

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАКЕТНОЙ РАДИОПЕРЕДАЧИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБЪЕКТАМИ

*Рассмотрена организация систем промышленной автоматизации, с объединением подсистем различных уровней на основе технологии GPRS. Акцентировано внимание на экономической целесообразности систем, технических показателях, особенностях системной интеграции и организации подсистем нижнего уровня.*

Основой системной интеграции АСУЭ есть правильный выбор двух важных факторов, таких, как скорость передачи данных и доступность удаленных объектов. Ведомственные сети связи, на базе которых строится значительное количество АСУЭ, в большинстве своем морально устарели, и не могут обеспечить нормальных условий для обмена данными. И если на уровне диспетчерских сетей, пункты которых обычно расположены в относительно крупных городах, можно добиться организации удовлетворительных каналов связи или даже использовать высокоскоростные технологии, то подключение удаленных устройств управления становится проблемным для разработчиков. Большинство подобных объектов имеет в лучшем случае одну-две коммутируемых телефонных линии, к тому же используемые местным персоналом. Технические решения для таких подключений сводятся либо к дорогостоящей и трудоемкой прокладке кабелей связи, либо к использованию радиопередающей аппаратуры, обеспечивающей низкую скорость и малую надежность передачи данных.

Стремительное развитие сотовой связи в стране предполагает новые решения для организации АСУЭ. Широко используемая на сегодняшний день технология передачи данных стандарта GSM (GSM Data), способна в некоторой степени решить поставленные задачи. Однако, она обладает многими существенными недостатками – низкой скоростью передачи данных (9600 бит/с) и высокой стоимостью эксплуатации подобных систем за счет повременных тарифов операторов сотовой связи.

Внедрение услуг пакетной передачи данных по радиоканалу (GPRS - General Packet Radio Service) ведущими операторами Украины за счет особенностей технологии предоставило новые возможности для построения АСУЭ.

Технология GPRS обеспечивает пакетную коммутацию на всем протяжении канала связи от мобильного терминала абонента и выше. При этом существенно оптимизируются услуги передачи данных в сетях стандарта GSM, особенно с учетом прерывистого характера

трафика в сетях Интернет/интранет. Соединение устанавливается практически мгновенно. Пользователи оплачивают фактические объемы переданных данных, а не время соединения, поскольку используют сетевые ресурсы и занимают временные интервалы радиоканалов только в моменты обмена данными. Это обеспечивает чрезвычайно эффективное использование доступной полосы частот и позволяет делить один радиоканал между несколькими пользователями.

GPRS обладает следующими существенными преимуществами применительно к построению АСУЭ.

1. Система тарификации с оплатой трафика идеально подходит для приложений, оперирующих небольшими объемами данных;
2. Предоставление абоненту нескольких временных интервалов радиоканала (так называемых тайм-слотов) из числа свободных, значительно повышает скорость передачи данных в сети. В отличие от доступной ранее пропускной способности канала связи, которая ограничивалась использованием одного тайм-слота GSM Data и составляла 9600 бит/с, GPRS позволяет организовать сессии обмена данными на скорости до 171300 бит/с. Практически эта скорость ограничена возможностями оператора и конструктивным исполнением абонентского устройства связи.

Модемы GPRS, используемые в качестве оконечных устройств классифицируются по максимально возможному количеству одновременно занимаемых тайм-слотов, каждый из которых обеспечивает скорость передачи данных от 9600 до 21400 бит/с в зависимости от способа кодирования информации. В Украине ведущими операторами сотовой связи поддерживается схема кодирования CS-2, при которой пропускная способность тайм-слота составляет 13400 бит/с. На сегодняшний день на отечественном рынке в основном представлены модели, которые поддерживают до четырех слотов для приема данных и до двух слотов для передачи данных.

Рассмотрим подробнее вышеуказанные особенности технологии, а также те из их сторон, которые ограничивают их положительные аспекты.

