



УДК 621.391

DOI <https://doi.org/10.17721/ISTS.2020.3-4.63-70>М. Завалій, orcid.org/0000-0003-1088-67873, _zavaley@ukr.netА. Завалій, orcid.org/0000-0002-0465-58221, _zavaley@ukr.netЛ. В. Дакова, orcid.org/0000-0001-6104-8217, dacova@ukr.net

Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна,

С. Ю. Даков, orcid.org/0000-0001-9413-3709, dacov@ukr.netІ. І. Пархоменко, orcid.org/0000-0001-6889-9284, parkh08@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗСЕРВЕРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ТА ЇХНЕ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Досліджено безсерверні обчислення та їхнє використання в мережах мобільного зв'язку. Нині без розрахунків неможливо уявити цілий світ. Вони оточують нас в усіх сферах життя – від звичайної оплати карткою в супермаркеті до наукових обчислень. Основною проблемою розрахунків є зростання кількості запитів і складність надання послуг. Обчислювальні компанії, яким потрібно постійно збільшувати пропускну здатність серверів, мають працювати над мережною інфраструктурою та наймати фахівців для підтримки таких систем. Усі витрати та складність розроблення серверних систем лягають на компанію-розробника, що є дуже дорогим фактором для нових компаній, діяльність яких пов'язана з обчисленнями й обробленням даних. Для вирішення питань розробляється та застосовується технологія "безсерверних обчислень", яка є моделлю хмарних обчислень. Ця технологія дозволяє використовувати ресурси, які їм фізично не належать. Усі проблеми з налаштуванням та обслуговуванням обладнання лягають на постачальників послуг. Також за допомогою інтелектуального відстеження навантаження система автоматично розподіляє необхідну потужність і ресурси для виконання розрахунків на даний момент. Основна проблема технології "безсерверних обчислень" – це не адаптація до потреб багатьох галузей і проблеми із сертифікацією та стандартизацією, але вони поступово розв'язуються. Дослідження використання таких технологій у телекомунікаційних системах є актуальним питанням розвитку науки та компаній у країні.

Розглянуто структуру мобільного оператора, технологію LTE, можливість прийому й аналізу даних від абонентів, методи відстеження абонентів у мережі за унікальними ідентифікаторами, а також можливість передачі інфраструктури оператора безсерверним технологіям. Наведено питання оброблення даних, існуючі методи та технології оброблення даних Big Data, системи оброблення/аналізу великих даних операторами в Україні та системи відслідковування й аналізу трафіка абонентів. Розглянуто комплексні рішення у вигляді безсерверних (хмарних) технологій, класифікацію таких рішень, огляд існуючих сервісів.

Ключові слова: безсерверні технології; хмарні технології; мережа LTE; великі дані; мобільний оператор.

1. ВСТУП

Нині в Україні стрімко розвиваються мережі стільникового зв'язку LTE. Трафік зростає щомісяця. Основна проблема обчислень – зростаюча кількість запитів і складність надання послуг у компаніях, що пов'язані з обчисленнями, для яких необхідно весь час збільшувати серверні потужності, працювати над інфраструктурою мережі та наймати спеціалістів для підтримки таких систем. Усі витрати та складність розроблення серверних систем припадають на компанію-розробника, що є дуже витратним факто-

ром для нових компаній, діяльність яких пов'язана з обчисленнями та обробленням даних. Для розв'язання таких проблем розробляють і застосовують технологію "без серверних обчислень", технологія являє собою модель хмарних обчислень, для яких платформа динамічно керує виділенням машинних ресурсів.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Указана технологія надає змогу використовувати ресурси, що їм фізично не належать, а всі

© Завалій М., Завалій А., Дакова Л. В., Даков С. Ю., Пархоменко І. І., 2020



проблеми з налаштуванням та підтримкою обладнання припадають на постачальників послуг [1]. Також шляхом інтелектуального відстеження навантаження, система автоматично виокремлює необхідну потужність і ресурси для проведення обчислень у даний момент. Користувачі сплачують лише за ті послуги, які вони використовують [2]. Основна проблема технології “без серверних обчислень” – непристосованість до потреб багатьох сфер і проблеми із сертифікацією та стандартизацією, але вони поступово вирішуються. Дослідження використання таких технологій у телекомунікаційних системах є актуальним питанням для розвитку науки та компаній у країні [3].

