

УДК 629.735.051:004.7(043.3)

Кренц П. А., аспирант (Національний авіаційний університет)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБМЕНА ДАННЫМИ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ АВИАКОМПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Кренц П. А. Методика оцінки ефективності обміну даними в інформаційно-обчислювальній мережі авіакомпанії за допомогою комп'ютерної моделі. Запропонована цільова функція оцінки ефективності обміну даними в інформаційно-обчислювальній мережі авіакомпанії за допомогою програмного комутатора та додаткових комунікаційних модулів. Розроблено програмне забезпечення для тестування алгоритмів оптимізації цільової функції.

Ключові слова: інформаційно-обчислювальна мережа, програмний комутатор, комунікаційний модуль, комп'ютерна модель, цільова функція

Кренц П. А. Методика оценки эффективности обмена данными в информационно-вычислительной сети авиакомпании с использованием компьютерной модели. Предложена целевая функция оценки эффективности обмена данными в информационно-вычислительной сети авиакомпании с помощью программного коммутатора и дополнительных коммуникационных модулей. Разработано программное обеспечение для тестирования алгоритмов оптимизации целевой функции.

Ключевые слова: информационно-вычислительная сеть, программный коммутатор, коммуникационный модуль, компьютерная модель, целевая функция

Krents P. A. Method to increase efficiency of data exchange in the airline information and computing network. Criterion function for evaluation of efficiency of data exchange in airline information and computing network using softswitch and attached communication modules is proposed. Criterion function optimization algorithm testing software is developed.

Keywords: computing and information network, softswitch, communication module, computer model, criterion function

Введение. Объем передаваемых данных в авиакомпаниях достаточно велик и на практике может достигать десятков гигабайт в сутки. Для нормального функционирования компании необходим обмен данными как между удалёнными офисами, находящимися в разных странах, так и между воздушными судами в воздухе и на земле. При этом в распоряжении сотрудников и экипажей находятся различные средства передачи данных, такие как радиосвязь, сотовая связь, спутниковая связь и Интернет, но все они фиксировано привязаны к соответствующему оборудованию. Такое положение вещей зачастую приводит к нерациональному использованию каналов связи и, следовательно, к финансовым потерям, снижению надежности передачи данных, а при определенных условиях может угрожать безопасности полётов. Особенно эта проблема актуальна для чартерных компаний, выполняющих нерегулярные рейсы по всему миру. Воздушные суда таких авиакомпаний совершают посадки в аэропортах, в которых отсутствуют представительства компании, и обязанности по передаче и приёму информации ложатся на экипаж.

В статье [1] предложен метод уменьшения затрат и повышения надежности благодаря объединению всех доступных каналов связи с помощью программного коммутатора (*Softswitch*) [2] под управлением алгоритма, который обеспечит выбор оптимального для конкретных условий канала передачи данных. Для дальнейшего исследования этого метода

зададим целевую функцию, рассмотрим методы её оптимизации и предложим программные средства, позволяющие провести оценку эффективности алгоритма.

Целевая функция. Для оценки качества функционирования сложной системы используются показатели эффективности, под которыми понимают некоторую числовую характеристику системы, которая оценивает степень приспособленности системы к выполнению поставленных перед ней задач [3]. Первоочередной задачей, стоящей перед информационно-вычислительной сетью авиакомпании, является надежная передача информации. Как было сказано ранее [1], каждая порция передаваемой информации имеет свой приоритет, который является числовой характеристикой важности (срочности) информации. Чем выше приоритет, тем выше требования к скорости и надежности канала.

На практике, с повышением надежности и скорости канала связи, можно ожидать роста стоимости передачи данных по этому каналу, но в общем случае мы можем считать эти величины независимыми. Считаем, что для каждого из доступных в данный момент каналов передачи данных нам известны основные характеристики: надежность, скорость и стоимость передачи единицы объема данных. Следовательно, задачей управляющего алгоритма будет выбор такого канала, который обеспечит оптимальное сочетание этих параметров. Принцип однозначности требует наличия единственной целевой функции для системы [4...6]. Зададим обобщенную целевую функцию в виде комбинации частных целевых функций:

$$F = K_p P + K_r R + K_s S, \quad (1)$$

где P, R, S – значения параметров надежности, скорости и стоимости соответственно;
 K_p, K_r, K_s – весовые коэффициенты этих параметров.

