

УДК 004.043

М.А. Скулиш, Є.О. Вольвач, Л.С. Глоба

Національний технічний університет України "КПІ імені Ігоря Сікорського", Київ

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ ОБСЛУГОВУВАННЯ У СКЛАДНИХ ГЕТЕРОГЕННИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

У статті запропоновано комплекс методів для керування якістю обслуговування мультисервісного потоку у гетерогенному телекомунікаційному середовищі. Проаналізовано основні проблеми контролю якості комплексної мережі, пов'язані з залученням додаткових ресурсів для обслуговування абонентів. Запропоновано системний підхід до керування системою обслуговування мобільних абонентів, яка складається з власної інфраструктури оператора зв'язку та орендованих підсистем обслуговування.

Ключові слова: мережа GSM, якість обслуговування в ТКС, оптимізація ресурсів мережі, динамічне керування ресурсами, керування параметрами QoS.

Вступ

В умовах розвитку хмарних технологій, коли на телекомунікаційному ринку з'являється все більше провайдерів телекомунікаційних підсистем обслуговування абонентів. Але на сьогоднішній день існує можливість залучення додаткових орендованих ресурсів сервера для обслуговування більшої кількості абонентів та покращення показників QoS. Оператори зв'язку можуть розраховувати на потужності орендованих ресурсів, тому постає проблема керування не лише власною інфраструктурою, але й орендованими ресурсами, постає задача керування якістю комплексної гетерогенної системи обслуговування.

Задача такої системи полягає в тому, щоб на основі показників якості обслуговування визначити кількість додаткових ресурсів, яку необхідно залучити в поточний момент часу. Тобто, блок керування системи GSM повинен вирішити два завдання: який вузол потрібно розширити і на який об'єм ресурсів. На основі цих даних укладається договір на обслуговування, у якому визначається об'єм ресурсів, які необхідно взяти у орендодавця. Додатковий об'єм ресурсів не повинен бути занадто великим (оскільки це неефективно та надто затратно) і замалим (щоб гарантувати задану якість обслуговування абонентів). Тому блок керування повинен визначити оптимальну кількість додаткових ресурсів, яка забезпечить необхідне співвідношення між витратами та якістю обслуговування відповідно до договору.

Особливо гостро дана проблема постає для безшовних технологій, які повинні забезпечувати задану якість обслуговування в місцях великого скупчення абонентів. Виникає задача територіального перерозподілу ресурсів обслуговування для забезпечення швидко змінюваних потреб абонентів. На сьогоднішній день оператор зв'язку керується лише статистичними даними про інтенсивність надходження запитів від абонентів та їх територіальний розподіл. Інформацію про активність абонентів можна використати в якості вхідних даних для динамічної зміни кількості

замовлених ресурсів для забезпечення якості обслуговування. Таким чином, виникає ще одна задача прогнозування кількості додаткових ресурсів на основі даних про поведінку абонентів протягом проміжку часу та заданої якості обслуговування. Вирішення задачі прогнозування дозволить визначити, чи потрібно додавати або згортати ресурси обслуговування, щоб уникнути надлишковості ресурсів і, разом з тим, забезпечити необхідні параметри QoS.

Управління процесом обслуговування в телекомунікаційній мережі

Гетерогенна телекомунікаційна мережа (рис. 1) складається з каналів зв'язку (фізичних та віртуальних), вузлів передачі даних (керованих апаратно та/або програмно) та обчислювального середовища, розташованого у дата центрах (як власних так і орендованих) з віртуалізованою організацією процесів обробки інформації. Частина телекомунікаційного середовища, де здійснюється надання заданої групи телекомунікаційних сервісів, називається вузлом обслуговування.

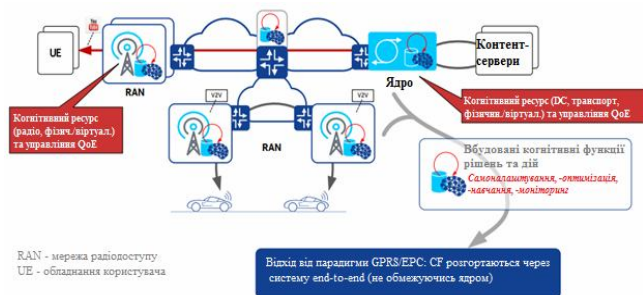


Рис. 1. Гетерогенне телекомунікаційне середовище обслуговування телекомунікаційних сервісів

Вузлами обслуговування виступають підсистеми інформаційно-телекомунікаційної системи, які мають різні технічні характеристики, а також виконують різноманітні функції такі як:

- функції взаємодії з абонентськими терміналами (базові станції),

- функції прийому та передачі потоків у транспортній системі (комутаційне обладнання),
- функції обслуговування службових інформаційних потоків (підсистеми ядра мобільного зв'язку).