3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Розглянемо структуру оператора мережі LTE та проведемо аналіз даних, які надходять до системи. Розглянемо технології оброблення даних і систем хмарних обчислень.

Розвитком світових телекомунікаційних технологій у галузі мобільного зв'язку є розроблення й упровадження стандартів четвертого (4G) і п'ятого покоління (5G), що забезпечують прискорення передавання даних і відповідне покращення якості надавання пропонованих послуг, при загальному зниженні витрат в експлуатації телекомунікаційного обладнання. Технологія, що покликана розв'язувати сучасні проблеми телекомунікацій, є LTE-технологія. Технологія LTE є актуальною на території України. Мережа LTE забезпечує підтримку пакетного трафіка з мінімальними затримками доставлення пакетів, без втрати пакетів передачі даних (seamless), мобільністю та високими показниками якості обслуговування (QoS). Основні два типи мобільності, це дискретна мобільність (роумінг) і безперервна мобільність (хендовер). Мережі LTE мають підтримувати процедури роумінгу і хендовера з усіма наявними мережами, для кінцевих споживачів LTE має забезпечуватися повсюдне покриття послуг бездротового широко-смугового доступу.

Пакетна передача даних дозволяє забезпечити всі послуги, включаючи передачу, призначену для кінцевого споживача голосового трафіка. У минулих поколіннях, спостерігалася досить висока розділена мережна відповідальність. Архітектуру мереж LTE можна назвати “плоскою”, оскільки практично вся мережна взаємодія відбувається між двома вузлами: базовою станцією (БС), яка в технічних специфікаціях називається В-вузлом (Node-B, eNB) і блоком управління мобільністю БУМ (ММЕ, Mobility Management Entity). Реалізаційна, як правило, включає і мережний шлюз (Gateway). Мають місце комбіно-

вані блоки (ММЕ / GW). БУМ відповідає лише за службову інформацію. IP – пакети, що містять інформацію про користувача, через нього не проходять. Основною перевагою такого окремого блоку є те, що пропускна здатність може незалежно нарощуватися для трафіка і для передавання службової інформації. Головною функцією БУМ є управління терміналами, що перебувають в режимі очікування, включаючи перенаправлення і виконання викликів, авторизацію і аутентифікацію, роумінг і хендовер, установлення службових і призначених каналів.

У стільникових мережах (3G) в основу побудови LTE закладено два типи: фізична реалізація блоків мережі та формування функціональних взаємозв'язків. У процесі фізичної реалізації можна пройти через поняття предметної області (домену), а функціональні зв'язки розглядатимуться в межах (stratum). Поділом архітектури мережі представлений фізичний рівень, на області обладнання кінцевого споживача (UED) і області мережної інфраструктури (ID). Устаткування користувача – це сукупність різних видів пристроїв з різноманітними функціональними можливостями. У сфері споживачів розроблено протоколи, що забезпечують передавання даних. У сфері управління є протоколи, які в різних аспектах гарантують присутність зв'язку між абонентом і мережею. Крім того, існують протоколи, призначені для простого передавання інформації так, що вона доступна для надання різних послуг. Область радіодоступу розділена на два рівні: рівень радіозв'язку (RNL) і рівень транспортної мережі (TNL).

