

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

Ільїна Ірина Віталіївна

УДК 004.724.4:004.728.4:[004.031.4]

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВОЄЧАСНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ
В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ
СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Харківському університеті Повітряних Сил імені Івана Кожедуба Міністерства оборони України та Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Можасєв Олександр Олександрович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри відео-, аудіо-та кінотехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дмитрієнко Валерій Дмитрович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри обчислювальної техніки та програмування

кандидат технічних наук, доцент
Завизістєп Юрій Юрійович,
Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри електронних обчислювальних машин

Захист відбудеться « 22 » квітня 2010 р. о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.050.14 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21 (електрокорпус, I поверх, аудиторія 54-Б).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Автореферат розісланий « 1 » березня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І.Г. Ліберг

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Аналіз нештатних ситуацій для систем критичного застосування (СКЗ) в аерокосмічній галузі показує, що більше 50% з них носять технічний характер (пов'язані з різними відмовами і несправностями технічних систем, з порушенням їх функціонування або руйнуванням внаслідок помилкових дій персоналу), причому більше 20% пов'язані з нестачею інформації про повітряну обстановку або несвоєчасним її отриманням. У ряді випадків (складні метеорологічні умови, наявність активних і пасивних перешкод тощо) для безпосереднього управління польотами авіації і забезпечення необхідної повноти інформації виникає необхідність в постачанні суміжним центрам управління повітряним рухом початкової (необробленої) радіолокаційної інформації (РЛІ), яка може бути класифікована як відеоінформація про повітряну обстановку. Інтенсивність інформаційних потоків при передачі цієї інформації для різних радіолокаційних станцій (РЛС) може складати від 1 до 3 Мбіт/с, що в 100 і більше разів перевищує інтенсивність обробленої радіолокаційної інформації, яка передається на даний час. Але рівень пропускної спроможності існуючих каналів зв'язку комп'ютерних мереж (КМ) СКЗ залишається незмінним. Виникає протиріччя між зростаючими об'ємами інформації, яка повинна передаватися в низькопродуктивних КМ СКЗ, і обмеженням на час її передачі.

До основних шляхів забезпечення необхідної своєчасності передачі цифрової інформації в КМ СКЗ при заданому жорстко регламентованому циклі безпосереднього управління польотами відносяться розробка і застосування методів динамічного розподілу мережевого ресурсу.

Аналіз існуючих способів і алгоритмів пошуку найкоротших шляхів передачі інформації і розподілу інформації по них, а також методів обробки даних показав, що вони недостатньо забезпечують передачу відеоінформації про повітряну обстановку в режимі реального часу. Це пов'язано з високою інерційністю процесів збіжності алгоритмів пошуку множини шляхів передачі інформації, низькою ефективністю використання ресурсів комп'ютерної мережі методами, які реалізовані на практиці, і відсутністю механізмів моніторингу якості інформації, що передається. Дане протиріччя можна розв'язати шляхом розробки методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ, який усуває вищенаведені недоліки.

Таким чином, розробка методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ на основі комбінування графової і потокової моделей КМ є актуальною задачею та складає напрямок дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі відео-, аудіо- та кінотехніки НТУ «ХП» у рамках наукового напрямку дослідження та розробки нових високоефективних архітектур комп'ютерних систем і мереж. Здобувач, як виконавець, брав участь у держбюджетних науково-дослідних роботах Харківського університету Повітряних Сил: «Оцінка можливості використання телекомунікаційної мережі АСУ «Дніпро» для забезпечення достовірності, оперативності та інформаційної безпеки при оповіщенні про повітряну обстановку в АСУ спеціального

призначення» (шифр «Інтеграція – ХУПС», ДР № 0101U000439), «Дослідження і розробка моделей впливу природного середовища на випромінювання, розповсюдження і розсіяння електромагнітних хвиль з метою розвитку методів дистанційного зондування» (шифр «Радикал», ДР № 0103U002264), «Розробка програмного тренувально-імітаційного макету автоматизованого робочого місця оператора рухомого пункту розвідки та управління РПРУ-1» (шифр «Модифікація», ДР № 0101U000498), «Розробка програмного тренувально-імітаційного макету радіолокаційної станції П-18» (шифр «Промінь», ДР № 0101U000496).

Мета і задачі дослідження. Мета дисертаційного дослідження – розробка та обґрунтування методу забезпечення своєчасності передачі інформації у системах критичного застосування на основі адаптації процесу розподілу ресурсів комп'ютерних мереж до динамічних змін інтенсивності трафіка.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені наступні завдання:

- провести порівняльний аналіз існуючих способів та методів забезпечення необхідної своєчасності передачі інформації про повітряну обстановку;
- розробити математичну модель процесу статистичного мультиплексування в КМ СКЗ;
- розробити метод визначення множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ, що задовольняє вимогам своєчасності передачі цифрової інформації про повітряну обстановку та виключає «зациклення» при передачі інформації;
- розвинути метод оптимізації множини маршрутів передачі інформації в КМ СКЗ, що забезпечує мінімальне значення ймовірності спотворення інформаційних пакетів при урахуванні обмеження, яке накладається на ймовірність їх доставки до одержувача за час, який не перевищує допустиме значення;
- створити процедуру розподілу інформаційних пакетів за знайденою множиною маршрутів в КМ СКЗ, що забезпечує «збалансоване» завантаження каналів зв'язку;
- розробити практичні рекомендації щодо використання методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ в процесі управління повітряним рухом та провести оцінку ефективності розробленого методу.

Об'єктом дослідження є процес передачі інформації в комп'ютерних мережах систем критичного застосування.

Предметом дослідження є метод забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ.

