

УДК 351.814.331:519.711.3

Водопьянов С.В., асп. (Национальный авиационный университет)

КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ СЕРВИСА В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ АЭРОУЗЛА

Водоп'янов С.В., Ключові показники управління якістю сервісу в інформаційно-обчислювальній мережі аероузла. Розглянута задача управління якістю сервісу в інформаційно-обчислювальній мережі аероузла, що входить в загальну систему організації повітряного руху. Показано, що для оптимізації мережі по основному ключовому показнику системи організації повітряного руху необхідно вирішувати зворотну задачу з введенням додаткових показників безпосередньо в процесі експлуатації. Розглянутий вплив параметрів мережі на такий ключовий показник системи, як безпека польотів.

Ключові слова: ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, АЕРОВУЗОЛ, КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ, ЯКІСТЬ СЕРВІСУ

Водопьянов С.В. Ключевые показатели управления качеством сервиса в информационно-вычислительной сети аэроузла. Рассмотрена задача управления качеством сервиса в информационно-вычислительной сети аэроузла, входящей в общую систему организации воздушного движения. Показано, что для оптимизации сети по основному ключевому показателю системы организации воздушного движения необходимо решать обратную задачу с вводом дополнительных показателей непосредственно в процессе эксплуатации. Рассмотрено влияние параметров сети на такой ключевой показатель системы, как безопасность полетов.

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ, АЭРОУЗЕЛ, КЛЮЧЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ, КАЧЕСТВО СЕРВИСА

Vodopianov S.V. The key performance indicators of the control quality of service in the information and computing network of the airfield cluster. The problem of quality management of service in the informational and computing network of airfield cluster is considered, included in the general system of organization of air traffic. It is shown that for optimization of network on the key performance indicators of the system of organization of air traffic it is necessary to decide a inverse problem with the input of additional factors directly in the process of exploitation. Influence of parameters of network on such key performance indicator of the system is considered, as safety of flights.

Keywords: INFORMATIONAL AND COMPUTING NETWORK, AIRFIELD CLUSTER, KEY PERFORMANCE INDICATORS, QUALITY OF SERVICE

Введение. В настоящее время на основе использования современных технических средств реализуется концепция гибкой организационной структуры воздушного пространства, что позволяет оперативно изменять границы секторов управления воздушным движением (УВД) в зависимости от складывающейся воздушной обстановки. Осуществляется оптимизация воздушного пространства, обеспечивающая заданный уровень безопасности воздушного движения, метод обслуживания воздушного движения "от перрона до перрона" и использование технологии зональной навигации (так называемый метод "свободных полетов").

Основным автономным элементом авиатранспортной инфраструктуры является аэроузел – близко расположенные аэродромы, организация и выполнение полетов с которых требуют специального согласования и координирования. В условиях ожидаемого роста интенсивности воздушного движения, и, прежде всего международного, необходимо улучшать координацию процессов организации воздушного движения (ОрВД), обеспечивать непрерывный обмен информацией между всеми элементами авиатранспортной инфраструктуры, в том числе как внутри конкретного аэроузла, так и между разными аэроузлами. Для этого разрабатывается единая техническая архитектура национальных аэронавигационных систем, определенных концепцией «Связь, навигация, обзор/управление воздушным движением» (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management – CNS/ATM) [1].

В технологическом плане развитие идет по пути автоматического обмена данными, голосовая связь будет использоваться в нестандартных и аварийных ситуациях [2].

Существуют две основные категории видов авиационной связи.

1) Относящиеся к обеспечению безопасности полетов виды связи, которые должны обладать высокой целостностью и быстродействием:

– связь в целях обслуживания воздушного движения, осуществляемая между органами организации воздушного движения (ОВД) или органом ОВД и воздушным судном для обеспечения УВД, передачи полетной информации, предупреждающих сообщений и пр.;

– связь в целях авиационного оперативного контроля, осуществляемая эксплуатантами воздушных судов для решения вопросов, связанных с безопасностью, регулярностью и эффективностью полетов.

