

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Соловйова Олександра Віталійовича

“Метод оптимізації функціонування VoIP мережі на основі вибору маршруту голосового виклику”,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертації. В даний час стрімкими темпами відбувається розвиток сучасних телекомунікаційних мереж на базі VoIP. Через здешевлення та розвиток широкосмугових каналів передачі даних VoIP телефонія витісняє послуги телефонних мереж загального користування (ТМЗК) стрімкими темпами. За даними бази даних GlobalComms TeleGeography Database Service, наприкінці 2021 року кількість користувачів VoIP вже перевищить кількість користувачів класичної ТМЗК. Телекомунікаційні компанії, під впливом ринку, почали мігрувати з застарілих мереж на мережі, побудовані на базі VoIP обладнання. Ці мережі дешевші в обслуговуванні і вони надають широкий спектр послуг. Однією з особливостей VoIP є доступність послуги від провайдера незалежно від наявності фізичного включення у його мережу, це дозволяє організаціям, операторам власних VoIP систем будувати VoIP trunk (віртуальний канал між оператором і провайдером, що працює поверх мережі IP), з декількома провайдерами VoIP телефонії одночасно.

Сучасні організації, оператори власних VoIP систем, з метою реалізації можливостей підключення до доступних їм провайдерів VoIP, що забезпечують транспорт та обробку голосового трафіка, використовують в якості корпоративних телефонних серверів Softswitch 5 класу. Однак функціональні можливості цих Softswitch поки що використовуються не у повній мірі. Зокрема, вони поки що не здатні у реальному часі в автоматичному режимі без участі адміністраторів телефонного сервера оптимізувати процес маршрутизації телефонних викликів з урахуванням тонкої структури тарифних політик та умов сервісних угод (SLA), які уклала ця організація з провайдерами, до яких підключений корпоративний телефонний сервер. Таке урахування дозволить корпорації, перш за все, знизити вартість кожного телефонного виклику, що виходить за межі її локальних корпоративних доменів.

У багатьох випадках суттєве значення для операторів має гнучкість у виборі маршрутів телефонних викликів, тобто швидка автоматична реакція у реальному часі на зміни у станах та умовах функціонування будь-яких

№ 009.10/2020
Відг. 23.10.2020

елементів створеної засобами Softswitch віртуальної корпоративної телефонної мережі шляхом відповідного коригування таблиць маршрутизації на телефонних серверах. Вкрай бажано, щоб виникнення будь-яких нештатних або, навіть, штатних, але випадкових подій чи ситуацій, у робочому середовищі створеної віртуальної мережі знайшло відповідне відображення у таблицях маршрутизації Softswitch. Завдяки такій гнучкості можливо суттєво підвищити надійність та якість телефонного зв'язку у порівнянні з існуючими технологіями використання Softswitch на корпоративних телефонних мережах.

Тому значний інтерес представляють дослідження та розробка телекомунікаційних систем, здатних забезпечувати автоматизацію вибору маршруту проходження голосового виклику з урахуванням параметрів якості та вартості, а також їх змін у реальному часі, що трансформує статичну систему голосового VoIP зв'язку у гнучку динамічну систему, здатну самотужки реагувати на зміни у якості послуг провайдерів вищого рангу.

Вищезгадані задачі, які вирішувались в даній дисертаційній роботі, обумовлюють її актуальність.

Дисертаційна робота Соловйова О.В. пов'язана з актуальними науково-практичними розробками, що відповідають тематиці науково-дослідних робіт Науково-дослідного інституту прикладної електроніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» згідно з Законом України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Виконані в дисертації дослідження проводились в рамках НДР «Дослідження факторів і ступеня їх впливу на якість, вартість VoIP зв'язку, безпеку і продуктивність корпоративних IP мереж з підтримкою технології VoIP».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертаційна робота Соловйова О.В. є кваліфікаційною науковою працею, написаною ним власноручно.

Обсяг дисертаційної роботи, що містить вступ, п'ять розділів, висновки і додатки, становить 149 сторінок.