Методи дослідження. Дослідження структурно-топологічних властивостей комп'ютерної мережі проводилося з використанням теорії графів та теорії множин. Дослідження характеру зміни інтенсивності інформаційних потоків між окремими елементами КМ СКЗ посилалося на основні положення теорії ймовірностей, теорії зв'язку, теорії масового обслуговування та теорії телетрафіка. Оцінка коректності та достовірності теоретичних і практичних результатів проводилася за допомогою методів математичного та імітаційного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Удосконалено математичну модель процесу статистичного мультиплексування в КМ СКЗ, яка відрізняється від відомих моделей тим, що в ній

враховано вплив інтенсивності інформаційних потоків в каналах зв'язку, їх залишкова пропускна спроможність і особливості статистичного мультиплексування. Це дозволить оцінити середній час обслуговування інформаційних пакетів у вузлах зв'язку комп'ютерних мереж систем критичного застосування.

2. Вперше розроблено метод визначення множини шляхів передачі інформації в комп'ютерній мережі систем критичного застосування на основі комплексного використання алгоритмів: побудови попередньої топології та знаходження «вузлів-наступників» на маршрутах до кожного адресата, який відрізняється від відомих виключенням «заиклення» при передачі інформації в комп'ютерній мережі системи критичного застосування. Це дозволить скоротити інтервал стабілізації часу затримки пакетів при різких флуктуаціях трафіка.

3. Одержав подальший розвиток метод оптимізації множини маршрутів передачі інформації в комп'ютерній мережі системи критичного застосування за критерієм мінімуму ймовірності спотворення інформаційних пакетів, який відрізняється від відомих урахуванням обмежень, що накладаються на ймовірність доставки інформації до одержувача за час, який не перевищує допустиме значення. Це дозволить зменшити ймовірність спотворення інформаційних пакетів при забезпеченні необхідної своєчасності передачі інформації.

Практичне значення отриманих результатів для аерокосмічної та енергетичної галузей полягає у забезпеченні своєчасності передачі інформації у комп'ютерних мережах систем критичного застосування за рахунок ефективного використання мережевого ресурсу та багатошляхової маршрутизації.

Результати дисертаційного дослідження для практичного застосування реалізовані у вигляді відповідних алгоритмів та комп'ютерних програм, а саме: математична модель моделювання процесів передачі інформації і розробка програмного забезпечення автоматизованого робочого місця регіонального центру Спеціалізованого фонду документації (СФД) для інформаційного забезпечення Державного реєстру документів СФД України (акт Науково-дослідного, проектно-конструкторського і технологічного інституту мікрографії від 20.11.2009 р., м. Харків); метод визначення множини шляхів передачі інформації в комп'ютерній мережі системи критичного застосування, який використано при розробці методів і алгоритмів управління потоками інформації в багаторівневих системах моніторингу земної поверхні (акт Ордена Трудового Червоного Прапора Інституту радіофізики і електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України від 28.05.2009 р.); метод оптимізації множини маршрутів передачі інформації в комп'ютерній мережі системи критичного застосування, який використано в навчальному процесі Харківського університету Повітряних Сил при імітаційному моделюванні складних алгоритмів методу забезпечення своєчасності передачі даних (акт Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба від 30.06.2009 р.).

Особистий внесок здобувача. Основні результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: аналіз та оцінка процесів комутації та маршрутизації інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі, дослідження відомих модифікацій протоколів динамічного мережевого управління, удосконалення математичної моделі процесу статистичного

мультиплексування, розробка методів визначення множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ та оптимізації множини маршрутів передачі інформації, імітаційне моделювання процесу передачі інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі та узагальнення результатів досліджень. Постановка задач, вибір методології досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися та обговорювалися на: 7-й, 8-й міжнародних науково-технічних конференціях (НТК) «Проблеми інформатики і моделювання» (Харків, 2007, 2008); 3-й НТК Харківського університету Повітряних Сил (Харків, 2007); 15-й міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2006); міжнародній НТК «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні (ІКТМ-2006)» (Харків, 2006); 1-й НТК «Науково-методичні основи оцінювання і управління техногенною безпекою у разі виникнення надзвичайної ситуації» (Харків, 2007); НТК «Проблеми інтеграції інформації – 2008: дослідження, розробки, інтелектуальна власність» (Харків, 2008).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 18 наукових виданнях, серед них: 11 статей у фахових наукових виданнях ВАК України.

Структура та об'єм дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 189 сторінок: з них 7 рисунків на 7 окремих сторінках, 31 рисунок по тексту; 1 таблиця по тексту; 6 додатків на 38 сторінках; список використаних літературних джерел із 130 найменувань на 15 окремих сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність питання забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ, сформульовані мета та завдання дослідження, представлені відомості про наукову новизну, практичне значення й апробацію наукових результатів, публікацію матеріалів дисертації та їх впровадження.

У **першому розділі** проведено аналіз системи управління авіаперевезеннями на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях (рис. 1), означено місце та роль розподілу мережевого ресурсу в процесі забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ аерокосмічних СКЗ, обґрунтовані вимоги до якості зв'язку при передачі інформації в КМ СКЗ та проведено аналіз відомих методів розподілу мережевого ресурсу, а також моделей комп'ютерної мережі. З'ясовано, що одним з основних параметрів якості зв'язку при передачі інформації в КМ СКЗ є своєчасність. Встановлено, що для забезпечення своєчасної передачі інформації про повітряну обстановку допустимий час T_d доставки інформаційного пакету повинен бути не більш 0,5 с, а ймовірність доставки інформаційного пакету до одержувача за час, який не перевищує допустиме значення, повинна бути не менш ніж 0,9.

Рис. 1. Узагальнена схема системи управління авіаперевезеннями на загальнодержавному,

Визначено, що найбільш ефективними та такими, які використовуються на практиці, є методи розподілу мережевого ресурсу на основі графових та поточкових моделей комп'ютерної мережі.

У другому розділі удосконалено аналітичний вираз для розрахунку середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в КМ СКЗ та визначено шляхи його зменшення. Розроблена математична модель процесу статистичного мультиплексування в КМ СКЗ. Підтверджено результат про те, що об'єднана система обслуговування є більш ефективною, ніж система з розділеними ресурсами (за критерієм мінімуму середнього часу доставки інформаційних пакетів). Кількісно оцінено виграш для конкретних розподілів і значень їх параметрів. Проведено математичне моделювання процесу доставки інформації в КМ СКЗ за допомогою багатошляхової маршрутизації та визначена цільова функція задачі оптимізації.