Тарификация с оплатой трафика экономически выгодна, но только в тех случаях, когда канал связи загружен не в полной мере. Стоимость принятой/переданной информации рассчитывается по следующим формулам

При использовании технологии GPRS

$$S_{\text{общ.}} = 2 \cdot S_{1\text{Mb}} \cdot Q_{\text{инф.}}, \quad (1)$$

где:  $S_{\text{общ.}}$  - стоимость принятой/переданной информации;

$S_{1\text{Mb}}$  - тариф оператора сотовой связи на передачу 1 Мб информации;

$Q_{инф.}$  - количество принятой/переданной информации (Мб);

число 2 – коэффициент, обусловленный использованием двух абонентских устройств для выхода в сеть GPRS, трафик каждого из которых тарифицируется отдельно и независимо от направления передачи информации.

При повременной тарификации оплачивается время соединения абонентских устройств. При этом для определения стоимости принятой/переданной информации, необходимо включить в расчет такую величину, как степень загруженности канала связи, выраженную в процентах от времени существования коммутируемого соединения. Степень загруженности канала связи ( $N_{загр.}$ ) определяется, как отношение времени фактического обмена данными ( $t_{траф.}$ ) к времени существования соединения ( $t_{соед.}$ )

$$N_{загр.} = \frac{t_{траф.}}{t_{соед.}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Тогда формула расчета стоимости принятой/переданной по коммутируемому каналу информации, будет иметь следующий вид

$$S_{общ.} = \frac{C_{1min} \cdot Q_{инф.} \cdot 1024 \cdot q_{бит} \cdot 100\%}{V_{пер.} \cdot N_{загр.} \cdot 60}, \quad (3)$$

где:  $C_{1min}$  - поминутный тариф на коммутируемое соединение для абонентского устройства, осуществляющего исходящий вызов;

$Q_{инф.}$  - количество передаваемой информации (Мб);

Число 1024 – коэффициент для преобразования количества информации в Кб;

$q_{бит}$  - количество бит в одном передаваемом байте, состоит из информационных и служебных бит;

$V_{пер.}$  - скорость передачи информации по коммутируемому каналу связи (кбит/с);

Число 60 – коэффициент перерасчета поминутного тарифа в посекундный;

$N_{загр.}$  - степень загруженности канала связи, определяемая по формуле (2).

Для коммутируемых каналов связи GSM Data при асинхронной передаче данных  $V_{пер.} = 9,6$  кбит/с;  $q_{бит} = 10$  (8 информационных, 1 стартовый и 1 стоповый бит).

Для примера рассмотрим график (рис.1) зависимости стоимости 1 Мб принятой/переданной информации от степени загруженности канала связи GSM Data при существующем повременном тарифе ( $C_{1min} = 0,27$  грн./мин). При этом, для сравнения, разместим на той же оси координат график стоимости 1 Мб принятой/переданной информации при использовании технологии GPRS. График будет иметь вид прямой,

параллельной оси абсцисс, точка прохождения которой на оси ординат будет равна существующему тарифу на передачу 1 Мб информации ( $S_{1Mb} = 5,32$  грн/Мб).

