

УДК 681.3

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский, М.Г. Шокин

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Современные автоматизированные системы управления военного назначения представляют собой совокупность пунктов управления различных уровней иерархии, объединяемых в единое целое телекоммуникационной сетью обмена данными, которая, как системообразующий элемент, во многом определяет возможности автоматизированной системы в целом. В статье рассматривается подход к оценке качества функционирования телекоммуникационной сети, вводится понятие порога возможного понижения качества ее функционирования при выходе из строя каналов связи между пунктами управления.

Ключевые слова: пункт управления, качество, телекоммуникационная сеть, полоса пропускания.

Введение

Постановка проблемы. На современном этапе происходит новый качественный скачок в области управления войсками (оружием). Неизмеримо возросло влияние фактора времени на характер деятельности командира, штаба, значительно увеличился объем их работ. Теперь системе управления отводится роль системообразующего элемента, объединяющего в единый процесс огневого поражения противника средства поражения и средства разведки, а также управление ими. При этом наряду с требованием значительного сокращения длительности цикла управления войсками, повышаются требования к качеству передачи информации и ее достоверности [1, 2].

Комплексная автоматизация управления предусматривает широкое внедрение автоматизированных систем управления (АСУ).

Возможности АСУ в плане передачи данных между пунктами управления (ПУ) за минимальное время определяются в основном качеством телекоммуникационной сети. Становится актуальной задача определения и контроля качества функционирования телекоммуникационной сети АСУ.

Анализ литературы. Проблема оценки качества функционирования АСУ приобретает все большую актуальность в связи с повышением их роли в процессе принятия решений при управлении войсками (оружием). Это связано с увеличением объемов обрабатываемой информации и сокращением времени на принятие решения. Успешное огневое поражение противника в вооруженном конфликте возможно лишь при получении информации об объектах поражения своевременно и в полном объеме [3].

Задачи анализа и синтеза средств обработки информации, рассмотренные в [4], в основном освещают проблему эффективного использования каналов связи, применения оптимизационных алгоритмов маршрутизации.

В [5] рассматриваются подходы к оценке скорости передачи данных в телекоммуникационных сетях с использованием ряда показателей, например,

скорость передачи данных, средняя скорость передачи данных, пиковая скорость передачи данных, величина пульсации и т.п.

Аналогично и в [6] при рассмотрении вопроса количественной оценки возможностей телекоммуникационной сети используются численные показатели, отражающие, как правило, текущее состояние сети, ее каналов связи.

Такие оценки не дают представления о состоянии телекоммуникационной сети в целом, и, самое главное, не отвечают на вопросы об изменении качества функционирования при естественных выходах из строя каналов связи сети.

На сегодняшний день остается актуальным вопрос выбора обобщенных показателей оценки качества функционирования телекоммуникационной сети. Данные показатели должны позволять оценивать текущее состояние сети, а также определять тот критический уровень снижения качества ее функционирования, при котором система становится не работоспособной.

Целью статьи является обоснование обобщенных показателей качества функционирования телекоммуникационной сети, определяющих как текущее состояние сети, так и критический уровень снижения качества ее функционирования при выходе из строя каналов связи между ПУ.

Основной материал

Рассмотрим телекоммуникационную сеть АСУ. Она соединяет ПУ системы между собой. Данные передаются между ПУ с использованием аппаратуры передачи данных (АПД) по каналам связи, которые могут иметь различную физическую среду передачи. Это может быть коаксиальный кабель, волоконная оптика, эфир для беспроводной связи [5, 6].

Как правило, на каждом ПУ используются для связи несколько различных каналов (рис. 1). Такой подход обусловлен, в первую очередь, требованиями живучести системы в целом. Каждый канал связи характеризуется набором показателей.

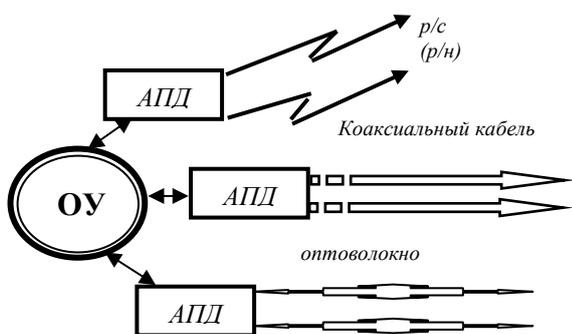


Рис. 1. Архитектура ПУ:

ОУ – орган управления; АПД – аппаратура передачи данных; p/c – радиосеть; p/n – радионаправление

Определим в качестве обобщенного показателя, характеризующего каналы различной природы, максимальную скорость передачи данных [6]:

$$V_{\max} = 2N \log_2(1 + \frac{S}{N}), \quad (1)$$

где N – полоса пропускания, Гц;

S/N – отношение сигнал/шум.

