

М.М. Ластовченко, А.А. Кузяк

Метод формирования мультимедийного трафика для коллегиального управления динамикой корректируемых взаимозависимых процессов воздушного движения

Рассмотрена система адаптивной синхронизации помеченных компонент мультимедийного трафика для заданных режимов видеоконференцсвязи, обеспечивающих коллегиальное управление в масштабе реального времени.

A system of the adaptive synchronization of the marked components of a multimedia traffic for a given videoconferencing modes, providing the collegial management in the real time, is considered.

Розглянуто систему адаптивної синхронізації відео- та аудіокомпонентів мультимедійного трафіку для заданих режимів відео-конференцзв'язку, що забезпечують колегіальне управління в масштабі реального часу.

Введение. Новые интеллектуальные информационно-коммуникационные технологии все еще не обеспечивают процессы коллегиального управления транспортными потоками в реальном времени [1]. Фактически кибернетика предыдущего столетия не есть кибернетикой реального времени.

Типичным процессом коллегиального управления в реальном времени сегодня является коллегиальное управление воздушным движением, когда диспетчеры (главный диспетчер и диспетчеры зоны аэродромных узлов, в том числе управляющий посадкой и взлетом воздушных судов (ВС)), пилоты и штурманы ВС не имеют необходимой аэронавигационной системы и системы цифровой связи интегрального обслуживания обеспечивающих безопасность полетов [2–3].

Из всех катастроф аэрофлота 87% составляют катастрофы при посадке воздушных судов, особенно при плохих метеорологических условиях [2].

Главная причина недостаточной безопасности полетов заключается в следующем:

- отсутствие необходимой подготовки диспетчеров и персонала ВС в рамках совместного их обучения, соответствующего реальным режимам коллегиального управления посадкой в плохих метеорологических условиях [4–5];

- отсутствие интеграции различных источников воспроизведения воздушного пространства:

- спутниковая связь не обеспечивает необходимой разрешающей способности трасс ВС;

- радиолокационное отображение «оторвано» от навигации представляемой спутниковой связью [3].

Предполагая, что в ближайшие годы аэрофлот перейдет на широкополосную цифровую связь интегрального обслуживания *WATM/WiMAX*, обеспечивая передачу данных о трассах ВС в реальном времени между абонентами коллегиального управления ВС при посадке, не будем останавливаться на решении задач первого направления. Исходя из требований к обеспечению коллегиального управления в реальном времени, в статье рассматривается второй аспект решения задач этой проблемы, а именно: создание мультимедийного сервиса коллегиального управления в реальном времени за счет формирования эффективного мультимедийного трафика (ММТ) [6–8].

Концептуальная модель мультимедийного сервиса управления воздушным движением

Новые стандарты для технологий мультимедийного сервиса (ММС) (*MPEG-4* и *MPEG-6*) требуют, чтобы экранное отображение визуализируемых объектов было связано с речевой информацией в реальном времени [9].

Стандарт *MPEG-4* определяет множество медиа-объектов, совместных как с естественными, так и с синтетическими типами, которые могут быть двух или трехмерными.

На рис. 1 приведен пример концептуальной модели отображающей функциональную структуру такой ММС. Здесь показаны связи, соответственно которым аудио- визуальные сценарии представлены как система, интегрирующая медиа-объекты.

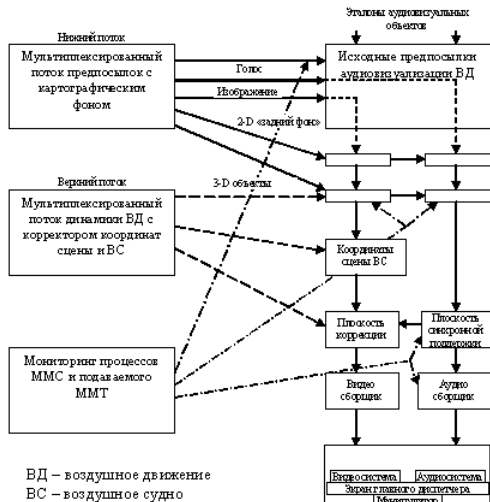


Рис. 1. Концептуальная модель мультимедийного сервиса реального времени для ситуационного центра управления воздушным движением в зоне аэродромных узлов

Примитивные медиа-объекты отвечают запросам в описательном дереве, в то время как составные медиа-объекты охватывают полные поддеревья (рис. 1).