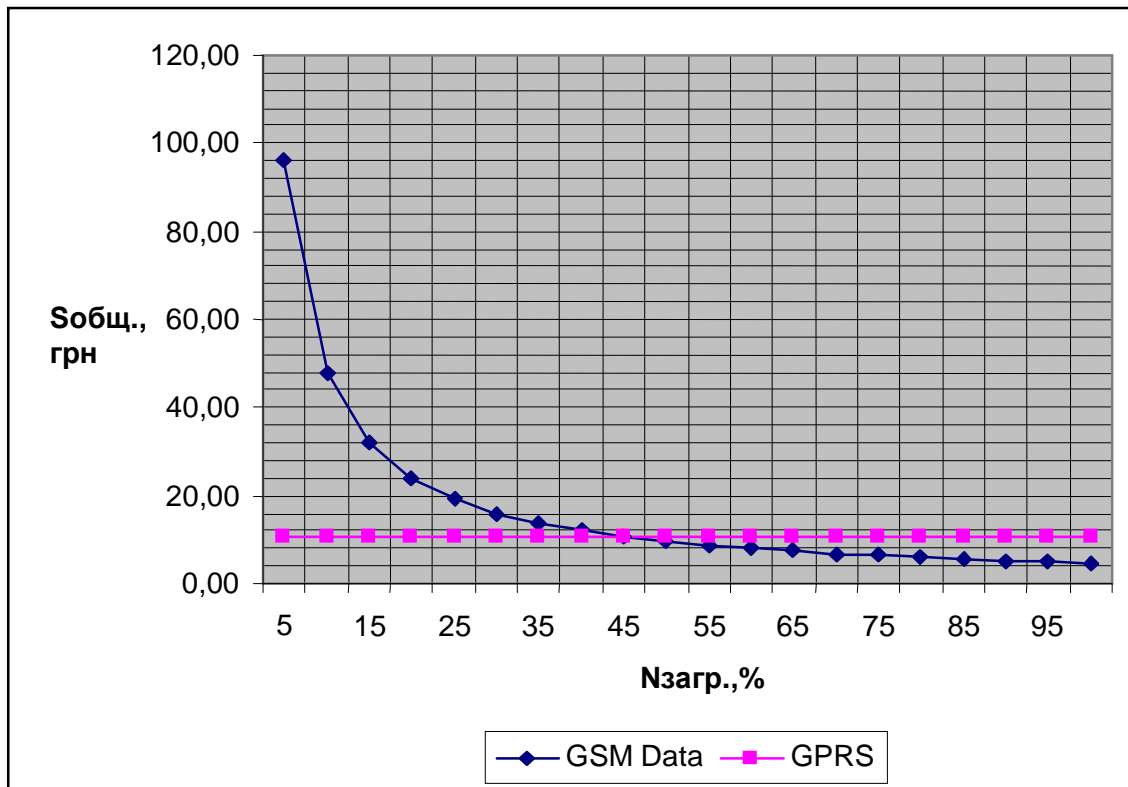


Рис1. Зависимость стоимости передачи 1 Мб информации по каналам GSM Data и GPRS, от степени загрузки канала связи

Анализ графиков рис.1 дает зависимость для расчета оптимального значения степени загрузки канала связи.

$$\frac{C_{1min} \cdot Q_{инф.} \cdot 1024 \cdot q_{bit} \cdot 100\%}{V_{пер.} \cdot N_{нор.} \cdot 60} = 2 \cdot S_{1Mb} \cdot Q_{инф.} \quad (4)$$

Принимая  $q_{bit} = 10$  и  $V_{пер.} = 9,6$  кбит/с получим

$$N_{нор.} = \frac{8,89 \cdot C_{1min} \cdot 100\%}{S_{1Mb}} \quad (5)$$

Учет существующих тарифов операторов сотовой связи ( $C_{1min} = 0,27$  грн/мин) и ( $S_{1Mb} = 5,32$  грн/Мб), дает значение  $N_{нор.} \approx 45\%$ .

Полученное значение  $N_{нор.}$  есть важный критерий эффективности тарификации трафика и по существу является пороговым значением, при превышении которого

повременная тарификация становится экономически более выгодной. Изменение значения  $N_{пор.}$  происходит по гиперболическому закону.

Следовательно, приложения требующие доступа к данным реального времени в АСУЭ, практически не могут быть реализованы на коммутируемых каналах с повременной тарификацией.

Также следует отметить, что пороговое значение  $N_{пор.}$  не зависит от количества передаваемой информации и при этом прямо пропорционально повременному тарифу GSM Data и обратно пропорционально тарифу на передачу 1 Мб информации для услуги GPRS.

Вторая особенность технологии заключается в отсутствии постоянно определенной скорости передачи данных, которая изменяется случайным образом в зависимости от загрузки каналов сотовой сети голосовым трафиком, а также трафиком других GPRS-соединений. При проведении практических экспериментов скорость приема информации с использованием четырех тайм-слотов составляла от 10 кбит/с (в часы пиковой нагрузки с 9-00 по 13-00) до 51 кбит/с в ночное время, что фактически приближается к предельному значению 53,6 кбит/с, ограниченному количеством тайм-слотов приемника.

