

ОТЗЫВ

научного консультанта С.Н. Падалко
на диссертационную работу Терентьева Максима Николаевича
на тему «Беспроводные сенсорные сети для космических систем»,
представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика (технические науки)

М.Н. Терентьев окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе в 1989 г. по специальности «Динамика полета и управление». С 2005 г. он занимался проблемами беспроводных сенсорных сетей (БСС), а также проблемами автоматизации их проектирования. Кандидатскую диссертацию защитил в 2010 г. по специальности 05.13.15 «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети».

Исследования свойств и самоорганизации БСС привели его к постановке задачи разработки класса БСС, по своим характеристикам подходящего для использования в космических системах и расширяющего их возможности. Мотивацией использования БСС в космических системах является сверхнизкий расход энергии на организацию коммуникаций, что достигается применением электронных компонентов очень малой мощности, в первую очередь — маломощного передатчика. По этой причине, сообщение, как правило, не может быть доставлено непосредственно адресату. Вместо этого в БСС используются многошаговые маршруты передачи сообщений. Характерное для космических систем постоянное изменение конфигурации, выражающееся в перемещении узлов БСС и смене режима работы помех заставляет БСС каждый раз искать новый маршрут передачи данных. Некоторые данные могут быть при этом потеряны.

Однако электронные компоненты даже очень малой мощности не в состоянии сами по себе снизить расход энергии до уровня, соответствующего требованиям космических систем. Поэтому БСС работает в дискретном режиме, чередуя краткие активные фазы, на которых узлы выполняют измерения и передают данные, с длительными фазами сна, на которых энергия практически не потребляется. Введение дискретного режима, снижая расход энергии БСС, повышает риск потери данных, порождая необходимость согласования работы узлов сети и концентрируя обмен сообщениями на кратких активных фазах. В БСС используется конкурентный доступ к радиоканалу, поэтому повышение уровня конкуренции увеличивает потери информации.

Таким образом, необходимость снижения расхода энергии вступает в противоречие с необходимостью снижения величины потерь данных.

Для разрешения противоречия между необходимостью снижения потерь данных и необходимостью снижения расхода энергии при обслуживании космических систем Терентьев М.Н. предложил отказаться от стремления обеспечить высокие значения других их характеристик — постоянной готовности, возможности использования произвольных маршрутов, использования логических адресов.

Кроме того, в рабочем цикле узла БСС автором был выявлен промежуток между распространением сетевой информации и ретрансляцией результатов измерений, во время которого узел фактически простаивает, но потребляет энергию в полном объеме. Величина и положение этого промежутка индивидуальны для различных узлов сети. Для дополнительного сокращения расхода энергии автор предложил заменить этот промежуток дополнительной фазой сна. Таким образом, теперь рабочий цикл узлов сети состоит из двух активных фаз и двух фаз сна. Рациональное расположение активных фаз узла определяется его положением в топологии сети. Автор предложил способ самостоятельного определения положения активных фаз узлами на основании имеющейся у них информации.

Снижение конкуренции за канал, высокой при обслуживании объектов большого масштаба, какими являются многие космические системы, Терентьев М.Н. достигает введением случайной задержки передачи результатов измерений. Объединение результатов измерений в буфер, размер которого определяется в зависимости от качества связи (чем выше качество связи, тем больше размер буфера), снижает нагрузку на канал при высоком качестве связи и повышает вероятность доставки сообщений при низком качестве связи.

Терентьев М.Н. формализовал свои предложения по организации работы БСС для космических систем в виде модели. Эта модель состоит из модели объекта обслуживания, моделей узлов БСС, модели радиоканала и управляющих параметров. Выходами модели являются значения показателей расхода энергии и величины потерь данных. Процесс моделирования — имитационный, основанный на дискретно-событийном и агентном подходах. Этот процесс реализован в виде специального инструмента — симулятора БСС. Использование этого инструмента положено Терентьевым М.Н. в основу методики структурно-параметрического синтеза БСС для космических систем, позволяющего целенаправленно выбирать значения управляющих и топологических параметров БСС, обеспечивающие требуемые значения показателей работы.