2) Не относящиеся к обеспечению безопасности полетов виды связи:

– авиационная административная связь, осуществляемая авиационным персоналом и/или авиационными организациями для решения административных и частных вопросов;

– авиационная связь для пассажиров.

Кроме того, для передачи данных наблюдения и данных, обеспечивающих лучшее знание воздушной обстановки, используется прямая связь и связь в режиме радиовещания.

Предполагается, что регулярная связь «воздух-земля» на этапе полета по маршруту, связь между наземными службами аэроузла, связь между аэроузлами будет в основном представлять собой обмен цифровыми данными. В этом случае пользователь выбирает конкретное сообщение из заранее составленного перечня, используя меню на экране монитора, добавляет некоторые специфические параметры (или произвольный текст) и затем отправляет сообщение. В некоторых случаях передача данных осуществляется между автоматизированными бортовыми и наземными системами без необходимости ручного вмешательства. Такой обмен данными, по мнению экспертов, намного сократит объем речевой связи и, следовательно, уменьшит рабочую нагрузку пилотов и диспетчеров.

Важнейшим звеном авиатранспортной инфраструктуры является совокупность сетей авиационной электросвязи, локальных компьютерных сетей центров УВД, других сетей, объединенных в корпоративную сеть системы ОрВД [3].

Обмен информацией по сети между любыми абонентами системы обеспечивается в реальном масштабе времени при изменениях вида, приоритета, интенсивности сетевого трафика в широких пределах. Для решения этой задачи параметры и структура сетей выбираются в зависимости от количества рабочих мест, начиная от единиц до сотен рабочих мест, и предусматривается возможность изменения конфигурации без остановки работы системы.

Это достигается использованием различных транспортных сред:

– для систем, состоящих из 1-3 рабочих мест – непосредственное подключение к автоматизированным рабочим местам;

– для систем, состоящих из 4-8 рабочих мест – сети доступа, в том числе беспроводные;

– для систем, включающих от 10 до 20 рабочих мест – сети с логической структуризацией и микросегментацией;

– для систем с большим количеством рабочих мест (от 20 до 500 и более) – сети с асинхронным режимом передачи (Asynchronous Transfer Mode – АТМ-сети) с маршрутизаторами или программными коммутаторами Softswitch.

При этом необходимо выбрать и обосновать критерии эффективности информационно-вычислительной сети аэроузла, по которым оптимизируются структура и параметры сети. К сожалению, в настоящее время не существует обоснованных критериев, которые позволяют оценить качество ОрВД в зоне ответственности конкретного аэроузла [3]. В данной статье сделана попытка восполнить этот пробел.

Постановка задачи. Общие критерии эффективности должны выбираться таким образом, чтобы можно было получать сравнительные оценки качества работы сетей разных аэроузлов, а главное – чтобы можно было обеспечивать гарантированное качество сервиса, что для систем ОрВД как систем критичного применения является первоочередной задачей.

Поскольку система ОрВД является многофункциональной системой, естественно предположить, что оптимизация ее эффективности представляет собой многокритериальную задачу. Качество и производительность системы ОрВД можно определять по номинальным, порядковым или интервальным и относительным (количественным) шкалам [4]. В табл. 1

приведены частные показатели эффективности (результативности) функционирования системы ОрВД и виды шкал, по которым они оцениваются.

Эффективность системы работы ОрВД

Табл. 1.

Производительность системы	←	Качество результатов работы	←
Интервальная оценка		Интервальная оценка	
Номинальная оценка		Порядковая оценка	
Порядковая оценка	←		

Рассмотрим теперь критерии эффективности системы ОрВД и качества выдаваемых услуг (табл. 2).