Такая структура ММС разрешает диспетчерам и пилотам в рамках интеллектуальных управляющих систем (ИУС), в виде ВС, реализовывать сложные сценарии. Это обеспечивает воспроизведение координат траекторий ВС для принятия оптимальных решений по управлению воздушным движением (ВД).

Для поддержания ММС необходимо создание принципиально новых интеллектуальных надстроек (ИН) интеллектуальных сетей (ИС) с обеспечением эффективной передачи компонент ММТ в виде синхронизируемых аудио и видеопотоков.

Таким образом, для ММС требуется формирование высокоэффективного ММТ с высокой степенью точности и своевременности. И самое важное, для их формирования необходимы специальные технологии синхронизации компонент ММТ [10–11].

Функциональная структура высокорезактивных узлов коммуникаций сетей видеосвязи реального времени

Главная задача для высокорезактивных узлов коммуникаций сетей – синхронизация поме-

ченных аудио- и видеоконтакт ММТ. Исходя из требований, предъявляемых режимами видеосвязи реального времени (ВС РВ) к синхронизируемым компонентам ММТ, можно выделить два наиболее важных потока: аудио-взаимодействие (АВ) и видеовзаимодействие (ВВ) [12].

Система синхронизации может быть реализована в рамках коммуникационного узла с коммутатором, имеющим разделяемую мультибуферную память и набор кроссточечных коммутаторов (рис. 2).

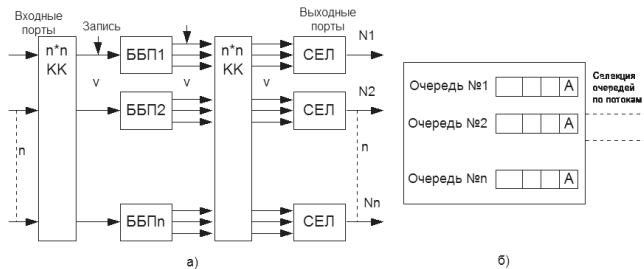


Рис. 2. Функциональная структура высокорезактивного коммуникационного узла: а – с разделяемым мультибуфером; б – с селектором аудио- и видеопотоков

Первый поток (АВ) – приоритетный и не должен иметь больших задержек передаваемых компонент, а второй (ВВ) – неприоритетный не должен иметь потерь больше допустимого уровня.

В основу формализации процесса синхронизации можно положить два простейших случая синхронизации.

На рис. 3 приведены две функциональные структуры упрощенного коммутатора.

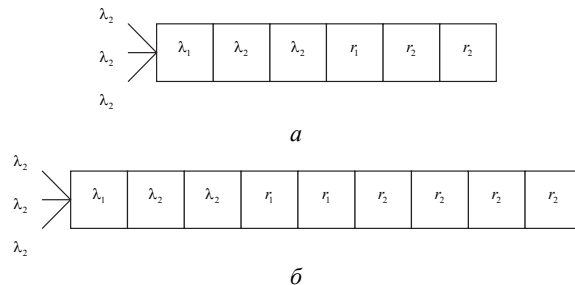


Рис. 3. Функциональная структура коммутатора: а – с тремя ячейками памяти; б – с шестью ячейками памяти

Можно ограничиться примером формализации только для первого случая.

Первый главный этап формализации заключается в формировании временной диаграммы

процесса передачи компонент ММТ распределенных по двум потокам: приоритетному $AB - \lambda_1$ и неприоритетному $BB - \lambda_2$. Главное здесь – выделение состояний выталкивания неприоритетных компонент в потери (Q_{λ_2}).

На рис. 4 приведена временная диаграмма для случая $r_1 = 1, r_2 = 2, k_1 = 1, k_2 = 2$.