Кількість споживаних ресурсів залежить від навантаження на систему, тобто від кількості операцій які виконує пристрій. Тому організація потоків навантаження на підсистеми телекомунікаційної мережі дозволить оптимізувати енергетичні витрати. Основна задача полягає в тому, щоб постає задача: розрахувати параметри для вузлів телекомунікаційної мережі таким чином, щоб загальне споживання електричної енергії було мінімальним, а якість надання послуг не змінилася.

Система управління якістю у гетерогенному телекомунікаційному середовищі вирішує проблеми організації процесу обслуговування, які виникають при функціонуванні телекомунікаційних систем та обчислювальних систем, які забезпечують телекомунікаційну систему. До основних показників якості, які можуть контролюватись відповідною системою, відносяться:

- допустимий час затримки заявок у процесі обслуговування;
- допустимий відсоток втрачених пакетів;
- коефіцієнт використання ресурсів.

Для кожного з цих показників встановлюється певний інтервал, за межі якого вони не повинні виходити. На основі відповідності поточного значення параметру QoS допустимому, обчислювальна система робить висновок про необхідність перерозподілу ресурсів або залучення додаткового об'єму.

Специфіка навантаження, що створюється телекомунікаційними сервісами, потребує спеціальних підходів до планування ресурсів. Забезпечення функціонування гетерогенного телекомунікаційного середовища на заданому рівні якості відбувається за рахунок впровадження системи управління процесом обслуговування телекомунікаційних сервісів (рис. 2).

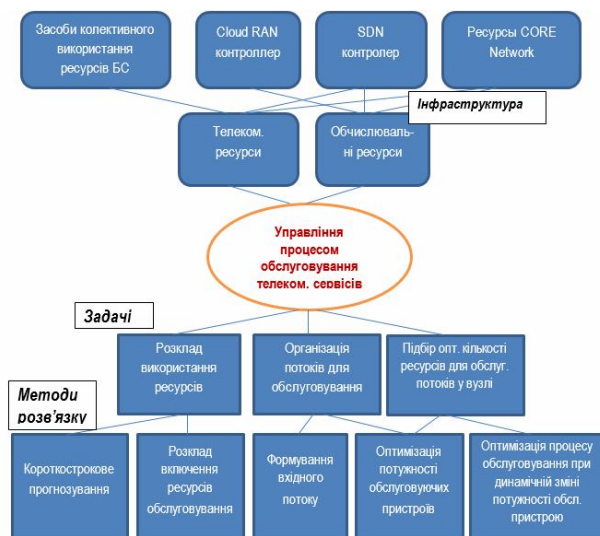


Рис. 2. Гетерогенне телекомунікаційне середовище та способи забезпечення показників якості

Розроблена система керування процесом обслуговування телекомунікаційних сервісів, є складною системою, в якій можна виділити три основні підсистеми: система формування, система моніторингу, система реагування та керівного впливу (рис. 3).

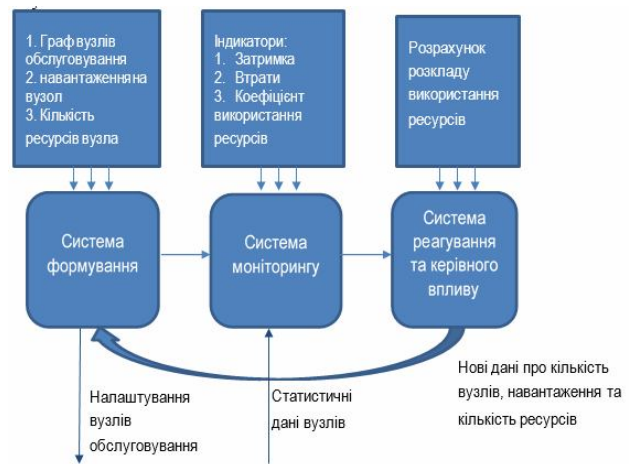


Рис. 3. Управління процесом обслуговування телекомунікаційних сервісів.

Система формування відповідно до графу вузлів визначає кількість потоків, які направляються на обслуговування вузол та кількість ресурсів обслуговування спираючись на дані статистик тестових систем та навантаження, яке плануються.