Розглядаючи призначення функціональних блоків мережі радіодоступу побачимо, що на базові станції LTE покладено виконання багатьох функцій:

- управління радіоресурсами;
 - стиснення шифрування для IP-пакетів;
 - обирання БУМ при підключенні, за умови відсутності інформації про минулі підключення;
 - маршрутизація даних;
 - диспетчеризація повідомлень;
 - PWS – система тривожних сповіщень.
- БУМ забезпечує виконання таких функцій:
- передавання захищеної інформації і даних у БС;
 - управління зонами відстеження користувачів і БС, що перебувають у стані очікування та перенаправлення викликів;
 - обирання обслуговуючого, пакетного шлюзу мережі різних стандартів і нового БУМ під час виконання сесії;



- роумінг;
- аутентифікація;
- управління радіоканалом і підтримка передавання сповіщень PWS, включаючи виділені канали.

Вузол, що обслуговує, відповідає за такі функції:

- вибір локального місця розташування (LMA);
- буферизація даних для терміналів, які перебувають у стані очікування;
- санкціоноване отримання інформації від абонентів;
- маршрутизація даних і маркування пакетів на транспортному рівні;
- створення облікових записів та їхня ідентифікація для впровадження тарифікації.

Шлюз мережі (SG) забезпечує виконання функцій:

- фільтрація пакетів споживачів;
- санкціонований аналіз інформації споживачів;
- розподіл IP-адрес для терміналів;
- маркування транспортних пакетів напрямку;
- тарифікація послуг та їхня селекція.

У LTE визначено два стани рівня контролю радіоресурсу (RRC): з'єднання (RRC CONNECTED) й очікування (RRC IDLE). Функціонуючи, зі стану очікування у стан з'єднання, після успішного встановлення з'єднання, термінал може повернутися у стан очікування, розірвавши з'єднання на підрівні. Перебуваючи у стані очікування, система може моніторити канали виклику, отримувати інформацію, здійснювати вимірювання стільників і за необхідності змінювати їх. Щоб визначити графік проходження пакетів, термінал здійснює моніторинг каналів, для яких забезпечується зворотний зв'язок, що дає інформацію про поточний рівень якості. На відміну від стану очікування, у стані з'єднання мережею проводиться управління маневреністю.

Найважливішою особливістю всіх мереж, є підтримка безшовного зв'язку абонента щодо базових змін. Вимоги до ефективності підвищуються під час використання чутливих до затримок пакетів програм, таких як VoIP. В основі безшовного зв'язку лежать різні процедури хендовера. Тому для підготовки до виконання хендовера використовують сигналізацію з інтерфейсу X2, між різними БС. Ефективність виконання хендовера є одним з найважливіших показників якості роботи мереж. Погано відрегульовані параметри можуть привести до навантаження на службові канали та ведуть до втрат сеансів зв'язку. Опису алгоритмів хендовера присвячена велика кількість специфікацій (процедура хендовера детально описана у специфікації TS 36.413). На відміну від мереж GSM, де аналіз навколишнього оточення здійснюється контролером базових

станцій, у мережах LTE подібні дії довірено самому терміналу, а остаточне рішення про хендовер приймається мережею. Під час підготовки та виконання хендовера можуть бути встановлені тунелі: один – для передавання даних висхідного напрямку, інший — для передавання даних спадного напрямку. Це робиться для того, щоб забезпечити передачу довгих пакетів у разі переповнення буферів. У разі виконання процедури хендовера абоненту присвоюється тимчасовий ідентифікатор C-RNTI. Аналогічні ідентифікатори присвоюють абоненту під час проведення різних інших процедур, пов'язаних із мережею радіодоступу. Так, у механізмах управління потужністю TPC по фізичних каналах PUSCH і PUCH використовують відповідні ідентифікатори TPC-PUSCH і TPC-PUSCH. Глобальна ідентифікація мереж LTE здійснюється за допомогою ідентифікатора ECGI, який формується додаванням до локального мережного ідентифікатора. Аналогічним чином здійснюється глобальна ідентифікація базових станцій. Для управління мобільністю, що перебуває у стані очікування, вводять поняття зони відстеження як площі, що покриває зону обслуговування декількох базових станцій.