По существу, мы сводим задачу многокритериальной (векторной) оптимизации к скалярной (однокритериальной) задаче, целевая функция которой представляет собой линейную свертку критериев. В этой связи большое практическое значение имеет проблема применимости свертки критериев, т.е. корректности процедуры перехода от многокритериальной к однокритериальной задаче оптимизации или скаляризации многокритериальной задачи. Здесь необходимо отметить, что метод скаляризации может считаться корректным, если полученное решение есть результат оптимизации линейной свертки критериев с соответствующим выбором весовых коэффициентов, а достижимый экстремум является единственным или глобальным.

Поскольку для данной конкретной задачи целевая функция является монотонной относительно оптимизируемых параметров (хотя, возможно и не строго монотонной), можно утверждать, что сходимость, по крайней мере, асимптотическая, к глобальному экстремуму, точечному или хотя бы интервальному, будет иметь место.

В случае конечного числа доступных каналов, зная целевую функцию (1), оптимальный канал легко можно выбрать методом простого перебора. Для установления приоритетов критериев и определения весовых коэффициентов целевой функции предлагается использовать метод анализа иерархий, который является простым и наглядным методом, достаточно легко алгоритмируется и дает точность, вполне приемлемую для рассматриваемой инженерной задачи [7...9]. Задача определения весовых коэффициентов детально рассмотрена в [1].

Перейдем к описанию математической модели.

Математическая модель. Очевидно, что аналитического решения поставленной задачи не существует. В связи с этим, для оценки эффективности предложенного нами метода представляется целесообразным предложить математическую модель системы обмена данными в авиакомпании, которая позволит оценить сравнительную эффективность работы управляющего алгоритма. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования больших систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования. Результаты, полученные при воспроизведении на имитационной модели процесса функционирования системы, являются реализациями случайных величин и функций, и для нахождения характеристик процесса требуется его многократное воспроизведение с последующей статистической обработкой информации. Целесообразно в качестве метода машинной реализации имитационной модели использовать метод статистического моделирования [10].

Процесс моделирования системы S сводится к выполнению трех этапов: *построение* и формализация модели; *алгоритмизация* и программирование; *получение* и интерпретация результатов.

На этапе построения концептуальной модели и ее формализации проводится исследование моделируемого объекта с точки зрения выделения основных составляющих процесса его функционирования, определяются необходимые аппроксимации. В результате получается обобщенная схема модели системы, которая преобразуется в машинную модель на втором этапе моделирования путем последовательной алгоритмизации и программирования модели. Последний третий этап моделирования системы сводится к проведению, согласно полученному плану рабочих расчетов на ЭВМ с использованием выбранных программно-технических средств, получению и интерпретации результатов моделирования системы с учетом воздействия внешней среды [10].

Построение концептуальной модели. Главной особенностью информационно-вычислительной сети авиакомпании является наличие абонентов (воздушных судов), перемещающихся в пространстве. Основной задачей управляющего алгоритма является выбор наиболее подходящего из регулярно изменяющегося списка каналов связи. Схематически концептуальная модель может быть представлена на Рис 1.

Таким образом, данная модель включает в себя ограниченную плоскость, имитирующую ограниченную область земной поверхности. В пределах этой области движется точка, которой описываются текущие координаты воздушного судна. На плоскости расположено некоторое количество зон покрытия каналов связи. Для упрощения модели будем считать, что зоны покрытия имеют форму круга, и могут быть заданы координатами центра и радиусом окружности. Воздушное судно движется по направлению к точке назначения, выбираемой случайно. При достижении точки назначения на плоскости выбирается следующая точка, и судно продолжает движение. Для каждого канала известны его надежность, скорость и стоимость передачи данных. Зона покрытия считается однородной, вероятность отказа канала связи постоянна для всей зоны покрытия. Качество работы системы определяется целевой функцией (1).