Система моніторингу поточних параметрів збирає та аналізує кількісні параметри функціонування системи. Перевіряє відповідність параметрів за вибраний період часу для відстеження тенденцій та порівняння параметрів QoS з пороговим значенням. на основі отриманих від систем формування даних та порогових значень.

Система реагування та керівного впливу приймає рішення про час зміни конфігурації, планування регулярних змін конфігурацій, передає системі формування нові значення кількості потоків навантаження та вимог до ресурсів обслуговування відповідно до вузла.

Основна задача системи керування: підтримувати показники якості обслуговуванні на заданому рівні якості, щоб поточні оцінки параметрів функціонування системи не перевищували граничних значень параметрів.

Задача керування якістю обслуговування у гетерогенній телекомунікаційній мережі

В мультисервісних мережах обслуговування однією з проблем є готовність обслуговування непередбачуваних сплесків навантаження, які з'являються в мережі у важко передбачувані моменти часу. Тому в процесі обслуговування необхідно контролювати показники якості обслуговування, затримка обслуговування окремих пакетів потоку, втрати пакетів, які надто довго простояли в черзі [1]. запропоновані ме-

тоди, направлені на формування мережі вузлів обслуговування телекомунікаційних сервісів, керування потоками телекомунікаційних сервісів з метою їх обслуговування на заданому рівні якості, та контролем коефіцієнту використання ресурсів вузлами обслуговування. Для керування якістю обслуговування абонентів у гетерогенній телекомунікаційній мережі пропонується використовувати такі методи:

1. *Метод короткострокового прогнозування навантаження* [2].

Даний метод дозволяє на основі даних статистики визначити імовірне навантаження у визначений період часу. Таким чином блок керування може приймати рішення щодо необхідності зміни конфігурації системи у випадку збільшення навантаження і навпаки.

2. *Метод побудови розкладу залучення ресурсів на основі довгострокової статистики із забезпеченням показників якості та енергоефективності* [3].

Дозволяє визначити моменти переключення системи на необхідну конфігурацію, використовуючи показники втрат заявок, значення очікуваної затримки та енергоефективність процесу обробки заявок у телекомунікаційних вузлах.

3. *Метод формування вхідного потоку навантаження для ефективного використання ресурсів обслуговування* [4].

Дозволяє визначити рекомендоване значення інтенсивності вхідного потоку, який буде направлено в обслуговуючий пристрій, виходячи з ергодичного розподілу для можливих станів системи. Таким чином можна розрахувати верхню межу для планування інтенсивності вхідного навантаження, із урахуванням бажаної допустимої затримки заявок у системі обслуговування та максимальному використанні технічних ресурсів обслуговування.

4. *Метод керування енергозбереженням при обслуговуванні абонентського навантаження групою обслуговуючих пристроїв.*

Дає можливість визначити, на скільки може бути зменшена потужність базової станції, щоб показники якості обслуговування залишилися на заданому рівні, а кількість спожитих енергоресурсів була мінімальною.

5. *Метод вибору потужності обслуговуючого пристрою, для забезпечення процесу обслуговування на заданому рівні якості для багатоканального обслуговування* [5].

На відміну від звичайного підходу щодо балансування навантаження, коли для забезпечення зростаючого навантаження додається додаткові обслуговуючі пристрої між якими виконується розподілення запитів за деяким законом, запропонований метод дозволяє при обслуговуванні телекомунікаційних сервісів, які характеризуються високою інтенсивністю вхідного потоку використовувати набір віртуальних сутностей, робота яких утворює єдиний простір обслуговування, та розрахувати параметри системи як єдиного обслуговуючого пристрою із змінною

інтенсивністю обслуговування. Комплексна система керування якістю обслуговування включає в себе використання всіх вищеперелічених методів. Ефективність використання такого підходу була доведена на етапі моделювання мережі в системі GPSS.

Управління процесом обслуговування телекомунікаційних сервісів є складним процесом, який оперує великою кількістю вхідних та вихідних даних. З метою систематизації було виділено три основні групи множин вхідних параметрів: група множин динамічно змінюваних параметрів, група множин граничних значень параметрів (рис. 4).

