УДК 621.396.2
DOI: https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-14-5
Баховський П.Ф., к.т.н., М.М. Євсюк к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МОДЕЛЮВАННЯ НАДАННЯ ПОСЛУГ ЗА КОНЦЕПЦІЄЮ VTF

Висвітлено окремі процеси моделювання надання послуг за концепцією VTF з урахуванням перспективних технологій і рекомендацій МСЕ. Виділено концепції надання додаткових послуг в мережах мобільних телекомунікацій. Наведені характеристики процесів функціонування телекомунікаційних мереж за допомогою математичних моделей.
Ключові слова: *концепція VTF, імітаційне моделювання,*

Постановка проблеми. Сьогодні якість надання послуг мобільними телекомунікаціями досить висока і може задовільнити практично більшість користувача. Проте, не дивлячись на значну різноманітність мобільних телекомунікацій, що надаються третім і четвертим поколіннями вони в принципі поки що не спроможні задовільнити нові вимоги які виникатимуть в найближчій перспективі. До них належить високошвидкісний обмін даними , висока місткість та пропускна спроможність, якість передачі мови і даних та глобальна місткість [4]. Вищесказане повною мірою відноситься і до завдань оцінки сценаріїв реалізації концепції *VTF*, які були вирішені в окремих публікаціях [1-3]. Як критерій оцінки будь-якого з цих сценаріїв був вибраний ступінь його задоволення якості реалізації послуг, яка представлена у відповідних рекомендаціях *ITU-T*. Для знаходження заданих у цих рекомендаціях величин була створена математична модель, що містить в собі ряд допущень. Дослідження характеристик процесів функціонування телекомунікаційних мереж за допомогою математичних моделей часто приводить до отримання складних аналітичних виразів, які важко застосовні на практиці. Більш того, створювані математичні моделі звичайно містять в собі ряд спрощень, які можуть привести до зниження достовірності отримуваних результатів.

Вищесказане повною мірою відноситься і до завдань оцінки сценаріїв реалізації концепції *VTF*, які були вирішені аналітичними методами. Як критерій оцінки будь-якого з цих сценаріїв був вибраний ступінь задоволення якості реалізації послуг, яка представлена у відповідних рекомендаціях *ITU-T*. Для знаходження заданих в цих рекомендаціях величин була створена математична модель, що містить в собі ряд допущень.

Отримані математичні вирази для $P(\gamma > t)$ і $\overline{t}_1$ дозволяють оцінювати будь-який сценарій реалізації концепції *VTF*, порівнюючи його з відповідними нормами: $P\left(\gamma > t_1^*\right) \le P^*$ і $\overline{t}_1 \le \overline{t}_1^*$.

З урахуванням вищесказаного, можемо зробити висновок про те, що разом з аналітичними методами можна використовувати методи імітаційного моделювання.

Завдання імітаційного моделювання реалізації послуг в рамках концепції *VTF* можна звести до постановки експерименту на ЕОМ, який дозволить за заданих умов визначити функціональні залежності $P(\gamma > t) = f(t)$ та $\overline{t} = f(p)$ умовної імовірності часу реалізації послуги і його середнього значення відповідно.

Отримані математичні вирази дадуть можливість оцінювати окремі сценарії реалізації концепції *VTF*, порівнюючи їх з відповідними нормами та вимогами.

Аналіз останніх досліджень. Використаємо методи імітаційного моделювання. Завдання імітаційного моделювання реалізації послуг у рамках концепції *VTF* можна звести до постановки програмного забезпечення, яке дозволить за заданих умов визначити функціональні залежності та умовної імовірності часу реалізації послуги і його середнього значення відповідно. Моделюванню піддавався процес реалізації послуг набору *CS*-1. Текст програми імітаційної моделі наведений у додатку [4].

У процесі імітаційного моделювання розглядаються наступні завдання:

– дослідження процесу реалізації послуг компонентами мереж мобільних телекомунікацій;

© Баховський П.Ф., к.т.н., М.М. Євсюк к.т.н.

– отримання таких імовірнісно-часових характеристик, які дозволять проводити оцінку досліджуваного сценарію реалізації концепції *VTF* за заданими критеріями.