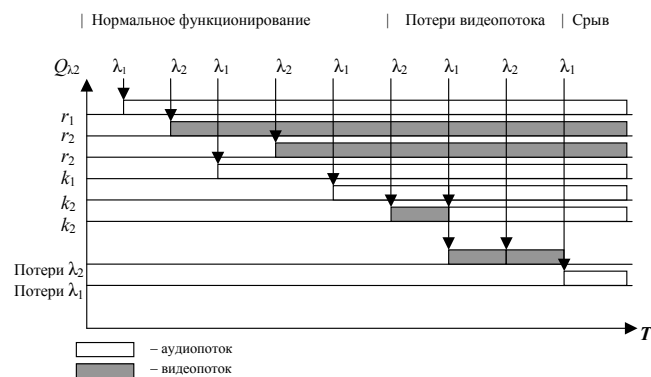


Рис. 4. Временная диаграмма переходов процесса передачи из одного состояния в другое

Используя данные временной диаграммы можно сформировать граф переходов процессов из одного состояния в другое для стохастического процесса функционирования в стационарном режиме (рис. 5).

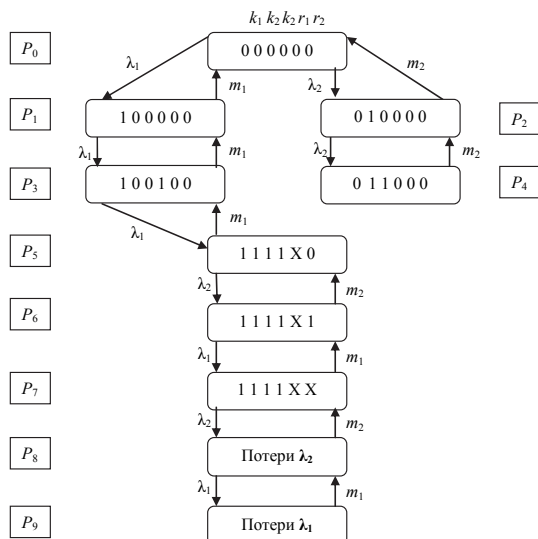


Рис. 5. Граф переходов процесса передачи компонент мультимедийного трафика для стохастического процесса в стационарном режиме

Исходя из графа переходов можно получить систему уравнений для оценки вероятностей нахождения в каждом состоянии процесса (1).

$$\begin{cases}
 P_0 = \mu_1 P_1 + \mu_2 P_2 - P_0(\lambda_1 + \lambda_2) \\
 P_1 = \lambda_1 P_0 + \mu_1 P_3 - P_1(\lambda_1 + \mu_1) \\
 P_2 = \lambda_2 P_0 + \mu_1 P_4 - P_2(\lambda_2 + \mu_2) \\
 P_3 = \lambda_1 P_1 - P_3 \mu_1 \\
 P_4 = \lambda_2 P_2 + \mu_1 P_3 - P_4(\lambda_1 + \mu_2) \\
 P_5 = \lambda_1 P_3 + \mu_2 P_6 - P_5(\lambda_2 + \mu_2) \\
 P_6 = \lambda_2 P_5 + \mu_1 P_7 - P_6(\lambda_1 + \mu_2) \\
 P_7 = \lambda_1 P_6 + \mu_2 P_8 - P_7(\lambda_2 + \mu_1) \\
 P_8 = \lambda_2 P_7 + \mu_1 P_9 - P_8(\lambda_1 + \mu_2) \\
 P_9 = \lambda_1 P_8 - \mu_1 P_9
 \end{cases} \quad (1)$$

Аналитическая модель анализа эффективности процесса синхронизации

С учетом изложенного описания процесса синхронизации, можно определить требования, которым должна удовлетворять модель анализа эффективности синхронизации. Они таковы:

- Модель должна с необходимой точностью оценивать влияние параметров узла коммутатора: буферизации и коммутации на эффективность синхронизации компонент приоритетного и неприоритетного потоков.

- Модель должна обеспечивать масштабируемость процесса синхронизации, располагая «каркасом» интеграции отдельных процессов (буферизации, коммутации для разных значений коэффициента степени синхронизации ($K_{cc} = 1$ или $K_{cc} = 0,5$), а также других значений).