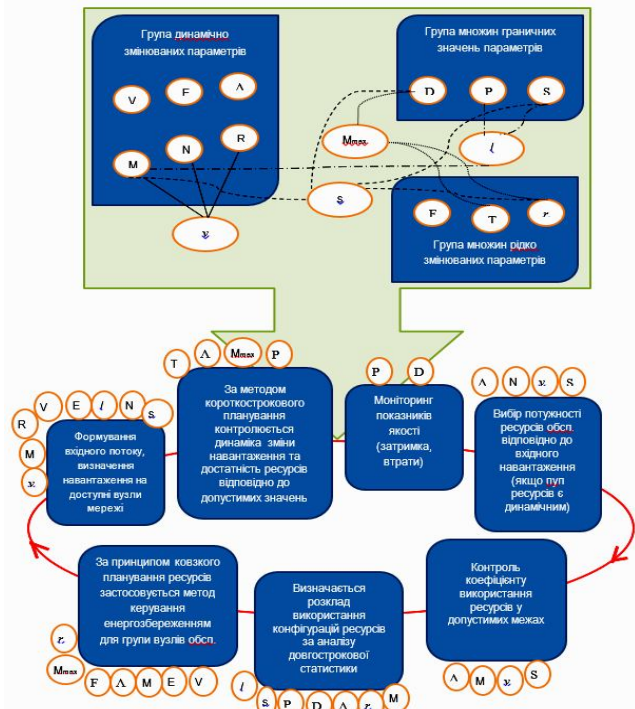


Рис. 4. Технологічний процес управління процесом обслуговування телекомунікаційних сервісів

Група динамічно змінюваних параметрів: $V = \{V\}$ – множина вузлів доступних для обслуговування; $E = \{e_{ij}\}$ – матриця зв'язності вузлів у досліджуваній момент часу; $\Lambda = \{\lambda_{ij}\}$ – множина розрахункового навантаження j -го типу сервісу на i -й вузол обслуговування; $R = \{R_{ij}\}$ – матриця доступних ресурсів, R_{ij} – кількість доступних ресурсів j -го типу в i -му вузлі обслуговування; $N = \{n_i\}$ – множина кількостей паралельних каналів обслуговування у вузлі, n_i – кількість каналів для обслуговування у i -му вузлі; $M = \{\mu_i\}$ – множина інтенсивностей обслуговування у вузлі, μ_i – поточна розрахована інтенсивність обслуговування заявок у i -му вузлі.

Група множин граничних значень параметрів: $D = \{d_{ij}\}$ – множина граничних значень затримки у вузлі для різних типів сервісів, d_{ij} – граничне значення для затримки j -го типу сервісу в i -му вузлі обслуговування; $P = \{P_{ij}\}$ – множина граничних значень для показника втрат пакетів для різних типів сервісів, P_{ij} – допустима ймовірність втрат пакетів i -го типу сервісу у вузлі обслуговування; $S = \{(S_{\min i},$

$S_{\max i}$)} – множина пар граничних значень коефіцієнту оптимального використання ресурсів i -го вузла, де $S_{\min i}$ – мінімальне оптимальне значення коефіцієнту використання ресурсів (від 0 до 100%) i -го вузла, $S_{\max i}$ – максимальне оптимальне значення коефіцієнту використання ресурсів (від 0 до 100%) i -го вузла.

Група рідко змінюваних параметрів: $F = \{f_i(\tau, \rho)\}$ – множина функцій енергоспоживання вузлів, які залежать від навантаження та конфігурації вузла. $\tau = \{\tau_{\text{conf } ij}\}$ – матриця можливих конфігурацій вузла, де i – номер вузла, j – номер конфігурації; T – множина допоміжних параметрів часу, які використовуються для формування статистичних вибірок та формування розкладу.

Група множин, що утворюється для організації розрахунків: M_{\max} – множина максимальної кількості заявок, які можуть бути обслужені у i -му вузлі за вибраної конфігурації системи, розраховується, розраховується для кожного типу сервісу на основі множин граничних значень (рис. 3); s – множина допустимих довжин черг для різних типів трафіків залежно від поточної конфігурації системи, розраховується на основі вимог до затримки, коефіцієнту використання ресурсів, та поточної інтенсивності обслуговування

Моделювання системи

При моделюванні телекомунікаційної мережі у системі GPSS, робота мережі була представлена як множина вузлів обслуговування з'єднаних логічними каналами. Розглядалися вузли обслуговування таких типів: вузли доступу 1-го типу (фіксованої потужності), вузли доступу 2-го типу (програмно керовані, змінюваної потужності), транспортні вузли 1-го типу (фіксованої потужності), транспортні вузли 2-го типу (програмно керовані, змінюваної потужності), контролери транспортних вузлів 2-го типу, вузли ядра мережі 1-го типу (фіксованої потужності), вузли ядра мережі 2-го типу (віртуальні, змінюваної потужності), вузли системи онлайн тарифікації.