Розглядаючи збір даних від абонента для аналізу ми бачимо, що оператор має можливість збору даних від абонента (терміналу), наприклад під час його підключення до мережі, зміні БС, реєстрації в мережі тощо. Також в оператора є можливість збору даних абонента через його підключення до інтернету, наприклад від різних джерел, таких як координати WI-FI або за допомогою GPS і сервісів. Існують як "легальні сервіси" (тобто з дозволу абонента), так і такі, які існують без відома абонента, але необхідні з технічного боку обладнання. HSS (Home Subscriber Server) – сервер абонентських даних LTE – являє собою велику базу даних і призначений для зберігання даних про абонентів. HSS змінює набір реєстрів (VLR, HLR, AUC, EIR) у мережах 2G і 3G.

HSS служить для зберігання такої інформації:

- інформація для доступу, аутентифікації і авторизації;
- інформація про місцезнаходження абонента на міжмережному рівні, тобто про те, в яку мережу перейшов у разі вхідного дзвінка;
- інформація про профіль користувача.

HSS генерує дані, необхідні для шифрування, аутентифікації та ін. Мережа LTE має один або декілька HSS. Кількість HSS залежить від географічної структури мережі та кількості абонентів. Присутня можливість пошуку абонентів за допомогою IMEI. Методи стеження за переміщенням у мережі, за допомогою:



- унікальних ідентифікаторів у мережі (номером телефона), приблизна точність 150 м;
- IMEI, полягає у визначенні номера та потім його місцезнаходження;
- через GPS-координати, метод дає найбільшу точність, але потребує додаток на смартфон із дозволом використання GPS-локації;
- локації по координатах Wi-Fi.

За оброблення інформації відповідає оператор, це змушує його зберігати, оброблювати великі об'єми даних, що у свою чергу потребує обладнання та кваліфікованого персоналу. Під час розроблення LTE розглядалась можливість застосування хмарних технологій і зменшення участі мобільного оператора в обробленні даних для надання послуг, передбачалось лише здійснення контролю за білінгом і підключення нових абонентів. Завдяки цьому оператор як власник усієї технологічної інфраструктури і контролер абонентів і ЦОД, втрачає власність. Такі зміни потребують перегляду в діючій моделі.

Під час оброблення даних від телефонного апарату на БС, відбувається переключення між базовими станціями, у середньому за день це відбувається 10 разів, а якщо в мережі 1 млн абонентів, то це 10 млн записів на день і це тільки записи, що надходять від абонентів і вони можуть скласти десятки ГБ. Для оброблення таких об'ємів використовують методи, алгоритми та підходи, що називаються Big Data, як набір інструментів оброблення структурованих і неструктурованих великих даних. Big Data, використовують найбільш поширене визначення семи "V":

- Volume – об'єм даних;
- Velocity – оброблення з великою швидкістю;
- Variety – різноманітність і структурованість даних;
- Veracity – достовірність даних;
- Variability – мінливість і точність сприйняття контексту;
- Visualization – візуалізація;
- Value – цінність, витяг користі для збільшення результату.

Зараз більшість експертів сходяться на думці, що прискорення зростання обсягу даних є об'єктивною реальністю. Джерелами генерування великих обсягів інформації виступають соціальні мережі, мобільні пристрої, різноманітні цифрові пристрої та бізнес-інформація. За існуючих темпів зростання кількість даних у світі буде щорічно подвоюватися.

Наукова модель Big Data визначає такі завдання:

- зберігання та управління даними;
- обробка та структурування даних;

- аналітика накопичених даних (Data Mining) для їхнього корисного використання;

- візуалізація даних, із використанням інтерактивних можливостей та анімації.

Робота з великими даними повинна підпорядковуватися таким принципам:

- горизонтальна масштабованість, яка має легко розширюватися і бути пропорційною до цього зростання;
- відмовостійкість, що має на увазі методи роботи з великими даними, які повинні враховувати можливість збоїв і переживати їх без наслідків;
- локальність даних. Big Data принцип рішень – оброблення даних відбувається на тому пристрої, де вони зберігаються.