В умовах циркуляції в КМ СКЗ однорідного трафіку задачу управління інформаційними потоками при комутації вирішують за допомогою відомих методів, але забезпечення якості зв'язку при передачі різнорідної інформації від декількох джерел представляється більш складною задачею, яка вимагає використання методу динамічного розподілу мережевого ресурсу. Припустимо, що на вхід мультиплексора надходять два потоки з різними статистичними характеристиками. Розподіли кількості вимог, що поступають в одиницю часу, описуються законами; розподіли довжин інформаційних пакетів описуються законами з середніми значеннями відповідно. Пропускна спроможність вихідного каналу зв'язку обмежена фіксованою величиною. Потоки можуть обслуговуватися двома мультиплексорами з пропускними спроможностями вихідних каналів i_1 та i_2 , або одним мультиплексором із спільним ресурсом вихідного каналу

Припустимо, що потоки описуються однаковими законами надходження вимог і законами розподілу довжин та розрізняються лише в перші моменти, що є цілком типовим для термінальних ділянок мереж.

Вирішуючи задачу про доцільність об'єднаного або роздільного обслуговування двох статистично різних потоків, використаємо критерій мінімального середнього часу доставки інформаційних пакетів. Припустимо, що на вхід системи обслуговування, яка моделює мультиплексор, надходять пуасоновські потоки з довільним законом розподілу довжин.

Доведено, що для системи, в якій потоки обслуговуються двома роздільними мультиплексорами середній час обслуговування інформаційних пакетів в цілому розраховується як

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (1)$$

а для об'єднаної системи мультиплексування з пропускною спроможністю вихідного каналу як

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (2)$$

де τ_i є інтервал часу між моментами прийому інформаційного пакету в i -му мультиплексорі і його встановлення в чергу на подальшу передачу; λ_i інтенсивність вхідного потоку інформації в i -й мультиплексор.

Визначено, що система мультиплексування із спільним каналним ресурсом при пуасонівському вхідному потоці й експоненціальному обслуговуванні (2) завжди краще (за критерієм мінімуму середнього часу доставки інформаційних пакетів), ніж система з роздільним обслуговуванням (1). На рис. 2 наведені криві залежності з параметром сімейства від завантаження системи. При розрахунках були прийняті початкові дані.

З рис. 2 видно, що виграш в часі обслуговування зростає із збільшенням завантаження, і виявляється особливо суттєвим в режимі великих завантажень. Але для фіксованого виграш в часі обслуговування падає із зменшенням довжини інформаційного пакету. Це пояснюється тим, що абсолютні значення також стають незначними.

Таким чином, проведений аналіз показав, що об'єднана система обслуговування є більш ефективною, ніж система з розділеними ресурсами (за критерієм мінімального середнього часу доставки інформаційних пакетів). Представлені результати дозволяють кількісно оцінити отриманий виграш для конкретних розподілів і значень їх параметрів. Вдосконалення аналітичного виразу дозволило до 4 разів підвищити точність оцінки середнього часу обслуговування інформаційних пакетів у вузлах зв'язку КМ СКЗ.

Рис. 2. Залежність від завантаження системи

Для визначення обмежень використання багатошляхової маршрутизації розроблена математична модель процесу доставки інформації в КМ СКЗ. Провівши перетворення Лапласа-Стілтєса ймовірність доставки інформації до одержувача за час, що не перевищує допустиме значення, розрахуємо як:

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (3)$$

де ϵ – ймовірність доставки інформації до одержувача за час, якій не перевищує допустиме значення, за маршрутом, що складається тільки з одного каналу зв'язку (i, j) ; $\epsilon_{i,j}$ – ймовірність доставки інформації до одержувача за час, якій не перевищує допустиме значення, по іншим маршрутам, що складаються в середньому з n вузлів зв'язку в кожному; $\epsilon_{i,j}$ – ймовірність вибору основного маршруту; $\epsilon_{i,j}$ – експлуатаційна пропускна спроможність s -го каналу зв'язку s -го маршруту; $\epsilon_{i,j}$ – інтенсивність потоку інформації в каналі зв'язку (i, j) ; $\epsilon_{i,j}$ – еквівалентна інтенсивність старіння; $\epsilon_{i,j}$ – інтенсивність старіння; $\epsilon_{i,j}$ – інтенсивність відновлення каналів зв'язку; $\epsilon_{i,j}$ – коефіцієнт готовності каналу зв'язку; $\epsilon_{i,j}$ – відносна інтенсивність старіння за інтенсивністю комутації; $\epsilon_{i,j}$ – відносна інтенсивність старіння за інтенсивністю розповсюдження; $\epsilon_{i,j}$ – коефіцієнт простою каналу зв'язку.

Рис. 3. Залежність ймовірності від кількості маршрутів передачі інформації та інтенсивності

Проведене моделювання процесу передачі інформації та аналіз його результатів показали зменшення ймовірності доставки інформації до одержувача за час, який не перевищує допустиме значення, при зменшенні кількості маршрутів передачі інформації та збільшенні інтенсивності потоку інформації в каналі зв'язку, що ілюструє рис. 3. Таким чином, проведене моделювання визначило необхідність

застосування багатошляхової маршрутизації при високому навантаженні на КМ СКЗ.

Аналіз виразу (2) та врахування того, що основним параметром, який впливає на своєчасність передачі цифрової інформації про повітряну обстановку, є середній час доставки інформаційного пакету, дозволяють вибрати цільову функцію завдання маршрутизації і розподілу інформаційних потоків у вигляді

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (4)$$

У третьому розділі запропоновано метод забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ.