Процес реалізації і-ї послуги ініціюється надходженням заявки на цю послугу, тобто спрацьовуванням тригерної точки, і полягає у виконанні ланцюжка з *J* функцій (фаз), необхідних для її реалізації. Залежно від сценарію реалізації концепції *VTF*, кожна компонента обслуговуючого приладу –ОП, як домашньої (підтримуючої), так і візитної мережі, може брати участь у реалізації і-ї послуги, виконуючи певне число фаз.

У термінах класифікації Кендала-Башаріна [5], кожен ОП можна формалізувати записом загального вигляду: G/G/1, що означає довільний розподіл надходження числа заявок на кожен ОП, довільний час, що витрачається на обслуговування заявки, один прилад обслуговування, необмежене число місць для очікування в черзі і нескінченне число джерел заявок на обслуговування. Процес реалізації будь-якої послуги набору *CS*-1 може містити в собі різне число фаз. При цьому в більшості випадків, *J* складає 3...13. У загальному випадку потік поступаючих заявок на кожен ОП є випадковим. Припустимо, що потік заявок на ОП від різних послуг, а також заявки пов'язані з надходженням вже існуючого навантаження, утворюють суму великого числа незалежних стаціонарних ординарних потоків, вплив кожного з яких в цій сумі надзвичайно малий. При цих допущеннях сумарний потік близький до простого. Даний факт, підтверджений рядом досліджень, проведених різними методами, дозволяє перейти до дослідження, з аналітичної точки зору, спрощеної моделі M/G/l, що означає простий вхідний потік заявок на обслуговування M, довільний час що витрачається на обслуговування заявки G, один прилад обслуговування, необмежене число місць для очікування в черзі і нескінченне число джерел навантаження. Перед кожним обслуговуючим приладом, що виконує j-у фазу реалізації і-ї послуги утворюється черга, в яку надходять заявки не тільки від і-ї послуги, але й від інших послуг, а також заявки, пов'язані з надходженням вже існуючого навантаження.

З урахуванням вищесказаного, при написанні програми імітаційної моделі використані наступні початкові дані:

– генерація потоку заявок від і-ї послуги, від інших послуг, а також заявки пов'язані з надходженням вже існуючого навантаження, що здійснюється за допомогою давача псевдовипадкових чисел, що рівномірно розподілені в інтервалі: 0, 1;

– час обслуговування заявки в ОП задається за допомогою давача псевдовипадкових чисел, рівномірно розподілених в заданому інтервалі.

– дисципліна обслуговування заявок *S* без пріоритету;

– моделювання проведено за умови, що всі ОП мають однакове навантаження – *p*;

– на кожному ОП, окрім першого, виконується по одній фазі реалізації і-ї послуги;

– на першому ОП виконується дві фази реалізації і-ї послуги (перша й остання).

Як показано раніше, процес реалізації будь-якої послуги набору *CS*-1 може містити в собі різне число фаз. При цьому в більшості випадків, J складає 3...13.

Перед кожним обслуговуючим приладом, що виконує j-у фазу $\left(j=\overline{1,J}\right)$ реалізації і-ї послуги $\left(i=\overline{1,I}\right)$, утворюється черга, в яку поступають заявки не тільки від і-ї послуги, але й від інших послуг, а також заявки, пов'язані з надходженням вже існуючого навантаження.

Результати імітаційного моделювання при числі фаз реалізації послуги $J=3...13$ і завантаженнях ОП $p=0{,}5-0{,}9$, представлені на рис.1. у вигляді залежностей $P\left(\gamma>t\right)=f\left(t\right)$ та $\overline{t}=f\left(p\right)$.

Отримані залежності дозволяють оцінювати досліджуваний сценарій реалізації концепції віртуального домашнього оточення, порівнюючи його з відповідними нормами: $P\left(\gamma>t_1^*\right)\le P^*$ і $\overline{t}_1\le\overline{t}_1^*$.

Зіставимо результати імітаційного моделювання і результати, отримані в розділі 3 [4] .

Ці два методи визначення залежності $P\left(\gamma>t\right)=f\left(t\right)$ для практики мають задовільну розбіжність (не більше 10%) [4] при p =0,5...0,8 $J=3...13$ і $t=0...55$ одиниць модельного часу. Результати імітаційного моделювання і результати, приведені на рис.1 для визначення залежності $\overline{t}=f\left(p\right)$, мають задовільну для практики розбіжність при завантаженні всіх ОП від 0,5 до 0,7 і числі фаз реалізації послуги від 3 до 11.