Скорость обмена данными по сети GPRS в нормальном режиме работы превышает скорость каналов связи GSM Data, что является существенным преимуществом. Однако, возможность непредсказуемого снижения скорости является отрицательным фактором для применения GPRS в системах, требующих интенсивного обмена данными с наличием определенных требований к минимальной скорости связи.

Рассмотрим организацию сети объектов, подлежащих интеграции в систему АСУЭ. На сегодняшний день, предоставляемую украинскими операторами услугу GPRS, можно определить как «сервис начального уровня». Основным ее назначением является предоставление доступа в сеть Internet частным абонентам или субъектам малого бизнеса, что впрочем, не отрицает применение технологии для организации АСУЭ, однако, потребует определенных усилий со стороны разработчиков.

Механизм осуществления доступа диспетчерской сети к удаленному объекту состоит в организации «виртуальной частной сети» (VPN – Virtual Private Network) для абонентов GPRS, которые являются узлами АСУЭ, и открытии для них отдельного «имени точки доступа» (APN - Access Point Name). После этого, при соответствующих настройках абонентских устройств и терминального оборудования, можно инициировать сессию связи между объектами, с какой угодно стороны, используя стек TCP/IP и адресацию IP для идентификации узлов сети.

На сегодняшний день в Украине все еще действует один из отрицательных факторов для использования GPRS в корпоративных сетях – назначение операторами исключительно

динамических адресов IP. При том, что спецификация технологии позволяет без особых трудностей обеспечивать услугу назначения абонентам статического адреса IP, украинские операторы такой возможности не предоставляют, по крайней мере, для широкого круга абонентов.

Однако, не следует забывать, что в GPRS-соединениях подлежит тарификации только объем пропущенных данных, независимо от времени подключения. Поэтому в нормальных условиях работы при организации постоянного подключения GPRS-терминала к сети оператора назначаемый динамический адрес IP можно считать постоянным, поскольку обрыв соединения и смена адреса IP происходят лишь в случае каких-либо внештатных ситуаций (неисправность терминального оборудования, авария базового оборудования используемой системы сотовой связи, стихийные бедствия, повлекшие резкие ухудшения погодных условий).

Для снижения вероятности выхода системы из строя за счет смены адресов IP предлагается метод трансляции и перерегистрации адресов. Метод реализован путем разработки комплекса приложений, которые, размещаясь на центральном и удаленных узлах сети, проводят постоянное определение собственного адреса IP, и в случае его изменения, отсылают новый адрес приложениям, установленным на объектах, находящихся в непосредственном взаимодействии с данным узлом. Каждое из приложений, получив сообщение о смене адреса, производит перерегистрацию данных об узле-отправителе сообщения в собственном массиве адресных данных для дальнейшего взаимодействия с узлом системы по новому адресу.

