-130 (Радиоинтерфейс TDMA. Протокол радиоканалов). Они определяют, как в системах TDMA должны обрабатываться запросы на передачу данных. Технология передачи данных в системах CDMA определеятся стандартом IS-99.

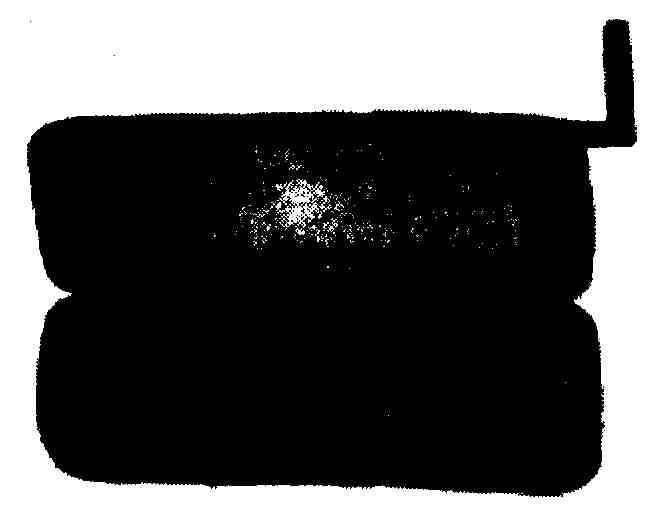
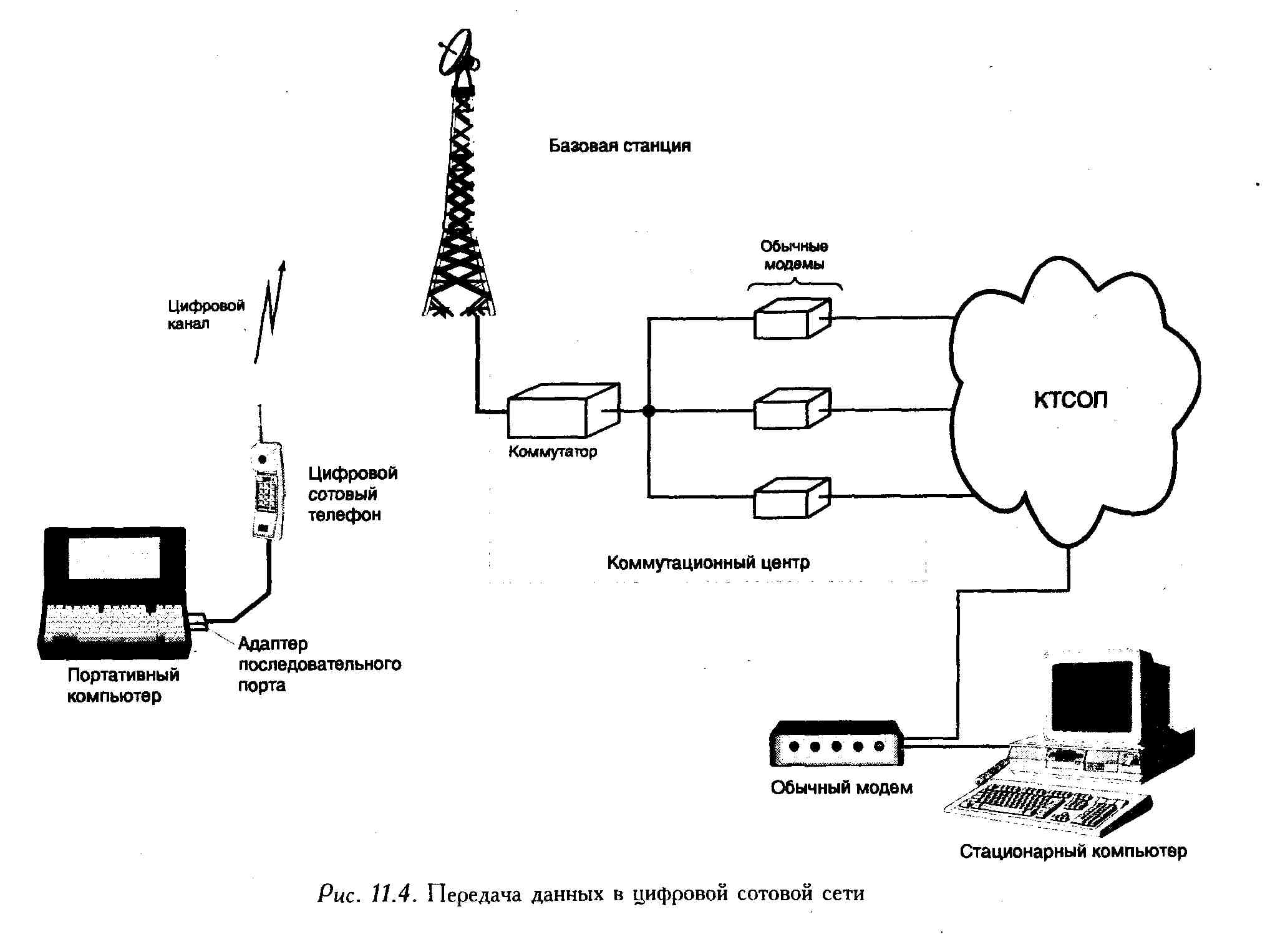
Согласно этим стандартам портативный компьютер будет соединяться с *цифровым* сотовым телефоном не с помощью внешнего модема, а через последовательный порт (рис. 11.4), и использовать АТ-команды, поддерживаемые большинством традиционных стационарных модемов. Пользователи получат возможность передавать данные и факсимильную информацию в системах TDMA со скоростью 9,6 Кбит/с, а в системах CDMA, вероятно, и со скоростью до 14,4 Кбит/с. Цифровые сотовые сети предоставят также услугу пересылки коротких сообщений, аналогичную услугам пейджинговых сетей, но гарантирующую надежную доставку информации.