© Баховський П.Ф., к.т.н., М.М. Євсюк к.т.н.

Відсутність повного збігу результатів, отриманих аналітичними методами і методом імітаційного моделювання, пояснюється тим, що при побудові моделей в тому і другому випадках були зроблені різні допущення. Тому для оцінки сценаріїв реалізації концепції *VTF* доцільно використовувати разом з аналітичними методами також і розроблену імітаційну модель.

Окремі фрагменти результатів імітаційного моделювання при визначенні числа фаз реалізації послуги і навантаженнях ОП , представлені на рис.1 у вигляді сформованих залежностей.

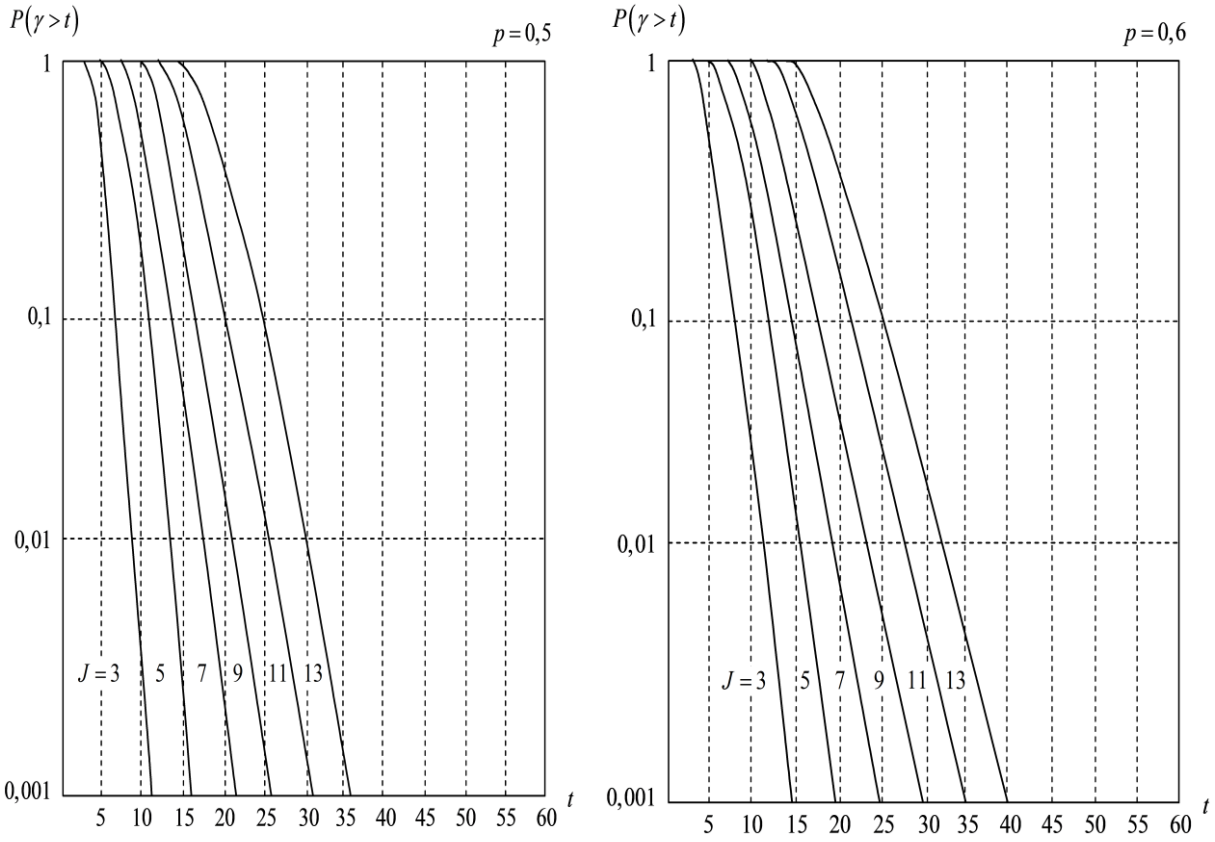

Рис. 1. Функція розподілу

Отримані залежності дозволяють оцінювати досліджуваний сценарій реалізації концепції віртуального домашнього оточення, порівнюючи його з відповідними нормами.