Досліджувався процес обслуговування службових потоків: запитів на встановлення з'єднання різними типами сервісів. Навантаження було згенеровано відповідно до статистичних функцій запитів. Випадкові потоки подавалися на обслуговування на вузли доступу першого та другого типу. Далі запити обслуговувалися відповідно до логічного ланцюга обслуговування – з певною ймовірністю розподілялися між вузлами транспортної мережі, якщо запит попадав на транспортний вузол другого типу, то він переадресовувався на контролер транспортних вузлів, якому підпорядковувалася відповідний транспортний вузол. Далі запиту присвоювалася послідовність транспортних вузлів обслуговування, після проходження яких запит подавався на обслуговування до множини вузлів ядра мережі, де йому випадково присвоювалася послідовність вузлів обслуговування ядра мережі першого або другого типу, а також блог онлайн тарифікації.

Особливістю дослідження було виділення заданої(змінної) кількості каналів обслуговування для ко-

жного вузла обслуговування, а також організація ресурсів вузла обслуговування та зайняття ресурсів на час обслуговування запиту залежно від типу запиту.

Досліджувалися такі показники якості обслуговування запитів у розробленому середовищі обслуговування, як час виконання запиту – середній сумарний час, який запит проводить у системі, коефіцієнти втрат запитів, через перевищення довжини черги до обслуговуючого пристрою, коефіцієнти втрат для окремо взятих вузлів обслуговування, та сумарні втрати по системі. Коефіцієнти використання ресурсів обслуговування для окремо взятих вузлів та інтегральний коефіцієнт використання ресурсів мережі.

Без застосування розроблених методів обслуговування було підбрано такі параметри вхідних потоків та вузлів обслуговування, щоб показники якості обслуговування були нижчі за гранично допустимі значення. Однак використання ресурсів системи було неефективним, тобто середнє значення завантаженості ресурсів – 20%.

У той же час, як було показано у дослідженні [6], при завантаженні обчислювальних ресурсів у діапазоні від 50% до 80% електрична енергія використовується найбільш ефективно. У дослідженні [6] проводилися експериментальні дослідження по контролю споживання електричної енергії серверами дата-центру при обслуговування потоку обчислювальних задач, експериментально було отримано функціональну залежність спожитої енергії від об'єму використаних ресурсів (оперативної пам'яті, частки процесорного часу, використаного дискового простору).

З метою дослідження поведінки комплексної гетерогенної мережі роботу наведеної імітаційної моделі було вдосконалено за рахунок впровадження системи керування потоками та ресурсами обслуговування у вузлах. Оптимізація проводилася у декілька етапів. Першим етапом було сформувати вхідний потік на вузол обслуговування, таким чином, щоб середнє значення коефіцієнту завантаженості ресурсів в процесі обслуговування попадало в діапазон [50%,80%], затримка у вузлі не перевищувала допустиме значення (10мс), виконувалися ймовірність втрат пакетів у вузлі не перевищувала 0,005. Для цього для кожного вузла відповідно до поточної конфігурації ресурсів виконувалася розрахунок кількості запитів які спрямовувалися на обслуговування у даний вузол за методом формування вхідного потоку. Під формуванням вхідного потоку розуміється виділення частки загального навантаження на вузли доступу пропорційно розрахунковим значенням допустимого навантаження відповідних вузлів.

З метою імітації реальних процесів у телекомунікаційному середовищі, середнє значення вхідного навантаження на вузли доступу змінювалося відповідно до заданої функції, яка відображає статистику реальних запитів. Для забезпечення ефективного керування ресурсами розраховуються можливі конфігурації ресурсів вузлів обслуговування. Вузли першого типу

мають фіксовану конфігурацію, а вузли другого типу можуть гнучко змінювати кількість ресурсів обслуговування. Тому відповідно до методу вибору потужності обслуговуючого пристрою, для забезпечення процесу обслуговування на заданому рівні якості для багатоканального обслуговування виконується розрахунок потужності ресурсів обслуговування. З метою планування процесу керування обслуговуванням, за методом побудови розкладу залучення ресурсів розраховуються моменти переключення між конфігураціями системи. З метою контролю достатності ресурсів у вузлах обслуговування ведеться моніторинг кількості заявок, що надходять на обслуговування у одиницю часу. Відповідно до запропонованого методу контролю проводиться аналіз достатності ресурсів, для цього оцінюється статистична інформація за останні 10 хвилин, а також прогнозується навантаження на наступні 2 хв.