Джерелом інформації в КМ СКЗ є i -й вузол зв'язку (ВЗ), щодо якого розглянуті такі множини: рівні ієрархії на дереві допустимих маршрутів; знайдені шляхи передачі інформації, де є номер рівня ієрархії. Формування множини для кожного вузла « i » є ітераційним процесом покрокового додавання вузлів з відповідним рівнем ієрархії із множини , що збільшує число альтернативних шляхів передачі інформації з вузла « i » та створює передумову мінімізації середнього часу $T_{ср\delta}$ доставки інформаційних пакетів в КМ СКЗ. Але збільшення числа рівнів ієрархії призводить до ускладнення алгоритмів розрахунку топології, що, в свою чергу, викликає зростання часу формування множини . Тому після кожного кроку додавання вузлів відповідного рівня ієрархії доцільно перевіряти можливість забезпечення своєчасності передачі інформації знайденими на цьому кроці маршрутами з урахуванням коефіцієнта . Це дозволить розподілити інформаційні пакети в залежності від «відстаней» кожного з маршрутів (i, j). Припущення, які були зроблені, дозволяють сформулювати оптимізаційну задачу пошуку значень :

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (5)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (6)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (7)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (8)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (9)$$

Незважаючи на переваги (використання множини шляхів передачі інформації, пропорційний розподіл потоку інформації по каналах зв'язку), такий підхід до розподілу мережевого ресурсу має ряд недоліків, зокрема відсутність врахування ймовірності спотворення інформації на базовій множині маршрутів, що росте із збільшенням і структурних особливостей вибраних маршрутів. Для усунення вказаних недоліків на наступному етапі рішення задачі забезпечення своєчасності необхідно знайти оптимальну множину маршрутів передачі інформації.

Встановлено, що для каналу маршруту ймовірність спотворення одного біта рівно , тобто ймовірність неспотворення біта дорівнює . Тоді для пуассонівського потоку інформації інтенсивністю з пакетом довжиною , що проходить s -м каналом зв'язку s -го маршруту, за час ймовірність неспотворення інформації дорівнює . Відповідно, ймовірність неспотворення інформації при передачі її s -м маршрутом за час дорівнює фіксованому значенню, тобто при передачі інформаційного потоку інтенсивністю з використанням багатошляхової маршрутизації на базовій множині маршрутів ймовірність неспотворення дорівнює розрахованому значенню i , відповідно, ймовірність спотворення за тих самих умов дорівнює

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (10)$$

Враховуючи, що в запропонованому підході знаходження базової множини маршрутів при багатошляховій маршрутизації необхідно понизити рівень спотворення передачі інформації про повітряну обстановку, задача оптимізації розподілу потоку інтенсивністю в середовищі базової множини маршрутів формулюється таким чином:

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (11)$$

при $\quad ; \quad \text{розрахункова формула} \quad (12)$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (13)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (14)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (15)$$

де U – множина маршрутів передачі інформації, вибраних з множини для зменшення ймовірності; «відстань» від джерела до адресата на s -му маршруті; допустима ймовірність неспотворення біта інформації переданого маршрутом за час t .

При незнаходженні жодного розподілу з множиною, що задовольняє обмеженням (14) – (18), розширюємо шляхом його об'єднання з множиною маршрутів наступного рівня ієрархії відповідно до виразів (8) – (12).

Таким чином, рішення задачі забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ складається з чотирьох етапів:

- визначення множини маршрутів передачі інформації;
- знаходження оптимальної множини маршрутів передачі цифрової інформації в телекомунікаційній мережі
- обчислення коефіцієнтів розподілу інформаційного потоку і управління навантаженням КМ СКЗ;
- створення та оновлення таблиці маршрутизації.

Структурна схема методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ наведена на рис. 4. При рішенні задачі визначення множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ для ВЗ « i » та « j » з множини вузлів зв'язку спочатку необхідно знайти найкоротшу «відстань» (мінімальний час передачі інформаційних пакетів) від джерела « i » до адресата « j » і множини вузлів, найближчих ВЗ « i » за напрямом руху потоку до « j » (множина «вузлів-наступників») у порядку рівнів ієрархії дерева допустимих маршрутів множини U .

Рис. 4. Структурна схема методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ

При рішенні поставленої в (11) – (15) задачі відомими алгоритмами пошуку найкоротших шляхів в більшості практичних випадків маємо проблему «зациклення» при передачі інформації в знайдених шляхах. Це призводить до збільшення часу передачі інформаційних пакетів, а деколи і до їх втрати. Уникнути «зациклення» при передачі інформації пропонується шляхом додання обмежень (умова постійної відсутності циклів), які надані у вигляді виразів:

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (16)$$

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (17)$$

де є найкоротша «відстань» (мінімальний час передачі інформаційних пакетів) від вузла « k » до адресата « j »; «відстань» (час передачі інформаційних пакетів) від вузла « i » до адресата « j » через вузол « k ».

Рішення задачі пошуку множини шляхів, що виключають «цикли», складається з двох етапів: визначення найкоротшої «відстані» від джерела « i » до адресата « j »; знаходження множини «вузлів-наступників» на маршрутах, що виключають «циклічність», для довільних джерел « i » та адресатів « j » за порядком множини рівнів ієрархії дерева вибору допустимих маршрутів.

На першому етапі для визначення найкоротшої «відстані» доцільно використати алгоритм розрахунку попередньої топології, який забезпечує вузли зв'язку інформацією про стан зв'язків для обчислення найкоротших шляхів до адресатів. Алгоритм створено на основі відомих алгоритмів стану зв'язків. На відміну від відомих, в цьому алгоритмі враховується ієрархічність побудови КМ СКЗ (визначаються «відстані» від «вузла-джерела» i до «адресата» j відповідно до існуючих рівнів ієрархії), що надалі дозволить здійснити пропорційний (з урахуванням коефіцієнтів) розподіл інформації по знайдених маршрутах.