Так как реально отношение сигнал/шум зависит от многих факторов и может быстро меняться в процессе функционирования, в качестве основного показателя канала связи выберем его полосу пропускания H^{kc} .

Пусть каждый канал связи характеризуется полосой пропускания H^{kc} . Введем коэффициент пропускания как

$$k^{kc} = H^{kc} / H_{\max}^{kc}, \quad (2)$$

где H_{\max}^{kc} – максимальная полоса пропускания телекоммуникационной сети.

Представим модель системы управления в виде орграфа [3]:

$$G(V, E), \quad (3)$$

где V – непустое конечное множество элементов, называемых вершинами (пункты управления);

E – конечное семейство упорядоченных пар элементов из V , называемых ориентированными ребрами (существующие каналы связи).

Каждое ребро согласно (2) имеет нагрузку k_{ij}^{kc} .

Пусть необходимо передать информацию из ПУ с номером s на ПУ с номером t . В терминах теории графов эта задача сводится к отысканию путей между вершинами s и t графа $G(V, E)$.

Если с учетом нагрузки ребер найти кратчайший путь между заданными вершинами s и t графа $G(V, E)$, то произведение k_{ij}^{kc} ребер пути Π_{st}^{\min} является количественной оценкой наихудшего варианта передачи данных в рассматриваемой телекоммуникационной сети между ПУ s и t .

Исходя из принципа гарантированного результата, в этом случае можно говорить, что количественная оценка пути передачи данных между ПУ с номерами s и t :

$$\Pi_{st} \geq \Pi_{st}^{\min}. \quad (4)$$

Изменим физический смысл k_{ij}^{kc} . Пусть нагрузка ребра представляется как $1 - k_{ij}^{kc}$. Найдем для этого варианта кратчайший путь между вершинами графа s и t . Тогда произведение $(1 - k_{ij}^{kc})$ выражается как Π_{st}^{\max} и будет являться количественной оценкой наилучшего варианта передачи данных в рассматриваемой телекоммуникационной сети между ПУ s и t . Тогда, аналогично (4):

$$\Pi_{st} \leq \Pi_{st}^{\max}. \quad (5)$$

Суммируя сказанное, для количественной оценки произвольного пути передачи данных между ПУ s и t можно записать

$$\Pi_{st}^{\max} \geq \Pi_{st} \leq \Pi_{st}^{\min}. \quad (6)$$

Отметим, что для АСУ военного назначения, как правило, s является ПУ высшего звена управления в иерархии системы, а t – ПУ конечного звена.

Опосредованно скорость передачи данных можно количественно сопоставить с полученным значением Π_{st} . Значение текущего Π_{st} будет лежать между Π_{st}^{\max} и Π_{st}^{\min} (рис. 2).

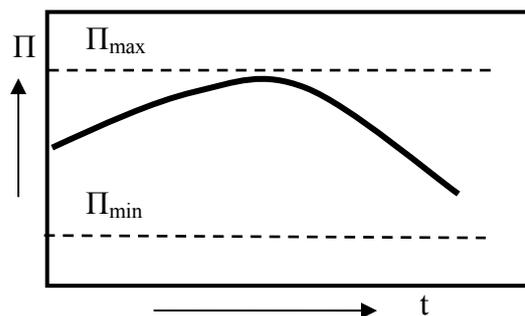


Рис. 2. Оценка скорости передачи

Одним из основных показателей качества функционирования АСУ военного назначения является время цикла управления

$$T_{цУ} = 2T_d + \Delta t_p, \quad (7)$$

где T_d – время доведения (подтверждения);

Δt_p – время на принятие решения.

Качество работы телекоммуникационной сети оценивается T_d . Если известно время доведения приказа (распоряжения) по своего рода эталонному пути (как одна из тактико-технических характеристик), то можно выразить время доведения по произвольному пути с учетом полос пропускания задействованных каналов как

$$T_d = T_d^3 \Pi_{п} / \Pi_3, \quad (8)$$

где T_d^3 – время доведения по эталонному пути;

$\Pi_{п}$ – характеристика произвольного пути;

Π_3 – характеристика эталонного пути.

Определим для каждого ПУ некий потенциал, отражающий его возможности по передаче данных как

$$\Phi^{пу} = \sum_{i=1}^k k_i^{kc} H_i^{kc}, \quad (9)$$

где k – число каналов ПУ.