У вступі наведені актуальність, мета та завдання дослідження, наукова новизна, практичне значення одержаних результатів, дані про впровадження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У першому розділі для визначення задач, які необхідно вирішити, автор послідовно, системно надав узагальнену характеристику технологіям маршрутизації голосового та IP-трафіку, провів аналіз існуючих принципів побудови VoIP мереж, визначив особливості динамічної маршрутизації IP трафіку, які можна використати для розробки технології динамічної

маршрутизації VoIP викликів. Наявні технології динамічної маршрутизації голосових викликів розглядаються з критичної точки зору, оскільки майже в кожному із наявних на ринку рішень присутні недоліки.

Одним із шляхів вдосконалення наявних технологій динамічної маршрутизації голосових викликів автор вважає розробку Методу оптимізації функціонування VoIP мережі на основі вибору маршруту голосового виклику, відмінною особливістю якого є урахування особливостей протоколу динамічної маршрутизації у IP – BGP. Аналогічно до BGP, автор планує розраховувати метрику порівняння провайдерів VoIP для вибору найоптимальнішого.

У другому розділі розглянуті: питання оптимізації й реорганізації структурно-функціональної побудови опорної IP-мережі для задоволення вимог VoIP; існуючі підходи до забезпечення безпеки. Обґрунтовано використання комбінації протоколів SRTP та TLS.

Автор зауважив, що під час побудови системи VoIP зв'язку на базі наявної IP-мережі без її реорганізації, виникає серйозна проблема захисту від несанкціонованого доступу до VoIP обладнання (центрального Softswitch, IP АТС, IP-телефони та ін.) з корпоративної мережі. Оскільки SIP Softswitch не вимагає високої продуктивності апаратного забезпечення сервера, на якому працює, то за наявності вільного доступу з корпоративної мережі він може бути виведений з ладу простою DDoS-атакою внутрішньої ботнет мережі.

Автором, на основі власного практичного досвіду вирішення подібних проблем, запропоновано методику оптимізації й реорганізації структурно-функціональної побудови опорної IP-мережі з урахуванням вимог продуктивності, безпеки та оптимізації витрат на обслуговування й адміністрування.

У третьому розділі: наведено узагальнену структуру корпоративної VoIP мережі; показано різні способи підключення внутрішніх абонентів до центрального Softswitch, який виконує вибір маршруту з доступних за цим напрямком провайдерів через зовнішні лінії зв'язку; наведено вхідні дані для побудови математичної моделі розрахунку метрики для вибору провайдера з метою оптимізації співвідношення якість/ціна зв'язку, шляхи їх отримання й обробки.

Дисертаційна робота позитивно характеризується глибоким системним підходом до розробки та аналізу методів підвищення ефективності систем VoIP зв'язку. Автор досліджує роботу центрального Softswitch під час вибору маршруту за допомогою побудови узагальненої моделі вибору провайдера. Автор дуже докладно пояснює принципи вибору маршруту у Softswitch на прикладі цієї моделі, що дозволяє йому розробити алгоритм і зробити вибір значущих параметрів, необхідних для вибору маршруту. Наведена автором

модель може використовуватись при дослідженні інших аспектів роботи сучасних VoIP систем.

Вхідні дані автор пропонує отримувати з сервісу CDR, що широко використовується операторами та провайдерами VoIP. У більшості випадків саме CDR використовується для розрахунку кінцевої вартості дзвінка для абонента і на підставі даних з CDR виставляються рахунки абоненту. CDR є основним інструментом для роботи операторського білінгу.

Важливою складовою третього розділу є обґрунтування вперше запропонованих автором нових параметрів якості, які характеризують короткострокові зміни якості зв'язку.

У четвертому розділі автор запропонував вдосконалити маршрутизацію за LCR, додавши до порівняння показники якості, описані в попередніх розділах. Автор пропонує замість вартості порівнювати метрику Q , що враховує всі необхідні параметри; її можна подати у вигляді розкладання в ряд Тейлора першого порядку, оскільки потрібно знайти ступінь впливу зміни кожного з параметрів на зміну функції без урахування попарного і більш високих порядків впливу зміни параметрів на ступінь зміни функції. За допомогою регресійного аналізу та оптимізації вагових коефіцієнтів автором знайдено необхідні вагові коефіцієнти перед параметрами вибору. З цими ваговими коефіцієнтами цільова функція оптимізації, яка є сумою абсолютних значень різниці між експертними і розрахованими значеннями рангу, дорівнює нулю. Отримані коефіцієнти в моделі розрахунку метрики для вибору провайдера дали змогу запропонувати алгоритм вибору провайдера, в основу якого було покладено цю модель.