Рис. 5. Час затримки інформації: а – при статичному трафіку,
б – при флуктуації трафіку від 3 до 10 Мбіт/с

На другому етапі для знаходження множини шляхів передачі інформації, що виключають «циклічність», використовується алгоритм розповсюдження попередньої топології множини шляхів. На відміну від відомих алгоритмів, в яких не враховується поточний стан ВЗ « i » обов'язкова синхронізація обміну службовими повідомленнями про стан зв'язків по всій мережі, в алгоритмі розповсюдження попередньої топології множини шляхів такої синхронізації підлягає тільки один перехід між сусідніми вузлами. Це значно спрощує роботу вузлів зв'язку і скорочує час збіжності алгоритмів. Сукупність алгоритмів розрахунку попередньої топології і розповсюдження попередньої топології множини шляхів є основою способу визначення множини шляхів передачі інформації. Запропонований спосіб (крива 3, рис. 5, а) за відсутністю флуктуацій трафіку зіставлений з аналогічними (крива 1 – спосіб Галлагера, крива 2 – модифікований дистанційно-векторний (MDVA)) за часом затримки передачі інформації, проте у декілька разів перевершує їх при різких флуктуаціях вхідного трафіка (рис. 5, б).

Безпосереднє використання всієї знайденої множини шляхів передачі інформації розробленим способом не завжди є виправданим, особливо у разі високої пропускної спроможності декількох з наявних каналів зв'язку, здатних забезпечити виконання вимог (8), (9) при передачі інформації про повітряну обстановку. Розширення такої множини призводить до збільшення таблиць маршрутизації вузлів зв'язку, ускладнення процесу розподілу інформації і, як наслідок, до зниження достовірності передачі цифрової інформації. Тому виникає необхідність в знаходженні такої топології підмережі, тобто у виборі зі всієї знайденої множини шляхів деякої (оптимальної) сукупності маршрутів,

використання якої в умовах обмежень, що накладаються, дозволить забезпечити максимально можливу достовірність передачі інформації.

З урахуванням (10) в умовах, описаних вище, одержані і наведені на рис. 6 криві залежності ймовірності. Збільшення числа M використаних маршрутів, призводить до істотного (у 2,3...3,4 разів) збільшення ймовірності спотворення інформації в процесі її передачі. Слід особливо відзначити, що для відомих методів розподілу характерна відсутність моніторингу поточного завантаження маршрутів, змін вхідного потоку інформації, а інколи і технічного стану каналів зв'язку. Принцип рівномірного завантаження вибраних M маршрутів, який використовується в таких методах, призводить до перевантаження одних і до неефективного використання інших маршрутів.

Рис. 6. Залежність ймовірності спотворення інформаційних пакетів від інтенсивності вхідного потоку інформації

Для визначення початкового завантаження підмережі КМ СКЗ пропонується проводити розрахунок коефіцієнтів розподілу потоку інформації від джерела « i » до адресата « j » між «вузлами-наступниками» « k » з M -мірної множини залежно від значень «відстані» (часу передачі пакетів) між ВЗ на маршруті за співвідношенням

$$\text{(розрахункова формула)} \quad (18)$$

де ϵ час передачі пакетів від «вузла-наступника» « k » до адресата « j » на маршруті; «відстань» від джерела « i » до «вузла-наступника» « k »; потужність множини .

Рис. 7. Залежності середнього часу від інтенсивності

Рис. 8. Залежності ймовірності від інтенсивності

На рис. 7 і 8 наведені відповідно залежності середнього часу доставки інформаційних пакетів в КМ СКЗ і ймовірність їхньої доставки за час, що не перевищує допустиме значення, від інтенсивності вхідного потоку інформації для повнозв'язного фрагменту КМ СКЗ в умовах мінімальної і максимальної середньої пропускної спроможності каналів зв'язку (умови (I) – суцільні криві), (умови (II) – пунктирні криві) при кількості маршрутів $M=5$. Параметром сімейства кривих є метод розподілу мережевого ресурсу в КМ СКЗ («1» – статичний метод, «2» і «3» – відповідно відомий (MDVA) і адаптивний до умов початкового завантаження мережі методи розподілу).

Аналіз залежностей показав, що у деяких ситуаціях адаптивний розподіл потоку інформації дозволяє «заощадити» 2 і більш маршрутів і тим самим додатково понизити ймовірність порівняно з відомими методами управління, що свідчить про необхідність оптимізації топології підмережі КМ СКЗ. В роботі пропонується метод знаходження оптимальної множини маршрутів в КМ СКЗ, який включає постановку завдання та процедуру знаходження оптимальної множини маршрутів в КМ СКЗ. При цьому визначення початкового завантаження підмережі дозволяє найкращим чином розподілити потік пакетів, тим самим мінімізуючи час і максимізуючи чергу в даних умовах.

В подальшому, для передачі інформації про повітряну обстановку та забезпечення «збалансування» загрузки при флуктуаціях трафіку виконується

процедура розподілу інформаційних пакетів за оптимальною множиною маршрутів в КМ СКЗ.

У четвертому розділі проводяться оцінки ефективності методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ при передачі інформації про повітряну обстановку і вірогідності отриманих результатів. В якості рекомендацій щодо практичного застосування методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ при управлінні повітряним рухом розроблена структура процесу передачі інформації про повітряну обстановку в режимі реального часу. Врахована необхідність здійснювати комплекс заходів (адаптивне кодування, зменшення статистичної і психовізуальної надмірності, адаптивна маршрутизація та ін.), направлених на управління швидкістю передачі інформації про повітряну обстановку і зниження її інтенсивності. Для компенсації втрачених при передачі в каналах зв'язку інформаційних пакетів і забезпечення безперервності відтворення інформації про повітряну обстановку розроблено алгоритм компенсації втрачених інформаційних пакетів. Це дозволить використовувати для управління передачею цифрової інформації про повітряну обстановку протоколи транспортного рівня (RTP і UDP).

Оцінка ефективності роботи методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ по відношенню до відомих методів показала ряд його переваг (ймовірність доведення інформації до одержувача за час, що не перевищує допустиме значення, вище за аналогічну ймовірність відомих методів до 3 разів, середній час доставки інформаційних пакетів менше аналогічної характеристики відомих методів до 15 разів).