Критерии эффективности системы ОрВД

Табл. 2

№	Показатель	Частные параметры
1.	Общий показатель качества системы ОрВД	
1.1	Показатели качества источников динамической информации	- количество каналов обмена данными; - темп поступления информации; - точность измерений; - размеры зоны обзора; - разрешающая способность; - вероятностные характеристики (ошибки первого и второго рода); - другие.
1.2	Показатель качества сервиса	- точность и достоверность передаваемой информации; - разборчивость речи, задержки, джиттер; - число потерянных и искаженных пакетов данных; - удобство пользования системой.
1.3	Показатели производительности системы	- число одновременно обслуживаемых воздушных судов в зоне действия; - число одновременно обслуживаемых воздушных судов в единицу времени; - максимальная и средняя пропускная способность системы ОрВД.
1.4	Экономическая эффективность	- ставки тарифов и аэронавигационных платежей; - эксплуатационные расходы и рентабельность; - срок окупаемости и др.

Общее число показателей эффективности и результативности работы системы ОрВД, строго говоря, значительно больше. Здесь отобраны некоторые ключевые показатели (Key Performance Indicators – KPIs) [5], которые непосредственно связаны с качеством работы информационно-вычислительной сети как неотъемлемого элемента системы ОрВД.

Далее рассмотрим некоторые вероятностные характеристики системы, по которым обосновываются требования к качеству сервиса.

Вероятностные характеристики успешного выполнения полета. Одним из основных показателей качества сервиса информационно-вычислительной сети системы ОрВД является вероятность успешного выполнения полета за время между моментами взлета и посадки [3]. Необходимо решать задачу оценивания частного показателя – качества сервиса по интегральному показателю – вероятности успешного выполнения полета. Эта задача, по существу, представляет собой обратную задачу и относится к классу некорректных задач математической физики [6]. Для получения устойчивого решения необходимо вводить

дополнительные ограничения на параметры и структуру сети, а также конкретизировать требования к производительности сети.

Обычно вероятность успешного выполнения полета за время ΔT_{TL} между моментами взлета и посадки подчиняется экспоненциальному закону распределения:

$$P(t) = \exp(-\lambda \times \Delta T_{TL}). \quad (1)$$

Соответственно, вероятность неуспешного завершения полета

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - \exp(-\lambda \times \Delta T_{TL}). \quad (2)$$

Здесь λ – средняя частота возникновения летных происшествий (ЛП) или предпосылок к ЛП за единицу времени полета.

Если учесть, что величина λ значительно меньше единицы, $\lambda \ll 1$, то можно разложить экспоненту в ряд Тейлора и ограничиться линейным членом разложения. Тогда приближенное выражение (2) будет иметь вид:

$$Q(t) = 1 - 1 + \frac{\lambda \times \Delta T_{TL}}{1!} - \frac{(\lambda \times \Delta T_{TL})^2}{2!} - \dots (-1)^n \frac{(\lambda \times \Delta T_{TL})^n}{n!} + \varepsilon (\lambda \times \Delta T_{TL})^n \approx \lambda \times \Delta T_{TL}. \quad (3)$$

Если информационно-вычислительная сеть входит в состав системы ОрВД аэроузла, обслуживающего N воздушных судов одновременно, то вероятность успешного выполнения полетов за определенный период будет определяться как

$$P_N(t) = \exp\left(-\sum_{k=1}^N \lambda_k \times \Delta T_{TLk}\right), \quad (4)$$

где λ_k – средняя частота возникновения ЛП с k -м воздушным судном; ΔT_{TLk} – суммарная продолжительность выполнения полетов k -м воздушным судном. Соответственно:

$$Q_N(t) = 1 - P_N(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^N \lambda_k \times \Delta T_{TLk}\right). \quad (5)$$

Поскольку число N может быть достаточно большим, здесь уже нельзя использовать приближенное выражение вида (3).

Уровень безопасности воздушного движения в зоне ОрВД за выбранный период будет определяться как

$$p_\Sigma(t) = \exp\left(-\sum_{k=1}^N \lambda_k \times \Delta T_{\Sigma k}\right), \quad (6)$$

где $\Delta T_{\Sigma k}$ – суммарное время пребывания k -го воздушного судна в зоне ОрВД за период анализа.