Первое требование обеспечивается выбором наиболее «чувствительных» критериев анализа эффективности, как было показано, – это критерии потерь неприоритетных потерь Q_{λ_2} .

Более сложно выполнение второго требования (не превышение допустимой задержки λ_1). Здесь можно ввести обобщенные параметры, «сжимающие» процесс анализа без потерь его точности. Вместо отдельного анализа влияния размеров памяти r_1 и r_2 вводится один параметр буферизации $K_6 = \frac{r_1}{r_2}$, отображающий

буферизацию для обоих потоков λ_1 и λ_2 .

Параметр коммутации первого λ_1 и второго λ_2 потоков компонент также определяет и число кроссточечных коммутаторов k_1 и k_2 с учетом интенсивности обработки каждым комму-

татором μ_0 в единые параметры $\mu_1 = k_1 \cdot \mu_0$ и $\mu_2 = k_2 \cdot \mu_0$.

Таким образом, формируя обобщенную аналитическую модель в рамках заданного «каркаса» интеграции подпроцессов, можно избежать многовекторного анализа, трудно реализуемого в инженерной практике проектирования.

Сущность обобщенной математической модели базируется на следующих исходных предпосылках.

$$P_0 = \frac{P_1\mu_1 + P_2\mu_2}{\lambda_1 + \lambda_2}, P_1 = \frac{P_3\mu_1 + P_0\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1},$$

$$P_2 = \frac{P_4\mu_1 + P_0\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2}, P_3 = \frac{P_5\mu_1 + P_1\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1},$$

$$P_4 = \frac{P_5\mu_2 + P_2\lambda_2}{\lambda_2 + \mu_2}, P_5 = \frac{P_6\mu_2 + P_3\lambda_1}{\lambda_2 + \mu_1},$$

$$P_6 = \frac{P_7\mu_1 + P_5\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2}, P_7 = \frac{P_8\mu_2 + P_6\lambda_1}{\lambda_2 + \mu_1},$$

$$P_8 = \frac{P_9\mu_1 + P_7\lambda_2}{\lambda_1 + \mu_2}, P_9 = \frac{P_8\lambda_1}{\mu_1},$$

где, λ_2 – интенсивность поступления пакетов, μ_1, μ_2 – интенсивность передачи компонент $\mu_x = k \cdot \mu_0$ пакетов, где k – число кроссточечных коммутаторов.

$$P_9 = \frac{P_8\lambda_1}{\mu_1}, P_8 = \frac{P_7\lambda_2}{\mu_2}, P_7 = \frac{P_6\lambda_1}{\mu_1}, P_6 = \frac{P_5\lambda_2}{\mu_2},$$

$$P_5 = \frac{P_4\lambda_1}{\mu_1}, P_4 = \frac{P_4\lambda_2}{\mu_2}, P_3 = \frac{P_1\lambda_1}{\mu_1}, P_2 = \frac{P_0\lambda_2}{\mu_2},$$

$$P_1 = \frac{P_0\lambda_1}{\mu_1}, P_0 = \frac{\mu_2 P_0 \lambda_1^2}{\lambda_2 \lambda_1 + \lambda_2 \mu_1 - \lambda_2 \mu_2}.$$

В результате, получаем обобщенную формулу для определения потерь в зависимости от уровня буферизации и синхронизации компонент ММТ. В основе формулы лежит сумма всех состояний, при которых мы теряем пакеты.

$$Q_{\lambda_2} = \sum_{i=n-1}^{s+1} P, \quad (2)$$

где s – сумма каналов и ячеек памяти (количество уравнений в графе), n – зависит от количества ячеек памяти.

Используя эту модель (2), получаем графики зависимости потерь неприоритетных компонент трафика, от уровня буферизации для заданных значений степени синхронизации (рис. 6).