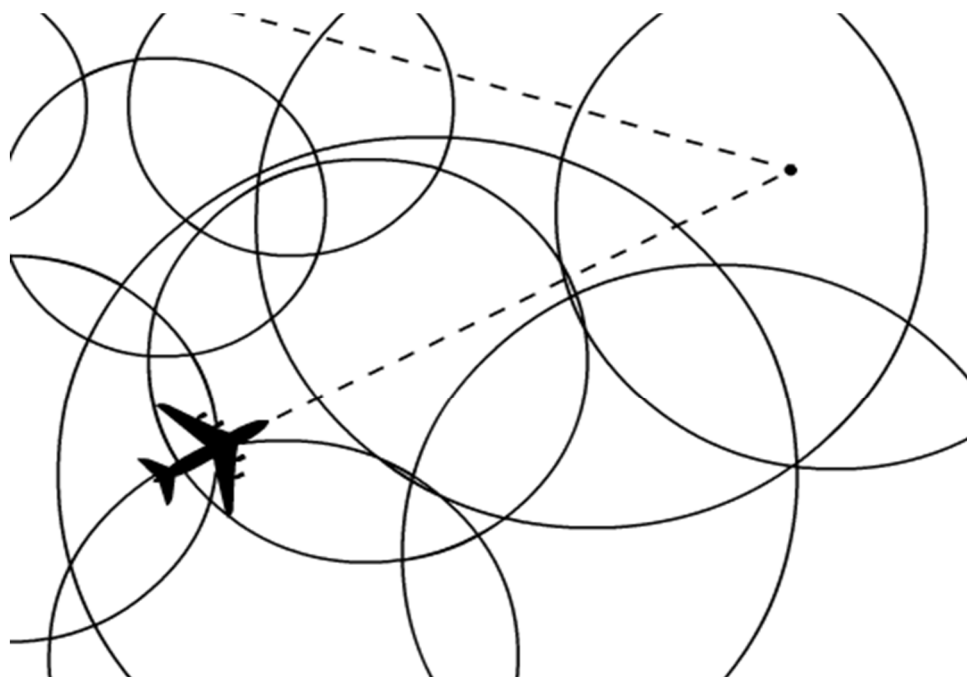


Рис 1. Концептуальна модель перемещаючого ВС
и зон покриття каналів зв'язи

Алгоритмізація і програмування. В табл. 1 приведено описання вихідних даних для комп'ютерної моделі.

В якості значень вихідних даних можна використовувати статистичну інформацію про парк повітряних судів (ВС) авіакомпанії. По цій інформації будується прогноз стану парку ВС на середньостроковий період (від одного місяця до одного року). Вибір строку прогнозування залежить від багатьох факторів – тривалості і стабільності роботи авіакомпанії, обсягу накопленої інформації за період збору даних і т.д. Звичайно інтервал прогнозу при інших рівних умовах вибирається рівним приблизно половині періоду стабільної експлуатації парку ВС з стаціонарними характеристиками інтенсивності польотів. Надійність і помилки прогнозу на вибраний період визначаються, в першу чергу, масштабом авіакомпанії – загальним числом ВС, що знаходяться в експлуатації, числом філіалів, середньою інтенсивністю польотів і дисперсією інтенсивності за період, що передує моменту прогнозування.

Загальний принцип алгоритму моделювання наступний. Існує площина, умовно представляюча земну поверхню, на якій розташовані зони покриття каналів зв'язи і ВС авіакомпанії. Виконується ітеративний цикл для кожного переліту кожного ВС. На кожній ітерації відбувається обчислення поточного місцеположення ВС, на основі якого отримується список доступних каналів передачі даних. Ця інформація передається в тестуєму алгоритму управління, який вибирає найкращий канал зв'язи і приймає рішення про передачу наступного блоку даних, накопичуючи в пам'яті значення вартості і надійності вибраного каналу. Після завершення циклу програма виводить отримані дані, які дозволяють судити про ефективність тестуємого алгоритму.

Исходные данные компьютерной модели обмена информацией Табл. 1.

Обозначения переменных	Значения переменных	Ограничения переменных
N_a	Количество ВС авиакомпании	$N_a > 0$
N_b	Количество доступных каналов связи	$N_b > 0$
N_c	Количество перелётов в расписании	$N_c > 0$
$A(i)_x, i=1,2,\dots,N_a$	x -координата текущего положения i -го ВС	$0 < A(i)_x < X_{\max}$
$A(i)_y, i=1,2,\dots,N_a$	y -координата текущего положения i -го ВС	$0 < A(i)_y < Y_{\max}$
$B(i)_x, i=1,2,\dots,N_b$	Значение x -координаты центра зоны покрытия i -го канала связи	$0 < B(i)_x < X_{\max}$
$B(i)_y, i=1,2,\dots,N_b$	Значение y -координаты центра зоны покрытия i -го канала связи	$0 < B(i)_y < Y_{\max}$
$B(i)_r, i=1,2,\dots,N_b$	Радиус зоны покрытия i -го канала связи	$B(i)_r > 0$
$B(i)_s, i=1,2,\dots,N_b$	Стоимость передачи единицы объема данных по i -му каналу связи	$B(i)_s > 0$
$B(i)_p, i=1,2,\dots,N_b$	Вероятность отказа i -го канала связи	$0 < B(i)_p < 1$
$C(i, j)_x, i=1,2,\dots,N_a, j=1,2,\dots,N_b$	Значение x -координаты очередного пункта назначения в расписании	$0 < C(i, j)_x < X_{\max}$
$C(i, j)_y, i=1,2,\dots,N_a, j=1,2,\dots,N_b$	Значение y -координаты очередного пункта назначения в расписании	$0 < C(i, j)_y < Y_{\max}$

На Рис. 2 приведена блок-схема алгоритма программы по моделированию обмена данными.