Порівняльне оцінювання впливу аналізованих чинників на результативну ознаку засвідчило, що найбільш значущі змінні в розглянутому рівнянні – нові параметри якості, запропоновані автором. Цей результат добре узгоджується з описом змінних у попередньому розділі. Негативне значення вагового коефіцієнта вартості є логічним, оскільки будується така модель вибору, при якій найкращим вибором буде максимум якості за мінімум ціни.

У цілому четвертий розділ має вагому наукову та практичну цінність для вирішення прикладних задач підвищення ефективності систем VoIP зв'язку та розробки сучасних програмних маршрутизаторів VoIP викликів.

Слід відзначити, що розраховані параметри вагових коефіцієнтів дійсні тільки для описаних автором випадків та для адміністраторів, що беруть участь в експерименті.

Позитивним результатом можна вважати сходження цільової функції оптимізації до нуля, що означає відсутність відмінностей між вибором адміністраторів та вибором запропонованої системи.

У п'ятому розділі: здійснено моделювання запропонованого алгоритму і розрахованих коефіцієнтів з погляду адекватності та порівняння отриманих результатів з існуючими технологіями маршрутизації; запропоновано Метод оптимізації функціонування VoIP мережі на основі вибору маршруту голосового виклику.

Автором розроблена імітаційна модель проходження голосового виклику в системі маршрутизації та білінгу VoIP у середовищі Matlab, яка заснована на узагальненій моделі вибору провайдера, що дало змогу проаналізувати запропоновані розробки та оцінити їх вплив на роботу VoIP мережі без втручання в роботу мережі VoIP зв'язку існуючих операторів. Для наочності зв'язків між різними даними, використаними у роботі моделі, автором наведено блок-схему імітаційної моделі. Імітаційна модель, запропонована автором, базується на узагальненій моделі вибору провайдера та алгоритму вибору провайдера з третього розділу дисертації. Автором наведено блок схему алгоритму імітаційної моделі, також надано повний лістинг ПЗ у додатках.

Грунтуючись на отриманих у розділах 1–5 результатах, відповідно до розроблених моделей та заявленому у першому розділі концепті, автором запропоновано метод оптимізації функціонування VoIP мережі. У запропонованому автором методі описані всі кроки, необхідні адміністратору для оптимізації функціонування VoIP мережі, всі ці кроки розглянуто докладно у розділах 2-5.

У результативному CDR, отриманому після моделювання роботи системи із застосуванням запропонованого алгоритму, значення ASR вище за мінімальне значення ASR на 7,82% та вище ніж змодельоване з використанням LCR на 4,53%, значення ACD під час використання запропонованого алгоритму значно перевищує як початкові значення, які отримані під час використання LCR, так і максимальні. Описані вище результати свідчать про працездатність запропонованого алгоритму вибору найкращого провайдера, який є результатом використання запропонованого методу. Зростання показника ASR передбачає, що кількість успішних викликів стало більшою, відповідно, невдалих менше. ACD показує середню тарифіковану тривалість дзвінка, відповідно.

Достовірність і новизна отриманих результатів, наукових положень, висновків та рекомендацій. Результати дисертаційної роботи викладені послідовно, систематично, а також відповідають поставленим задачам. Достовірність наведених результатів підтверджується збігом теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень, а також коректним застосуванням математичного апарату, математичної статистики.

Наукова новизна дисертаційної роботи Соловйова О.В. полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано метод оптимізації функціонування VoIP мережі на основі динамічного вибору маршруту голосового виклику, який, на відміну від існуючих, спирається на математичну модель розрахунку метрики для вибору провайдера за критеріями якості та вартості. Це дало змогу підвищити співвідношення якість/ціна VoIP зв'язку та рівень автоматизації VoIP мережі.

2. Вперше запропоновано узагальнену модель вибору провайдера для системи телефонного зв'язку, що дало змогу за наявності значної кількості параметрів формалізувати роботу мережі VoIP зв'язку під час вибору провайдера для вихідного дзвінка.