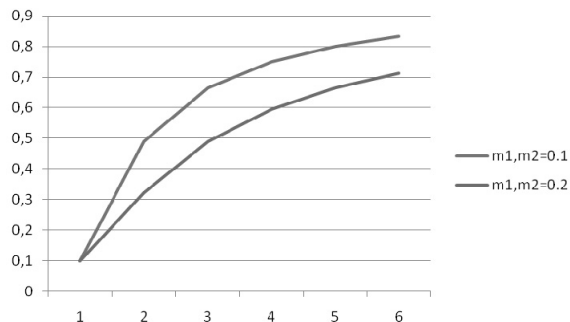


Рис. 6. График зависимости потерь неприоритетного трафика Q_{λ_2} от различной интенсивности поступления пакетов

Заключение. Предлагаемый метод позволяет определить параметры ММТ для коллегиального управления динамикой корригируемых взаимозависимых процессов ВД. В его основу положена аналитическая модель, анализирующая эффективность синхронизации за счет оценки потерь для заданных критериев с выбором наиболее приемлемых значений буферизации для приоритетных и неприоритетных компонент ММТ. Таким образом, разработанный метод может быть положен в основу математического и программного обеспечения аппаратно-программных средств бортовых и наземных сетей интегрального обслуживания аэродромных узлов. И самое главное, это математическое обеспечение может быть положено в основу программного обеспечения инструментально-технологических комплексов интеллектуального проектирования и разработки [13–15].

1. Кузяк А.А. Анализ метода синхронизации компонентов мультимедийного трафика для сетей видеоконференцсвязи. – К.: «НАУ-Друк», 2011 – 46 с.
2. The GEANT Network. – Belgium EC. – 2002. – P. 11–28.
3. Конвенция о международной ГА. Расследование авиационных происшествий и инцидентов. – Женева: Междунар. центр гражд. авиации, 2001. – 9. – 56 с.
4. Ластовченко М.М., Горбунов И.Э., Марущак В.И. Концептуальные положения создания интеллектуального информационного пространства гражданской авиации // Проблемы информатизации та управління. – 2005. – 5 (15). – С. 123–133.
5. Ластовченко М.М. Интеллектуальная система тренажоров как базис развития авиации Украины //

- Проблеми інформатизації та управління – 2005 – 3 (14). – С. 89–98.
6. *EATMP Human Resources Team ATCO // Basic Training – Training Plans.* – Brussels: EUROCONTROL, 2003. – 42 p.
 7. *Ластовченко М.М., Биляк В.И., Марущак В.И.* Адаптивная синхронизация мультимедийного трафика в ситуационных центрах управления // Проблемы управления и информатики. – 2006. – № 5. – С. 32–42.
 8. *Synchronization in multimedia data retrieval // John Wiley & Sons, Ltd.* – 2009. – P. 86.
 9. *Лукашенко В.В., Терещенко В.С., Ярошенко В.М.* Метод адаптивної корекції режимів передачі мультимедійного трафіка // 36. наук. праць ЖВІ НАУ. – 3. – 2010. – С. 53–60.
 10. *Lastovchenko M.M., Olenin M.V., Trekurov S.G.* Visualization methods of Navigation Environment // EVA Intern. Conf. «Electronic Imaging the Wisualization». – 2003. – P. 25–34.
 11. *The Next Generations Networks Laboratories (NGN-LAB).* – Belgium EC. – 2002. – P. 51–56.
 12. *Ластовченко М.М., Ярошенко В.Н., Биляк В.И.* Математические аспекты проектирования интеллектуальных коммутационных систем передачи ММТ // Математичні машини і системи. – 2004. – № 1. – С. 39–52.
 13. *Ластовченко М.М., Федченко С.В.* Система визуализации навигационной обстановки в проблеме безопасности полетов // Проблемы информатизації та управління. – 2006. – № 16. – С. 56–67.
 14. *Програмное обеспечение инструментально-технологической системы проектирования телекоммуникаций со сменяемым набором модулей моделирования / И.А. Жуков, М.М. Ластовченко, В.В. Лукашенко и др.* // Проблемы програмування. – 2010. – № 2–3. – С. 155–161.
 15. *Ластовченко М.М., Терещенко В.С.* Концепция введения графического программирования в управление моделированием сложных дискретно-событийных систем // УСИМ. – 2008. – № 6. – С. 49–56.

Поступила 20.02.2012

Тел. для справок: (044) 440-4343 (Киев)

E-mail: zorb@ua.fm, voodstok@ukr.net

© М.М. Ластовченко, А.А. Кузяк, 2012