Для обґрунтування достовірності отриманих результатів математичного моделювання проведено імітаційне моделювання передачі інформації в повнозв'язній КМ в умовах застосування бездротових каналів зв'язку (середня пропускна спроможність) при різних інтенсивностях вхідного потоку (у заданому діапазоні). За критерієм згоди Персона з рівнем значущості $\alpha = 0,01$ показано, що число прийнятих за час $T_{дон}$ інформаційних пакетів а також ймовірність можна вважати розподіленими за нормальним законом.

Одержані довірчі інтервали для оцінок математичного очікування, в які потрапляють «розрахункові» значення з довірчою ймовірністю 0,95. Високий ступінь збігу результатів імітаційного і математичного моделювання підтверджує достовірність математичної моделі, використаної для розрахунку ймовірності доставки інформаційних пакетів за час, що не перевищує допустиме значення.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена рішенням науково-практичної задачі – розробці та обґрунтуванню методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ на основі кобінювання графової і потокової моделей.

Основні висновки дисертаційної роботи:

1. Проведено огляд існуючих методів управління мережними ресурсами КМ СКЗ. Зроблено висновок, що одним з ефективних шляхів забезпечення необхідної своєчасності передачі інформації про повітряну обстановку є динамічний розподіл.

Порівняльний аналіз існуючих методів розподілу показав, що ряд їх недоліків ускладнює рішення цієї задачі. Тому одним з перспективних напрямів розвитку методів розподілу мережевого ресурсу є адаптація цього процесу до динамічних змін інтенсивності потоку інформації про повітряну обстановку.

2. Розроблено математичну модель процесу статистичного мультиплексування в КМ СКЗ. Дана модель відрізняється від відомих тим, що в ній враховано вплив інтенсивності інформаційних потоків в каналах зв'язку, їх залишкова пропускна спроможність та особливості статистичного мультиплексування. Введення нормуючих коефіцієнтів розподілу потоків цифрової інформації у аналітичний вираз для розрахунку середнього часу обслуговування інформаційних пакетів в КМ СКЗ дозволило до 4 разів підвищити точність оцінки середнього часу обслуговування інформаційних пакетів у вузлах зв'язку КМ СКЗ.

3. Розроблено метод визначення множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ, який полягає в комплексному використанні алгоритмів побудови попередньої топології і знаходження «вузлів-наступників» на маршрутах до кожного адресата для виключення «зациклення» при передачі інформації в КМ СКЗ, що дозволить до 2...4 разів скоротити інтервал стабілізації часу затримки пакетів при різких флуктуаціях трафіку.

4. Запропоновано метод оптимізації множини маршрутів передачі інформації в КМ СКЗ, який забезпечує мінімальне значення ймовірності спотворення інформаційних пакетів при урахуванні обмеження, що накладається на ймовірність їх доставки до одержувача за час, який не перевищує допустиме значення. Це дозволить до 2...3 разів зменшити ймовірність спотворення інформаційних пакетів при забезпеченні необхідної своєчасності передачі цифрової інформації.

5. Створена процедура розподілу інформаційних пакетів за знайденою множиною маршрутів в КМ СКЗ, які базуються на методах:

- управління навантаженням підмережі КМ СКЗ – дозволяє своєчасно реагувати на динамічні зміни параметрів комп'ютерної мережі та здійснювати перерозподіл інформаційних потоків за множиною маршрутів КМ СКЗ і зберігає «збалансованість» каналів зв'язку, яка досягнута на етапі реалізації методу;

- фрагментації інформаційних пакетів – здійснюється при необхідності передачі інформаційних пакетів великого розміру мережею, що вимагає його зменшення;

- модифікації таблиці маршрутизації – полягає в доповненні таблиці маршрутизації інформацією про значення інтенсивності потоку інформації, розподіленої по маршрутах.

6. Розроблені практичні рекомендації щодо використання методу забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ в процесі управління повітряним рухом. Проведена оцінка ефективності розробленого методу при передачі інформації про повітряну обстановку. Показано, що використання останнього при передачі інформації про повітряну обстановку в КМ СКЗ дозволить: до 3 раз підвищити ймовірність доставки інформації за час, що не перевищує допустиме значення; до 3...15 разів знизити середній час доставки інформаційних пакетів;

7. Результати роботи впроваджені в Науково-дослідному, проектно-конструкторському і технологічному інституті мікрографії, в Інституті радіофізики і електроніки ім. А.Я. Усикова НАН України та у навчальному процесі Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Ільїна І.В.* Питання комутації у широкосмугових цифрових мережах / О.О. Можаяєв, В.В. Косенко, І.В. Ільїна // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2007. – Вип. 1. – С. 74-76.

Здобувачем проведено аналіз та оцінка процесу комутації інформаційних пакетів в телекомунікаційній мережі в режимі віртуальних з'єднань.

2. *Ільїна І.В.* Управление перегрузками мультисервисной телекоммуникационной сети / О.В. Воробьев, И.В. Ильина, А.А. Коваленко // Системи обробки інформації – Харків: ХУ ПС, 2007. – Вип. 3(61) – С. 21-23.

Здобувачем проведено порівняльний аналіз відомих модифікацій протоколів динамічного управління в IP-мережах.

3. *Ільїна І.В.* Пространственное описание трафика мобильных сетей связи / И.В. Ильина, А.А. Можаяев // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2007. – Вип. 3. – С. 64-67.

Здобувачем запропонована процедура опису характеру поведінки трафіка в мережах мобільного зв'язку.

4. *Ільїна І.В.* Усовершенствование транспортных протоколов в мультисервисных сетях / А.А. Можаяев, А.А. Подорожняк, И.В. Ильина, А.А. Коваленко // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС, 2007. – Вип. 5(63). – С. 86-92.

Здобувачем вдосконалена процедура динамічної маршрутизації при зміні пропускної спроможності з'єднань.

5. *Ільїна І.В.* Метод динамічної зміни характеристик транспортних протоколів у мультисервісних мережах / Г.А. Кучук, О.О. Можаяєв, І.В. Ільїна // Системи обробки інформації. – Харків: ХУ ПС, 2007. – Вип. 8(66). – С. 42-45.