Тогда
$$q_\Sigma(t) = 1 - \exp\left(-\sum_{k=1}^N \lambda_k \times \Delta T_{\Sigma k}\right). \quad (7)$$

При выбранном выше параметре безопасности полетов можно записать выражение для функционала качества работы информационно-вычислительной сети в следующей форме:

$$\Psi[q_\Sigma(t)] \Big|_{N \geq N_{\min}} \xrightarrow{\vec{V}_C} \min, \quad (8)$$

где N_{\min} – минимальное число обслуживаемых воздушных судов за период анализа;

$\vec{V}_C^T = [C_{\min}, \tau_d, \delta\tau_d, BER, M_L, K_{nod}, \dots]$ – вектор параметров сети:

C_{\min} – пропускная способность наиболее медленного сетевого узла или сегмента;

τ_d – средняя задержка доставки данных; $\delta\tau_d$ – вариация задержек доставки данных;

BER – отношение числа искаженных кадров (пакетов, сообщений) к общему числу переданных;

M_L – отношение числа потерянных кадров к общему числу переданных;

K_{nod} – общее число терминальных и сетевых узлов.

Для получения корректного результата нужно также учитывать вероятности отказа сетевых и/или терминальных узлов, перепады вычислительной нагрузки при возникновении ЛП или предпосылок к ним и т.п. Эти параметры оцениваются в процессе реальной эксплуатации сети и вводятся в функционал (8) для поиска оптимального решения.

Заключение. В данной работе поставлена задача определения факторов влияния характеристик информационно-вычислительной сети, входящей в состав системы ОрВД, на общую эффективность функционирования системы. Для получения корректных решений необходимо вводить дополнительные данные о параметрах и состоянии сети непосредственно в процессе эксплуатации системы ОрВД.

Литература

1. Андрусак А.І. Мережа авіаційного електрозв'язку / А.І. Андрусак, В.С. Дем'янчук, Ю.М. Юр'єв. – К.: НАУ, 2001. – 448 с.
2. Солонин В. Технологическая авиасвязь: новые тенденции / В. Солонин // [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.cnews.ru/reviews/free/transport2006/articles/aviacommunication>
3. Якість та ефективність системи організації повітряного руху // [І.С. Биковцев, В.С. Дем'янчук, В.О. Клименкота інш.]. – К.: ДП ОНР, 2010. – 316 с.
4. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике/ Р. Рунион. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 198 с.
5. Применение системы ключевых показателей эффективности для оценивания параметров компьютерных сетей [Э.А. Амирханов, С.В. Водопьянов, В.А. Заруцкий, Е.А. Зубарева]// Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, №4. – С. 82 – 87.
6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М.: Наука, 1979. – 288 с.

УДК 004.451.4:004.451.7.031.43

Станко П.А., асп. (Национальный авиационный университет)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ В ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Станко П.О. Методи оптимізації дисципліни обслуговування в операційних системах реального часу. Розглянута задача оптимізації дисципліни обслуговування в операційній системі реального часу, вживаної в системах управління виробництвом і в системах критичного застосування. Проаналізовані затримки реакції залежно від типу моделі ОС РЧ як системи масового обслуговування. Виведені вирази для середнього часу очікування звернень до ядра операційної системи для процесів з різними пріоритетами.

Ключові слова: ОПЕРАЦІЙНА СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ЧАСУ, ДИСЦИПЛІНА ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЗАТРИМКА РЕАКЦІЇ, СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Станко П.А. Методы оптимизации дисциплины обслуживания в операционных системах реального времени. Рассмотрена задача оптимизации дисциплины обслуживания в операционной системе реального времени, применяемой в системах управления производством и в системах критичного применения. Проанализированы задержки реакции в зависимости от типа модели ОС РВ как системы массового обслуживания. Выведены выражения для среднего времени ожидания обращений к ядру операционной системы для процессов с разными приоритетами.

Ключевые слова: ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ, ДИСЦИПЛИНА ОБСЛУЖИВАНИЯ, ЗАДЕРЖКА РЕАКЦИИ, СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Stanko P.A. The methods of optimisation of service disciplines in the real-time operational systems. The problem of optimisation of discipline of service in the real-time operating system is considered, applied in the control systems by production and in the systems of critical application. The delays of reaction depending on the type of model