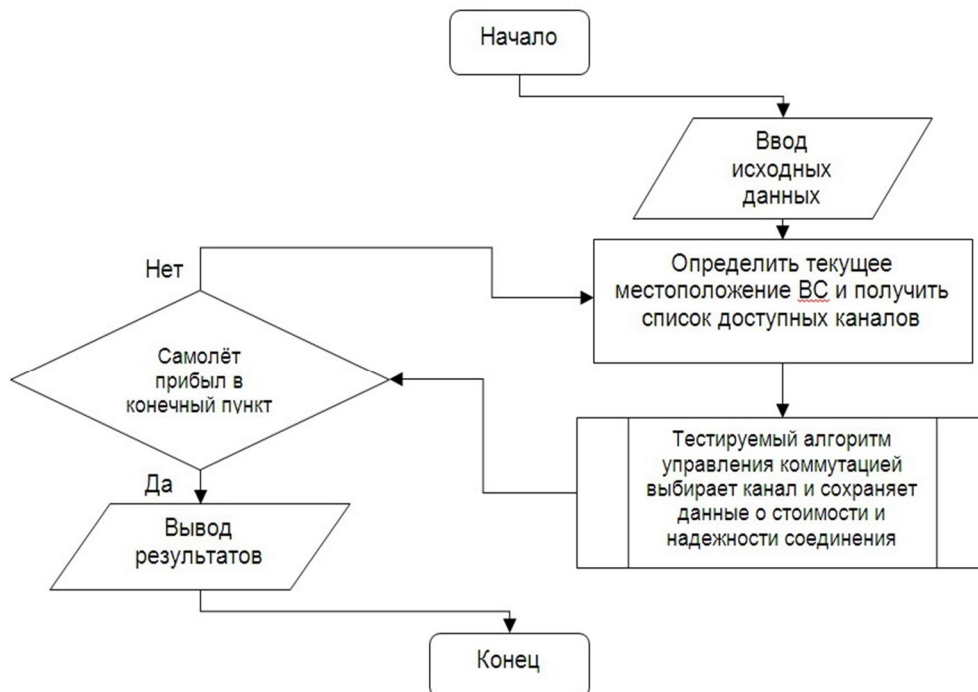


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программы моделирования обмена данными

В приведенной блок-схеме ключевое место занимает алгоритм управления, который вычисляет значение целевой функции для каждого канала и выбирает наилучший канал для передачи определенного блока данных.

В данной работе мы не будем углубляться в работу и сравнительный анализ различных алгоритмов управления, а ограничимся проверкой достоверности программы и модели. Проведем тестовые вычисления для различных N_b и N_c при следующих значениях весовых коэффициентов: $K_p = 0$, $K_r = 0$, $K_s = 1$. Очевидно, что с ростом количества доступных каналов связи N_b значение целевой функции должно увеличиваться.

Так как исходные данные являются случайными числами с нормальным законом распределения, согласно закону больших чисел можно ожидать, что значения целевой функции с ростом N_c будут сходиться к некоторой средней величине [10, с. 109-110]. Гауссовское приближение практически может быть оправдано эффектом нормализации законов распределения параметров в сложных системах. Кроме того, отметим, что для актуализации моделей больших систем недостаточно материальных ресурсов (машинного времени, емкости памяти и др.), а для управления такими системами в модели недостаточно информации, следовательно, энтропия таких моделей не минимальна. Поскольку среди всех распределений с фиксированными математическим ожиданием и дисперсией наибольшей энтропией обладает гауссовское распределение, использование гауссовского приближения даст гарантированный максимальный выигрыш в наихудшем случае. По существу, предлагаемый метод представляет собой разновидность минимаксного подхода.

Особенности модели процесса обмена данными хорошо видны на полученном графике (Рис. 3).