Здобувачем запропонована та реалізована імітаційна модель процесу передачі інформаційних пакетів в мультисервісній телекомунікаційній мережі.

6. *Ільїна І.В.* Обґрунтування вимог до якості зв'язку при передачі інформації у комп'ютерних мережах систем критичного застосування / С.Г. Семенов, О.О. Можаяєв, І.В. Ільїна // Системи озброєння і військова техніка: науковий журнал. – Харків: ХУПС, 2007. – № 2(14). – С. 108-110.

Здобувачем обґрунтовані показники своєчасності зв'язку при передачі інформації про повітряну обстановку.

7. *Ільїна І.В.* Математическая модель процесса доставки информационных пакетов в компьютерной сети системы критического применения / С.Г. Семенов, И.В. Ильина // Радіоелектронні і комп'ютерні системи: науково-технічний журнал. – Харків: НАКУ «ХАІ», 2008. – №1. – С. 162-165.

Здобувачем розроблена математична модель процесу доставки інформаційних пакетів в КМ СКЗ.

8. *Ильина И.В.* Метод определения базового множества путей передачи информации в компьютерной сети системы критического применения / Г.А. Кучук, А.А. Можаяев, И.В. Ильина // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи: науково-технічний журнал.* – Харків: НАКУ «ХАІ», 2008. – №6. – С. 311-315.

Здобувачем розроблено метод визначення базової множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ.

9. *Ильина И.В.* Метод нахождения оптимального множества маршрутов передачи информации в компьютерной сети системы критического применения / И.В. Ильина // *Системи управління, навігації та зв'язку.* – К.: ЦНДІ НіУ, 2008. – Вип. 1(5). – С. 115-117.

10. *Ильина И.В.* Процедура распределения информационных пакетов по найденному множеству маршрутов в компьютерной сети системы критического применения / И.В. Ильина // *Системи обробки інформації.* – Харків: ХУ ПС, 2008. – Вип. 3(70). – С. 52-54.

11. *Ильина И.В.* Разработка математической модели процесса статистического мультиплексирования при динамическом управлении трафиком компьютерной сети системы критического применения / И.В. Ильина, В.А. Шашков // *Системи управління, навігації та зв'язку.* – К.: ЦНДІ НіУ, 2009. – Вип. 2(10). – С. 120-124.

Здобувачем розроблена математична модель процесу статистичного мультиплексування в КМ СКЗ.

12. *Ильина И.В.* Метод адаптивной маршрутизации в телекоммуникационных сетях для передачи видеoinформации о воздушной обстановке в режиме реального времени / А.А. Пашнев, С.Г. Семенов, О.В. Воробьев, И.В. Ильина // *«Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні (ІКТМ-2006)»: матеріали Міжнародної НТК.* – Харків: НАКУ «ХАІ», 2006. – С.341.

Здобувачем запропоновано метод адаптивної маршрутизації в телекомунікаційних мережах для передачі відеоінформації про повітряну обстановку.

13. *Ильина И.В.* Особенности статистических характеристик телекоммуникационного трафика системы оповещения про надзвичайні ситуації / О.О. Можаяев, И.В. Ильина // *«Науково-методичні основи оцінювання та управління техногенною безпекою у разі виникнення надзвичайної ситуації»: матеріали 1 наук.-техн. конф.* – Харків: НДІ мікрографії, 2007. – С. 34–35.

Здобувачем проведено аналіз особливостей телекомунікаційного трафіку, який циркулює в системі оповіщення про надзвичайні ситуації.

14. *Ильина И.В.* Моделирование телекоммуникационного трафика на базе солитоноподобных функций. / А.А. Можаяев, И.В. Ильина // *Третя наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба: матеріали конференції.* – Харків: ХУ ПС, 2007. – С. 93.

Здобувачем запропоновано підхід щодо математичного моделювання телекомунікаційного трафіка.

15. *Ильина И.В.* Использование характеристик долговременной зависимости при управлении перегрузками протокола TCP / А.А. Можаяев, А.А. Коваленко, И.В. Ильина // «Інформаційні технології, наука, техніка, освіта, здоров'я»: матеріали 15 науч.-техн. конф. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – С. 70.

Здобувачем сформульовано задачу управління перевантаженням в телекомунікаційній мережі.

16. *Ильина И.В.* Анализ характеристик трафика мобильных сетей связи / А.А. Можаяев, В.В. Кирвас, И.В. Ильина // «Проблемы информатики и моделирования»: материалы седьмой международной научно-технической конф. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – С. 85.

Здобувачем проведено порівняльний аналіз характеристик трафіка в мережах мобільного зв'язку.

17. *Ильина И.В.* Использование статистического мультиплексирования для обеспечения качества обслуживания в телекоммуникационной сети системы критического применения / С.Г. Семенов, С.Ф. Крывчач, И.В. Ильина // Материалы восьмой международной научно-технической конференции «Проблемы информатики и моделирования». – Харків: НТУ «ХПІ», 2008.– С. 53.

Здобувачем запропоновано підхід щодо статистичного мультиплексування в КМ СКЗ.

18. *Ильина И.В.* Процедура оптимизации распределения информационных потоков / А.А. Можаяев, И.В. Ильина // «Проблемы интеграции информации-2008: исследования, разработки, интеллектуальная собственность»: материалы научно-технической конф. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – С. 15.

Здобувачем запропоновано процедуру розподілу інформаційних потоків в КМ.

АНОТАЦІЇ

Ільїна І.В. Метод забезпечення своєчасності передачі інформації в комп'ютерних мережах систем критичного застосування. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, 2009.

В дисертаційній роботі показано, що до основних шляхів забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ при заданому жорстко регламентованому циклі безпосереднього управління повітряним рухом відносяться застосування «швидкісних» каналів зв'язку і високопродуктивних обчислювальних засобів, застосування методів адаптивного стиснення і кодування інформації, а також розробка і застосування методів динамічного розподілу мережевого ресурса.