Однією з ключових технологій Big Data є платформа Hadoop. Apache Hadoop – це фреймворк, що дозволяє виробляти розподілене оброблення великих масивів даних на кластерах, що складаються із численних вузлів, використовуючи прості моделі програмування. Надійність забезпечується здатністю виявляти збої на програмному рівні. Система Apache Hadoop (HDFS) – це розподілена файлова система, яка створена для зберігання великого обсягу інформації з високою швидкістю доступу до інформації. У HDFS файли зберігаються в надлишкової формі, де використовується хмарно-структурована файлова система. Структура метаданих в HDFS змінюється великою кількістю одночасних клієнтів. Для збереження цілісності всі звернення обробляється однією машиною NameNode. NameNode зберігає всі метадані файлової системи. Для відкриття та оброблення даних за допомогою Hadoop використовують MapReduce програму від компанії Google. Оброблення даних відбувається у три стадії. Основним недоліком MapReduce є те, що зазвичай при обробленні даних відбуваються кілька послідовних і паралельних операцій, де всі результати записуються на диск. Завдяки чому час роботи з диском у кілька разів перевищує час самих обчислень. Для вирішення цієї проблеми розроблено програмні платформи – Spark та Tez. Spark обробляє дані в оперативній пам'яті, завдяки чому дозволяє отримувати значний вииграш у швидкості роботи. Tez представляє задачу у вигляді ациклічного графа (DAG).

Крім оброблення, важливим є візуальне відображення результатів для аналізу. Kibana – фреймворк для візуалізації великих обсягів даних, розташованих в Elasticsearch кластері. Elasticsearch – це пошуковий движок, який працює з json-документами та добре підходить для роботи з великими обсягами даних. Для відображення даних може використовуватися платформа Mapbox, яка



дозволяє створювати кастомізовані карти і виводити на них необхідну інформацію за допомогою вебінтерфейсу або із застосуванням API. Інформація береться з відкритих джерел, та немає обмежень на кількість звернень до геокодеру протягом доби з одної IP-адреси.

Системи хмарних обчислень та їхні можливості – це технологія, в якій комп'ютерні ресурси і потужності надаються як інтернет-сервіс. Основні чинники доступності технології:

- розвиток процесорів і технології літографії;
- збільшення розмірів дисків і зниження вартості зберігання інформації;
- розвиток технології з розподіленням потоків;
- розвиток технологій віртуалізації;
- збільшення пропускної здатності.

Перераховані фактори створили конкуренцію звичайним серверним обчисленням і поширили хмарні обчислення на маси. Основні недоліки – це постійне з'єднання з мережею, програмне забезпечення та його кастомізація, конфіденційність, надійність, безпека, вартість обладнання для побудови хмари. Але є і значні переваги, такі як послуги та сервіси, залежно від класифікації "хмар".

Нині виокремлюють три категорії "хмар":

Публічна хмара – це IT-інфраструктура, яка використовується одночасно безліччю компаній і сервісів. Користувачі не мають можливості управляти вказаною хмарою та обслуговувати її, уся відповідальність лежить на власнику. Абонентом може стати будь-яка компанія і користувач. Приклади: онлайн сервіси Amazon EC2 і Simple Storage Service (S3), Google Apps/Docs, Salesforce.com, Microsoft Office Web.

Приватна хмара – це IT-інфраструктура, контрольована й експлуатована в інтересах однієї організації. Організація може керувати приватною хмарою самостійно. Інфраструктура може розміщуватися у приміщеннях замовника, у зовнішнього оператора, або частково у замовника і частково в оператора.

Гібридна хмара – це IT-інфраструктура яка використовує якості публічної і приватної хмар. Такий тип хмар застосовують, коли наявні сезонні періоди активності.