На физическом уровне разные виды информации, передаваемой по цифровой сотовой сети, — речь, факсы, данные — выглядят одинаково. По мере повышения уровня сетевых протоколов (см. раздел 1.3), различия между ними становятся все более существенными, а, следовательно, и способы обработки разной информации должны быть разными. Стандарты передачи данных по цифровым сотовым сетям определяют протоколы канального уровня, обеспечивающие надежную передачу данных по относительно ненадежному радиоканалу. При вызове мобильного устройства один телефонный номер будет использоваться в целях установления соединения для передачи речи, а другой — факсимильной информации и данных. Для исходящих вызовов мобильное устройство будет выдавать команду цифровому сотовому телефону, указывая вид требуемой услуги.

Интеграция с существующими проводными системами представляет несколько иную проблему. Базовая станция должна не только эффективно принимать передаваемые с мобильного узла данные, но еще и передавать их на стационарный модем на другом конце соединения. Следовательно, в коммутационных центрах подвижной связи должен существовать пул (множество модемов, объединенных в одном корпусе) модемов для передачи данных при помощи традиционных модемных протоколов, таких как V.32, V.34 и др. (см. рис. 11.4). Для обеспечения межсетевого взаимодействия коммутационные центры должны поддерживать стандарты цифровых сетей с интеграцией услуг (ISDN) и распределенных сетей передачи данных.

Существуют потенциальные возможности для повышения скорости передачи данных по цифровым сотовым сетям. GSM, D-AMPS и технология CDMA поддерживают объединение каналов. D-AMPS позволяет объединять три канала для передачи данных с суммарной скоростью 28,8 Кбит/с, а CDMA возможно позволит достичь скорости до 64 Кбит/с.

В настоящее время также находит применение подход, основанный на объединении всего оборудования мобильного пользователя в одном устройстве. Так, устройство Nokia 9000 (рис. 11.5) объединяет в себе функции сотового телефона стандарта GSM и персонального цифрового секретаря (PDA) — несложного походного компьютера.



*Рис. 11.5.* Совмещенный цифровой телефон/персональный секретарь

Устройство использует процессор Intel 80386. В его крышку вмонтированы телефон и жидкокристаллический дисплей. Nokia 9000 работает под управлением операционной системы GeoWorks и имеет прикладное программное обеспечение, состоящее из календаря, адресной книги, записной книжки, системы электронной почты, навигационной программы для Internet и калькулятора. Причем все они могут работать одновременно. Когда крышка закрыта, устройство работает только как телефон. Когда она открыта, клавиатуру и телефон можно использовать одновременно.