3. Вперше розроблено математичну модель розрахунку метрики для вибору провайдера з урахуванням вартості та параметрів якості, зокрема, вперше запропоновано синтетичні параметри, що характеризують якість зв'язку за короткий проміжок часу. Використання запропонованих параметрів якості дало змогу значно зменшити час реагування системи на деградацію рівня сервісу.

4. Розроблено нову імітаційну модель проходження голосового виклику в системі маршрутизації та білінгу VoIP, яка заснована на узагальненій моделі вибору провайдера, що дало змогу проаналізувати запропоновані розробки та оцінити їх вплив на роботу VoIP мережі без втручання в роботу мережі VoIP зв'язку існуючих операторів.

Практична цінність роботи. Практична цінність результатів дослідження підтверджується використанням розроблених рішень при налаштуванні Softswitch підприємств реального сектору економіки України та ЄС, таких як SKD Kutna Hora a.s. – Чеська Республіка та ТОВ «Укрспецком» – Україна.

Теоретичні положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи використовувались у навчальному процесі Запорізької державної інженерної академії. Використання результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

Повнота викладу основних результатів та висновків в опублікованих працях. За матеріалами дисертації опубліковано 12 робіт, які розкривають зміст дисертаційної роботи і серед яких статті та тези доповідей на вітчизняних та Міжнародних науково-технічних конференціях.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації. Розбіжності між змістом автореферату та змістом представленої дисертаційної роботи відсутні.

Відповідність дисертаційної роботи спеціальності. Дисертаційна робота Соловйова О.В. відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

Зауваження до роботи.

1. У другому розділі дисертації автором наведено методикку оптимізації та реорганізації структурно-функціональної організації опорної IP мережі для задоволення вимог VoIP, яка в своїй основі є загальновідомим методом поділення мережі на логічні сегменти.

2. У третьому розділі автором запропоновано узагальнену модель вибору провайдера, яка докладно описує процес вибору маршруту у Softswitch, та, на жаль, автором не запропоновано варіантів подальшого практичного та наукового використання цієї моделі.

3. У четвертому розділі автор недостатньо докладно описує оптимізацію вагових коефіцієнтів функції розрахунку метрики порівняння провайдерів Q за допомогою еволюційного методу, який використовує генетичні алгоритми. Автор обмежується тільки наведенням результатів оптимізації, що може викликати підозри в достовірності обраних методів оптимізації та їх результатах.

4. У п'ятому розділі автор аргументує використання програмної імітаційної моделі, замість впровадження запропонованих рішень в існуючу систему VoIP зв'язку, проте у додатках автор наводить акти впровадження запропонованих рішень у виробництво. Доцільно було б навести результати роботи справжньої VoIP системи у порівнянні з результатами імітаційного моделювання.

Проте, наведені недоліки не впливають на наукову значимість цієї дисертаційної роботи.

Загальні висновки

У цілому дисертаційна робота “Метод оптимізації функціонування VoIP мережі на основі вибору маршруту голосового виклику” є завершеною працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують задачу підвищення ефективності функціонування VoIP мереж шляхом використання запропонованого методу на основі динамічного вибору маршруту голосового виклику, який спирається на математичну модель розрахунку метрики для вибору провайдера за критеріями якості та вартості, використання яких дозволяє покращити співвідношення якість/ціна VoIP зв'язку та підвищення рівня автоматизації VoIP мереж.

Робота написана на високому науковому рівні, викладена логічно, послідовно із застосуванням загально прийнятої наукової термінології.

За актуальністю розглянутих питань, обсягом виконаних досліджень, теоретичною і практичною цінністю одержаних результатів, ступенем апробації та впровадженням дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету міністрів № 567 від 24 липня 2013 року (зі змінами, внесеними згідно з постановами КМ № 656 від 19.08.2015 року, № 1159 від 30.12.2015 року, № 567 від 27.07.2016 року) та вимогам МОН України до кандидатських дисертацій і авторефератів, а її автор Соловійов Олександр Віталійович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – Телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент,
завідуюча кафедри комп'ютерної
інженерії Державного університету
телекомунікацій,
доктор технічних наук, доцент



О.М. Ткаченко

Підпис Ткаченко О.М.

Засвідчую

Учений секретар ДУТ



О.В. Попов