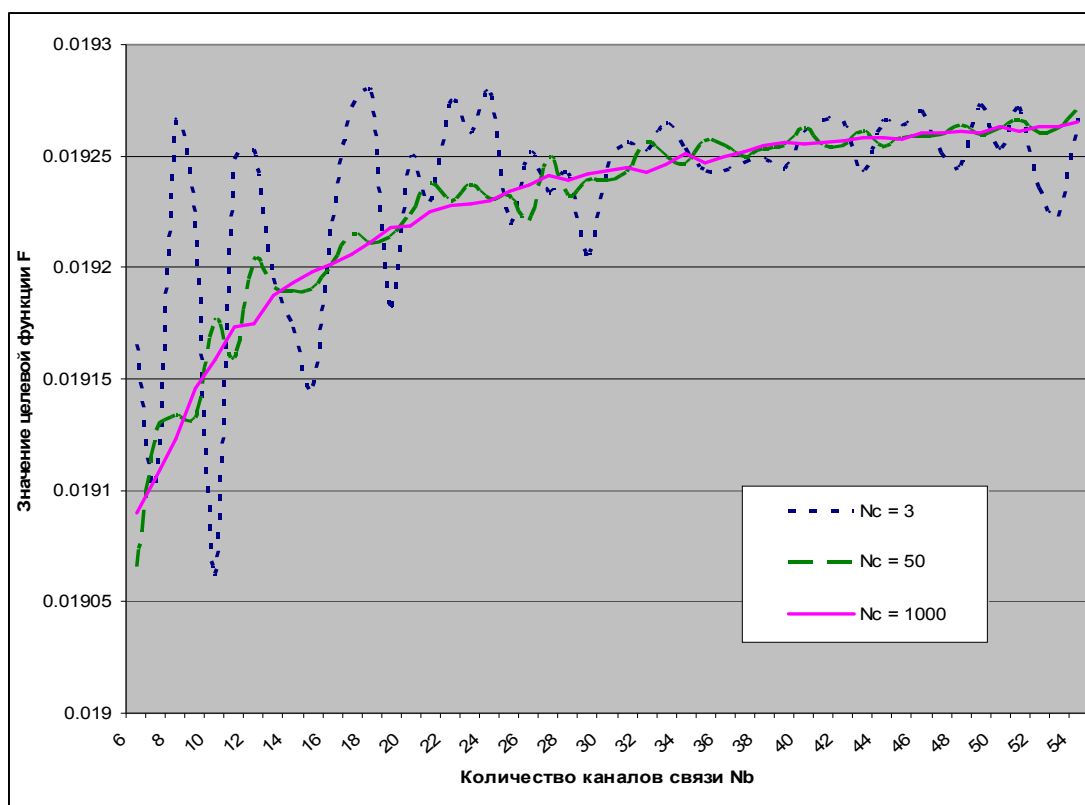


Рис. 3. Предварительные результаты работы программы моделирования

Полученные результаты показывают снижение стоимости по мере увеличения разнообразия доступных каналов связи, что хорошо согласуется с предварительными оценками, сделанными в [1].

Кроме того, по результатам моделирования можно сделать обоснованный выбор потребного числа каналов обмена данными, исходя из допустимых отклонений целевой функции от приемлемой величины.

Выводы. В данной работе сформулирована целевая функция и предложен метод её оптимизации, разработано программное обеспечение для моделирования обмена данными авиакомпаний и получения оценок эффективности применяемого алгоритма при различных входных данных. Обоснованы модели гауссовского приближения при задании распределений параметров оптимизируемой системы, применимость метода анализа иерархий Саати для скаляризации рассматриваемой векторной (многокритериальной) задачи оптимизации. Результаты моделирования могут быть использованы для исследования эффективности предложенного метода.

В дальнейшем планируется рассмотреть возможные варианты управляющих алгоритмов и провести сравнительный анализ их эффективности с помощью разработанного программного обеспечения.

Литература

1. Кренц П. А. Метод повышения эффективности обмена данными в информационно-вычислительной сети авиакомпании / П.А. Кренц // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2011. – №4(20), – С. 89-92.
2. Гольдштейн А. Б. SOFTSWITCH / А.Б. Гольдштейн, Б.С. Гольдштейн. – СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2006. – 368 с.
3. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М. : Наука, 1968. – 356 с.
4. Оптимизация технических систем транспорта. На примере гражданской авиации / [А. В. Дабагян, Е. Г. Пинаев, А. Е. Голоскоков и др.]. – М.: Транспорт, 1990. – 244 с.
5. Касьянчик В. Д. Методика определения эффективности эксплуатации международных авиалиний / В. Д. Касьянчик, Е. А. Олесюк. – М: Бридж, 1994. – 316 с.
6. Кобелев Н. Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем / Н. Б. Кобелев. – М.: Дело, 2003. – 336 с.
7. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т. Л. Саати. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.
8. Саати Т. Л. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы / Т. Л. Саати. – М.: Мир, 1973. – 302 с.
9. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
10. Советов Б. Я. Моделирование систем / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М.: Высшая школа, 1998. – 344 с.