Якщо метод короткострокового прогнозування навантаження показав, що у наступні 2 хвилини поточної конфігурації ресурсів буде недостатньо для обслуговування потоку, система переводиться на більш потужну конфігурацію ресурсів. Проведене моделювання показало, що при використанні низки запропонованих методів, загальна кількість ресурсів які було залучено для обслуговування потоку зменшилась на 19%, а середній коефіцієнт використання ресурсів збільшився з 20% до 45%, що підтверджує ефективність запропонованих рішень.

ВИСНОВКИ

Запропонований комплекс методів керування якістю обслуговування гетерогенних систем дозволяє оптимізувати використання ресурсів мережі зі збереженням заданих параметрів QoS. Система контролю на основі показників якості обслуговування визначає кількість додаткових ресурсів, яку необхідно залучити в поточний момент часу. Таким чи-

ном можна розширити можливості мережі у моменти пікового навантаження і уникнути простою ресурсів під час зменшення інтенсивності потоку.

Для доведення ефективності запропонованих методів було проведено моделювання у системі GPSS. Результати моделювання показали, що застосування комплексної системи керування якістю обслуговування дозволяє оптимізувати використання ресурсів мережі під час обслуговування абонентів.

Список літератури

1. Беблей М.І. Розвиток методів передавання даних реального часу шляхом вдосконалення процесів пріоритетизації потоків у маршрутизаторах / М.І. Беблей, В.В. Червенець, І.В. Демидов, В.І. Романчук, О.М. Панченко // Системи обробки інформації Національний університет "Львівська політехніка". – , 2016. – Випуск 5 (142)
2. Skulysh M. Planning the loading of data centers' resources based on download statistics / M. Skulysh, L. Globa // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радиоапартобудування, No 65 (2016), сс. 62-72
3. Skulysh M. The method of resources involvement scheduling based on the long-term statistics ensuring quality and performance parameters / M. Skulysh // International Conference. Radio Electronics & Info Communications (UkrMiCo). – 2017.
4. Skulysh M. The method of calculating the optimum load on the LTE base station / M. Skulysh // IEEE 2nd International Conference Advanced Information and Communication Technologies-2017 (AICT'2017). – Lviv, Ukraine. – 2017.
5. Stepurin O. Experimental research of power consumption in distributed data center / O. Stepurin, L. Globa // Proceedings of 2015 1st Int. Conf. on Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015), Lviv, Ukraine, October 29 – November 1, 2015, p. 15-17

Надійшла до редколегії 26.10.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЛОЖНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М.А. Скулиш, Е.А. Вольвач, Л.С. Глоба

Основная проблема управления качеством обслуживания телекоммуникационной сети заключается в том, что оператор мобильной связи руководствуется только собственной инфраструктурой обслуживания абонентов и применяемыми технологиями. Но на сегодняшний день существует возможность привлечения дополнительных арендованных ресурсов сервера для обслуживания большего количества абонентов и улучшения показателей QoS. В данной статье предложен комплекс методов для управления качеством обслуживания гетерогенных телекоммуникационных систем. Проанализированы основные проблемы контроля качества комплексной сети, связанные с привлечением дополнительных ресурсов для обслуживания абонентов. Сформулирована задача определения необходимого количества дополнительных ресурсов в текущий момент времени и предложены способы ее решения.

Ключевые слова: сеть GSM, качество обслуживания в ТКС, оптимизация ресурсов сети, динамическое управление ресурсами, управление параметрами QoS.

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN COMPLEX HETEROGENEOUS TELECOMMUNICATION SYSTEMS

M.A. Skulysh, Ye.O. Volvach, L.S. Globa

The main problem of quality management of the telecommunications network is that the mobile operator is guided only by its own customer service infrastructure and by the used technologies. However, today there is an opportunity to implicate additional leased server resources to serve more subscribers and improve QoS performance. This article proposes a set of methods for managing the quality of service of heterogeneous telecommunication systems. The main problems of quality control of an integrated network, connected with the implication of additional resources for servicing subscribers, are analyzed. The problem of determining the necessary number of additional resources at the current time is formulated and the ways of its solution are proposed.

Keywords: GSM network, quality of service in TCS, optimization of network resources, dynamic resource management, QoS parameters control.