Результати імітаційного моделювання отримані в розділі 3 [4].

Методи визначення залежності для практики мають задовільну розбіжність (не більше 10%) при заданому числі одиниць модельного часу. Результати імітаційного моделювання для визначення залежності , мають задовільну для практики розбіжність при завантаженні всіх ОП від 0,5 до 0,7 і числі фаз реалізації послуги від 3 до 11.

Відсутність повного збігу результатів, отриманих аналітичними методами і методом імітаційного моделювання, пояснюється тим, що при побудові моделей в першому і другому випадках були зроблені різні допущення, тому для оцінки сценаріїв реалізації концепції *VTF* доцільно використовувати разом з аналітичними методами також і розроблену імітаційну модель.

Висновки. 1. Опрацьована математична модель реалізації послуг у рамках концепції *VTF*, яка дозволяє оцінити ступінь задоволення споживача якістю послуг, які можуть надаватися в рамках концепції.

2. Отримані вирази для оцінки часу, який витрачається на доставку заявок між компонентами мереж мобільних телекомунікацій четвертого покоління, що беруть участь в реалізації концепції *VTF*.

© Баховський П.Ф., к.т.н., М.М. Євсюк к.т.н.

3. Зіставлення розрахункових і експериментальних результатів показує, що при оцінці варіантів структурно-функціональної побудови концепції *VTF* можливе використання аналітичного методу або методу імітаційного моделювання, а також їх поєднання.

Інформаційні джерела:

1. Баховський П.Ф., Євсюк М.М. Застосування моделі Ерланга до аналізу обміну даними у системах мобільного зв`язку. Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи. Міжнародна науково-технічна конференція НТУУ КПІ. – Київ, 2014. – С. 152-155**).**

2. Баховський П.Ф., Євсюк М.М. Кількісний опис виграшу за рахунок м'якого автоматичного перемикання секторів у висхідній радіолінії систем мобільного зв'язку // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи. Міжнародна науково-технічна конференція НТУУ КПІ. – Київ, 2015. – С. 151-153**).**

3. Баховський П.Ф., Євсюк М.М. Окремі методи підвищення використання потоків у мобільних телекомунікаційних мережах. Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи. Міжнародна науково-технічна конференція НТУУ КПІ. – Київ, 2016. - с. 132-134.

4. Баховський П.Ф. Матеріали дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук «Методи забезпечення якості сервісу при впровадженні віртуальних технічних функцій в мобільних телекомунікаційних мережах». Українська державна академія залізничного транспорту.// Харків-2010.

5.Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания [Текст] /Б.В Гнеденко, И.Н. Коваленко.- М.: Наука, 1987. – 336с.

П.Ф. Баховский, Н.Н. Евсюк
Луцкий национальный технический университет

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Изложены отдельные аспекты развития систем мобильной связи с учетом перспективных технологий и рекомендаций МСЭ. Рассмотрены преимущества и недостатки некоторых сценариев реализации концепции VTF. Приведены основополагающие замечания относительно технических характеристик внедренных проектов построения сетей мобильных телекоммуникаций, с учетом потенциальных возможностей внедрения любого сценария реализации виртуальных технических функций за заданным качеством в сетях проекта SAE / EPS. Обобщены концепции предоставления дополнительных услуг в сетях мобильных телекоммуникаций: узлов услуг (Service nodes); «классической» интеллектуальной сети связи IN.

Ключевые слова: *системы мобильной связи, сети мобильных телекоммуникаций, проект SAE / EPS.*

P. Bakhovskiy, M. Yevsiuk
Lutsk National Technical University

SPECIFIC ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF MOBILE TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Some aspects of the development of mobile communication systems are considered in the light of advanced technologies and recommendations of ITU. The advantages and disadvantages of some scenarios for implementing the concept of VTF are considered. The basic comments on the technical characteristics of the implemented projects for the construction of networks of mobile telecommunications are given, taking into account the potential possibilities of implementing any scenario for the implementation of virtual technical functions with the given quality in the networks of the SAE / EPS project. Two concepts of provision of additional services in the networks of mobile telecommunications are highlighted: service nodes (Service nodes); "Classical" intelligent communication network IN.

Keywords: *mobile communication systems, mobile telecommunication networks, SAE / EPS project.*

© Баховський П.Ф., к.т.н., М.М. Євсюк к.т.н.