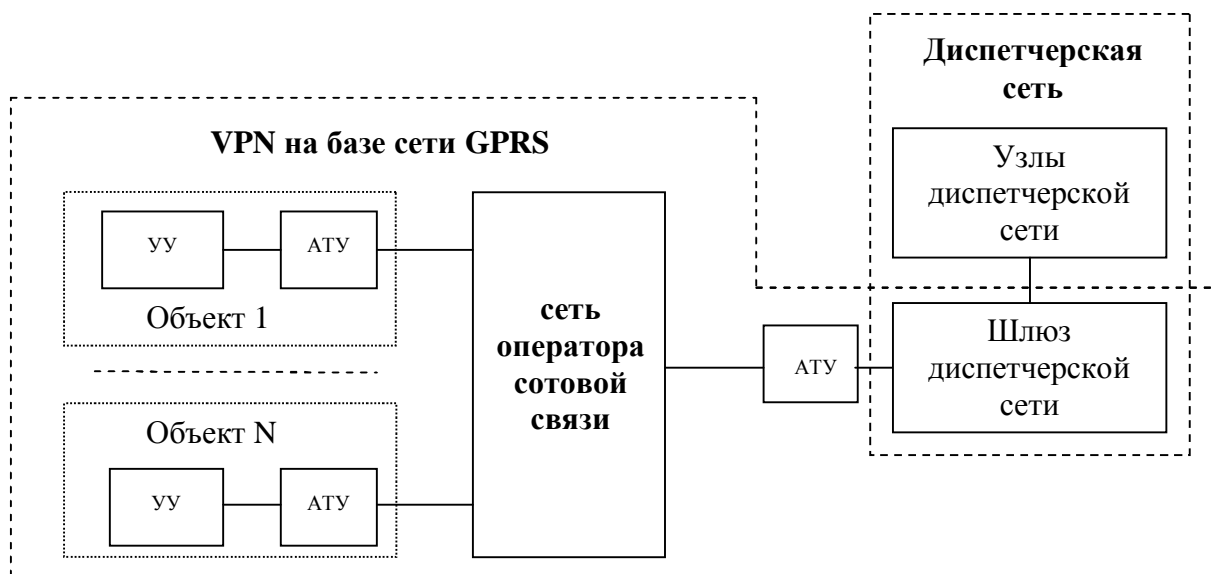


Рис. 2 Обобщенная схема подключения удаленных объектов посредством GPRS-соединений

Подключение удаленных пунктов управления или учета к центральному диспетчерскому пункту схематически показано на рис.2.

Удаленные устройства управления или сбора информации (УУ) подключаются к сети GPRS оператора посредством абонентских терминальных устройств (АТУ). Аналогичным способом подключается диспетчерская сеть. При этом, используя выделенную оператором собственную точку доступа APN, все узлы сети, подключаемые посредством GPRS, рассматриваются как узлы VPN на базе сети оператора. Последние могут обращаться друг к другу по адресам IP, не используя для передачи данных внешние сети, в том числе Internet, что обеспечивает относительно высокую безопасность передачи информации.

Рассмотрим особенности организации систем АСУЭ на базе GPRS-связи, на нижнем уровне.

Подсистема нижнего уровня должна выполнять функции реализации обмена данными со специализированным контроллером или счетчиком, их накопление в базе данных, буферизацию с последующей ретрансляцией на узел системы более высокого уровня по протоколу TCP/IP с учетом высоких временных задержек в 3000-5000мс, характерных для GPRS. Для реализации данных задач возможно использование различных промышленных контроллеров с соответствующим программным обеспечением. Однако, существует необходимость выполнения ряда служебных функций (задачи установления соединения с сетью оператора на логическом уровне с получением адреса IP, поддержка трансляции и перерегистрации динамических адресов IP, поддержка сетей VPN). К тому же корректная работа систем в режиме оперативного управления и доступ к данным реального времени возможны только при реализации базовых алгоритмов управления и мониторинга технологических процессов непосредственно на энергообъекте с целью исключения влияния нестабильной работы каналов связи.

Наиболее целесообразным аппаратным решением для подсистем нижнего уровня АСУЭ является применение универсальных промышленных ЭВМ, выполненных в миниатюрном исполнении. Это обеспечит гарантированное выполнение полного набора необходимых задач, а также облегчит и ускорит разработку программного обеспечения, по сравнению со специализированными контроллерами.

Украинские операторы сотовой связи сегодня осуществляют недостаточную поддержку сервиса GPRS. Вместе с тем расширение сетей сотовой связи происходит практически непрерывно и операторы учитывают необходимость наращивания количества «резервных» каналов для пользователей этой технологии. Поэтому прогнозы развития сервиса GPRS в Украине можно выражать в оптимистическом аспекте. А широкое применение данной

технологии для задач АСУЭ в конечном итоге потребует от операторов оптимизировать услугу для подобных клиентов.

Выводы.

1. Предложен метод определения экономической целесообразности использования каналов связи с оплатой реального трафика вместо каналов связи с повременной оплатой. Определено пороговое значение степени загрузки канала связи.

2. Предложен метод трансляции и перерегистрации адресов IP, позволяющий снизить вероятность выхода из строя АСУЭ, узлы которой используют динамически назначаемые адреса IP. Метод обеспечивает автоматическое восстановление работоспособности системы при аварии одного из ее узлов.