На основі комбінування графової і потокової моделей КМ розроблено метод забезпечення своєчасності передачі інформації в КМ СКЗ. Складовими розробленого методу є метод визначення множини шляхів передачі інформації в КМ СКЗ; метод знаходження оптимальної множини маршрутів в КМ СКЗ; процедури розподілу інформаційних пакетів за знайденою множиною маршрутів в КМ СКЗ.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, своєчасність передачі інформації, інтенсивність, інформація про повітряну обстановку, система критичного застосування, маршрутизація, оптимальна множина шляхів.

Ильина И.В. Метод обеспечения своевременности передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения. Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05– компьютерные системы и компоненты. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, 2009.

Диссертационная работа содержит решение актуальной научно-технической задачи разработки метода обеспечения своевременности передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения на основе комбинирования графовой и потоковой моделей компьютерной сети.

В данной работе определены требования к качеству связи и параметры, влияющие на своевременность передачи информации о воздушной обстановке в компьютерных сетях (КС) систем критического применения (СКП). Показано, что тактико-технические характеристики средств передачи данных в условиях непосредственного управления воздушным движением не удовлетворяют требованиям к своевременности из-за повышения интенсивности информации о воздушной обстановке. Проводится анализ и оценка существующих методов распределения сетевого ресурса, протоколов и моделей КС. Делается вывод о необходимости разработки метода обеспечения своевременности передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения на основе комбинирования графовой и потоковой моделей.

Проведена оценка влияния отдельных характеристик (пропускной способности канала связи, интенсивности информационных потоков в канале связи, времени коммутации в узле связи, средней длины маршрутов и скорости распространения информационного пакета в передающей среде) на среднее время доставки информационных пакетов в компьютерных сетях систем критического применения, предлагаются пути его уменьшения.

Разработана математическая модель процесса статистического мультиплексирования в компьютерных сетях систем критического применения. Усовершенствовано аналитическое выражение для расчета среднего времени обслуживания информационных пакетов в компьютерных сетях систем критического применения, основанное на учете интенсивности информационных потоков в каналах связи, их остаточной пропускной способности и особенностей статистического мультиплексирования при динамическом управлении трафиком за счет введения нормирующих коэффициентов распределения потоков цифровой информации о воздушной обстановке. Усовершенствованное аналитическое выражение позволит до 4 раз повысить точность оценки среднего времени обслуживания информационных пакетов в узлах связи КС СКП.

Разработана математическая модель процесса доставки информации в компьютерных сетях систем критического применения на основе метода многопутевой маршрутизации, с помощью которой обоснована возможность

уменьшения среднего времени доставки информационного пакета и увеличения вероятности доставки пакета за время, не превышающее допустимое, за счет распределения информационных потоков по множеству путей передачи информации. Выбрана целевая функция при решении задачи распределения информационных потоков в компьютерных сетях систем критического применения.

Усовершенствован метод определения множества путей передачи информации в компьютерной сети системы критического применения. Научная новизна метода заключается в комплексном использовании алгоритмов построения предварительной топологии и нахождения «узлов-преемников» на маршрутах к каждому адресату и исключения «зацикливания» при передаче информации в компьютерной сети системы критического применения. Предложенный метод позволяет по сравнению с известными сократить интервал стабилизации времени задержки пакетов в 2...4 раза при резких флуктуациях трафика, что делает его более приемлемым в реальных условиях динамически изменяющейся высокой интенсивности обмена информацией.

Усовершенствован метод оптимизации множества маршрутов передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения, что позволит уменьшить вероятность искажения информационных пакетов до 2...3 раз при обеспечении требуемой своевременности передачи информации о воздушной обстановке.

Усовершенствованные методы являются составляющими метода обеспечения своевременности передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения. Метод позволяет уменьшить время доставки информационных пакетов в компьютерных сетях систем критического применения до 15 раз и обеспечить своевременность передачи информации о воздушной обстановке.

Для оценки достоверности результатов, полученных с помощью математического моделирования, проведено имитационное моделирование.

В качестве рекомендаций по практическому применению метода обеспечения своевременности передачи информации в компьютерных сетях систем критического применения разработана структура процесса управления передачей информации о воздушной обстановке в режиме реального времени.

Ключевые слова: компьютерная сеть, своевременность передачи информации, интенсивность, информация о воздушной обстановке, система критического применения, маршрутизация, оптимальное множество путей.

P'ina I.V. Method of providing the opportuneness of passing the information in the computer networks of the critical application systems. Manuscript.

Dissertation on the obtaining the scientific degree of candidate of engineering sciences on specialty 05.13.05 – the computer systems and components – National Technical University “Kharkiv Politechnical Institute”, Kharkiv . 2009

It is shown in the paper, that the application of the "speed" communication channels and highly productive computing facilities, application of methods of adaptive compression and code of information, and also development and application of methods

of dynamic allocation of network resource belong to the basic methods of providing the opportuneness of passing the information in the computer networks of the critical application systems (CN of CAS) at the strictly regulated cycle of direct air traffic control.

On the basis of combining the graph and line models of CN, method of providing the opportuneness of passing the information is developed in CN of CAS. The constituents of the developed method are the following methods: method of determination of number of ways of passing the information in CN of CAS; method of finding the optimum number of routes in CN of CAS; procedures of distributing of information packages at the discovered number of routes in CN of CAS.

Keywords: computer network, opportuneness of passing the information, intensity, information about the air situation, system of critical application, routing, number of ways.

Відповідальний за випуск
к.т.н., доцент кафедри автоматики і управління
в технічних системах НТУ «ХП»
І.Г. Ліберг

Підписано до друку 04.02.2010

Папір офсетний

Ум.-друк. арк. – 1,0

Ціна договірна

Гарнітура «Times New Roman»

Формат 60×84/16

Друк – різнограф

Наклад 100 прим.

Зам. 2/19-10

Видавництво Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 2535 від 22.06.2006 р.

Друкарня Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79