Найдем общий потенциал рассматриваемой телекоммуникационной системы

$$\Phi_c = \sum_{i=1}^n \Phi_i^{пу}, \quad (10)$$

где n – общее число пунктов управления.

Для графа системы $G(V,E)$ найдем минимальное остовное дерево с учетом того, что, вес ребра выражается через коэффициент пропускания k_{ij}^{kc} .

Используя (9), найдем для минимального остовного дерева графа системы его потенциал

$$\Phi^{мод} = \sum_{i=1}^n k_i^{kc} H_i^{kc}. \quad (11)$$

Минимальное остовное дерево определяет наилучший путь передачи данных с верхнего пункта управления на оконечное звено системы.

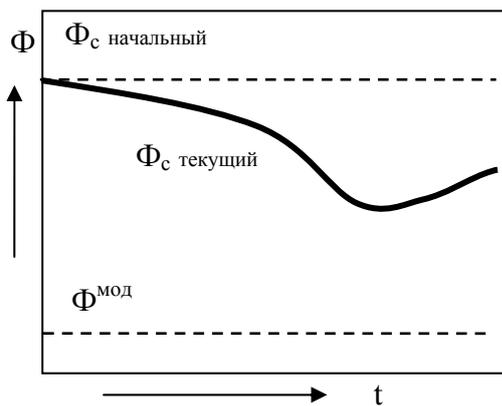


Рис. 3. Оценки состояния системы

Появляется возможность с использованием (10) количественно оценить состояние системы. В ходе функционирования, как правило, наблюдается ухудшение каналов связи, или же вообще их пропадание. Выражение (11) позволяет определить количественно тот порог понижения качества функционирования системы, преодолев который, системы теряет способность функционировать (рис. 3).

ОЦІНКА ЯКОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

С.М. Звіглянич, М.П. Изюмський, М.Г. Шокін

Сучасні автоматизовані системи управління військового призначення є сукупністю пунктів управління різних рівнів ієрархії, що об'єднуються в єдине ціле телекомунікаційною мережею обміну даними, яка, як системоутворюючий елемент, багато в чому визначає можливість автоматизованої системи в цілому. У статті розглядається підхід до оцінки якості функціонування телекомунікаційної мережі, вводиться поняття порогу можливого пониження якості її функціонування при виході з ладу каналів зв'язку між пунктами управління.

Ключові слова: пункт управління, якість, телекомунікаційна мережа, смуга пропускання.

ESTIMATION OF QUALITY OF TELECOMMUNICATION NETWORK

S.N. Zvigliyanich, N.P. Izumsky, M.G. Shokin

The modern automated control of the military setting systems are an aggregate of points of management of different levels of hierarchy, united in single whole the telecommunication network of exchange by information, which, as a backbone element, in a great deal determines possibilities of the automated system on the whole. In the article approach is examined to the estimation of quality of functioning of telecommunication network, the concept of threshold of the possible lowering of quality of its functioning is entered on leaving from the line-up of communication channels between the points of management.

Keywords: management point, quality, telecommunication network, bar of admission.

Выводы

Введенные показатели качества функционирования телекоммуникационной сети напрямую определяются через полосу пропускания каналов, что делает данные показатели легко вычислимыми и имеющими ясный физический смысл.

Используя выражения (2), (4) – (6), (8) – (11), можно количественно оценить протекающие процессы в сети при передаче данных между пунктами управления с использованием каналов связи различной физической природы. Появляется возможность в процессе функционирования отслеживать текущее состояние телекоммуникационной сети, определять критическое ее состояние по количественным значениям введенных показателей. При этом следует отметить, что предложенные способы оценки качества функционирования телекоммуникационной сети не позволяют всесторонне оценить реально протекающие процессы.

Однако возможно говорить об их использовании при решении задачи анализа (синтеза) существующих (перспективных) систем управления войсками для получения с удовлетворительной точностью количественной оценки функционирования телекоммуникационной сети.

Список литературы

1. Сапожников В.А. О совершенствовании АСУ тактического звена / В.А. Сапожников, Н.И. Костяев // Военная мысль. – 2002. – №5. – С. 51-56.
2. Мысев Г.М. Автоматизированная система управления РВиА: проблемы создания и пути их решения / Г.М. Мысев, Ю.В. Терентьев, Д.И. Лежнев // Военная мысль. – 2004. – №10. – С. 19-22.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
4. Королев А.И. Адаптивная маршрутизация в корпоративных сетях / А.И. Королев, Г.А. Кучук, А.А. Пашичев. – Х: ХВУ, 2003. – 224 с.
5. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
6. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2008. – 992 с.

Поступила в редколлегию 3.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.