

The criteria for the effectiveness of the information and control networks
Yushkovsky S.
Критерии эффективности работы информационно-управляющих сетей
Юшковский С. Л.

*Юшковский Станислав Леонидович / Yushkovsky Stanislav — аспирант,
кафедра вычислительной техники,
Московский энергетический институт, г. Москва*

Аннотация: в статье анализируются основные критерии эффективности работы беспроводных сенсорных сетей для оценки и сопоставления положительного эффекта от использования различных сетевых технологий построения информационно-управляющей сети.

Abstract: the article analyzes the main efficiency criteria in wireless sensor networks for the evaluation and comparison of the positive effect from using different network technologies for building information and management network.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, критерии эффективности, промышленная автоматизация, автоматизированная система управления.

Keywords: wireless sensor networks, efficiency criteria, industrial automation, industrial control system.

Развитие информационных технологий привело к интеллектуализации объектов промышленной автоматизации, позволяющей добиться существенного повышения их эксплуатационных характеристик, энергетической эффективности, надежности и снижения эксплуатационных затрат. Примерами таких объектов являются интеллектуальные установки наружного и внутреннего освещения, водонасосные станции, автоматические производственные линии, солнечные и ветряные электростанции, источники бесперебойного питания, автоматизированные системы коммерческого учета ресурсов и т.п. Одним из быстроразвивающихся перспективных направлений являются системы жизнеобеспечения зданий, включающие в себя управление электро-, тепло- и газоснабжением, вентиляцией и кондиционированием, освещением, охранно-пожарной сигнализацией, контролем доступа и т.д.

Ключевую роль в таких системах играет информационно-управляющая сеть, поскольку энергопотребление, производительность, надежность, живучесть и другие важные характеристики во многом определяются именно ее свойствами [1]. Для оценки и сопоставления положительного эффекта от использования различных сетевых технологий для построения информационно-управляющей сети необходимы четкие критерии эффективности.

Объекты промышленной автоматизации во многих случаях работают в ответственных применениях: в системах жизнеобеспечения, на ответственных участках производства, поэтому, в первую очередь, к системе управления, а, следовательно, и к ее информационно-управляющей сети предъявляются высокие требования надежности, в частности, безотказности и живучести.

Безотказность информационно-управляющей сети характеризуется вероятностью доставки сообщения $p(\tau, \lambda)$ от отправителя получателю, зависящей как от интервала времени наблюдения τ , так и от интенсивности передачи сообщений λ . Под живучестью понимается вероятность продолжения корректной работы информационно-управляющей сети $p_{\text{жив}}$ в случае выхода какого-либо ее элемента из строя. Как правило, параметры надежности задаются требованиями по назначению объектов промышленной автоматизации и выражаются в виде ограничения минимальных безотказности $p_{\text{н}}^0$ и живучести $p_{\text{ж}}^0$

$$p(\tau, \lambda) \geq p_{\text{н}}^0, \quad (1)$$

$$p_{\text{жив}} \geq p_{\text{ж}}^0. \quad (2)$$

Информационно-управляющая сеть, как правило, включена в контур управления, поэтому существенным показателем является быстродействие сети, то есть время доставки сообщения от одного узла к другому. Данный показатель зависит от большого количества факторов: времени постановки сообщения в очередь отправителя при синхронном механизме доступа к сети, загрузки сети, количества промежуточных узлов при передаче сообщения и т. д., большинство из которых являются случайными, поэтому он также является случайной величиной T_i^D . Как случайная величина время доставки

сообщения T_i^D характеризуется математическим ожиданием $\overline{T^D}$ и среднеквадратичным отклонением $\sigma(T^D)$. Однако при практическом использовании данного критерия интересен показатель максимального времени доставки сообщения T_0^D в $100p_{\text{дост}}\%$ случаев, для которого выполняется условие

$$P(T_i^D \leq T_{\text{max}}^D) \geq p_{\text{дост}}. \quad (3)$$

В случае частичного или полного отключения электропитания система управления должна сохранять работоспособность в автономном режиме вплоть до восстановления питания. Это необходимо для того, чтобы система управления могла сигнализировать верхним уровням интегрированной АСУ о факте отключения, продолжив при этом управлять оставшимися в работе объектами. Кроме того, объекты промышленной автоматизации в ряде случаев представляют собой одиночные датчики, для монтажа которых желательно иметь автономное питание. Поэтому средняя потребляемая мощность

$$P_{\text{п}} = \gamma_{\text{пр}} P_{\text{п.пр}} + \gamma_{\text{пд}} P_{\text{п.пд}}, \quad (4)$$

где $\gamma_{\text{пр}}$ и $\gamma_{\text{пд}}$ — удельные времена работы узла сети на прием и передачу соответственно, $P_{\text{п.пр}}$ и $P_{\text{п.пд}}$ — потребляемая мощность в режиме приема и передачи соответственно, ограничена запасом энергии в источнике питания

$$P_{\text{п}} \tau_{\text{п}} \leq W_0, \quad (5)$$

где $\tau_{\text{п}}$ — ожидаемая продолжительность автономной работы, W_0 — запас энергии в автономном источнике тока.

Все три представленных критерия являются взаимосвязанными, причем характер связи определяется во многом свойствами используемой беспроводной технологии [2]. Так, например, снижение мощности передатчика ведет к уменьшению зоны радиовидимости и ухудшению качества связи, а, следовательно, к увеличению среднего времени доставки сообщения за счет необходимости ретрансляции сообщения и снижению надежностных характеристик соответственно.

Для того чтобы применить беспроводную сеть для промышленной автоматизации, необходимо сконфигурировать либо модифицировать ее таким образом, чтобы она удовлетворяла условиям (1)–(3) и (5). Кроме того, выбранная беспроводная технология должна иметь минимальную стоимость аппаратных средств.

Поскольку их стоимость изменяется дискретно со сменой платформы и используемой технологии, после выбора аппаратных средств при заданных условиях (1)–(3) потребляемая мощность может быть дополнительно снижена

$$P_{\text{п}} \rightarrow \min, \quad (6)$$

Поэтому процесс разработки информационно-управляющей сети для объектов промышленной автоматизации разбивается на две задачи:

- 1) минимизация стоимости аппаратных средств беспроводной технологии с выполнением условий (1)–(3) и (5);
- 2) минимизация потребляемой мощности (6) с выполнением условий (1)–(3).

Литература

1. *Образцов С. А.* Топологические методы повышения эффективности работы беспроводных сетей в распределенных системах управления объектами промышленной электроники: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2012. 20 с.
2. *Тужилкин О. В., Ульянин Н. С.* Методы оценки эффективности работы беспроводной сенсорной сети // Известия Южного федерального университета, 2012. № 5. С. 28-32.