Для реалізації системи потрібно таке.

- 1) Створити віртуальну машину генерації трафіка.
- 2) Налаштувати та запустити потік даних.
- 3) Запустити завдання потоку даних.
- 4) Отримати протікання даних типу Dataflow.
- 5) Підключити потік даних до Pub/Sub та BigQuery.
- 6) Перевірити, як автоматичне масштабування Dataflow налаштовує обчислювальні ресурси для оптимального оброблення вхідних даних.

7) Дослідити навантаження на систему в реальному часі.

Необхідно зареєструватись і створити віртуальну машину. Після успішного створення віртуальної машини перейти до запуску генератора даних.

Наступний крок – запуск генератора даних, що отримує дані у форматі CSV і передає їх на сервер через спеціальний потік Dataflow.

Необхідно зайти на сервер і підключити до проєкту, використовуючи команди:

```
$ gcloud auth application-default login
$ sudo pip install google-cloud-pubsub
$ virtualenv cpb104
$ source cpb104/bin/activate
$ pip install google-cloud-pubsub==0.38.0
$ gcloud auth application-default login
```

Після виконання команд, запустити генератор даних:

```
$ ./send_sensor_data.py--speedFactor=60--project=YOUR-PROJECT-ID
```

Необхідно відкрити ще одну консоль та запустити:

```
$ training-data-analyst/courses/streaming/process/run_oncloud.sh yourproject
yourbucket AverageSpeeds
```

Можна побачити навантаження, аналітику потоку даних і використання каналу.

На основі розглянутих технологій, можна дійти висновку, що мобільні оператори будуть використовувати технології мережі LTE та наступних поколінь, які розробляються з урахуванням хмарних технологій та їхніх можливостей. Система, яка дозволяє передавати та зберігати отримані дані від користувачів із можливістю одночасної фільтрації. Результатом є автоматизована система, що виконує з'єднання з хмарними сервісами, створює потік і передавання на хмарний сервер із можливістю перегляду даних у реальному часі.

4. ВИСНОВОК

При описі розглянуто структуру мобільного оператора, технологію LTE (структуру підключення абонентів, хендовера тощо), можливість отримання й аналізу даних від абонентів, методи відслідковування абонентів у мережі по унікальних ідентифікаторах, а також можливість перенесення інфраструктури оператора на безсерверні технології, тобто втрати позиції оператора як обов'язкового власника всієї технологічної інфраструктури.

Розглянуто питання оброблення даних, існуючі методи і технології оброблення даних Big Data, системи оброблення й аналізу великих да-



них операторами в Україні та системи відслідковування й аналізу трафіка абонентів.

Розглянуто комплексні рішення у вигляді безсерверних технологій, класифікація таких рішень, огляд існуючих сервісів. Також обрано найоптимальнішу систему хмарних обчислень.

На підставі проведеної роботи з дослідження безсерверних обчислень і їхнього використання в мережах мобільного зв'язку, можна дійти висновку, що впровадження хмарних технологій у мобільних мережах значно зменшить витрати оператора на обслуговування інфраструктури і допоможе краще зорієнтуватися в наданні якісних послуг.

- [20] Вікіпедія Хмарні обчислення (Електронний ресурс)
- [21] Облачные технологии и моё будущее (Електронний ресурс)
- [22] Вікіпедія Google Cloud Platform (Електронний ресурс)
- [23] Вікіпедія Amazon Web Service (Електронний ресурс)
- [24] Вікіпедія Microsoft Azure (Електронний ресурс)

Стаття надійшла до редколегії

23.06.2019

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Гельгор А.Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие / Гельгор А.Л., Попов Е.А. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 204с.
- [2] Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Минаев И.В./ Стандартизация, спецификации, эволюция технологии и архитектура базовой сети LTE // Сети и средства связи, No 2 (10), 2009.
- [3] ETSI TS 136 413 V12.3.0 (2014-09)LTE;Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); S1 Application Protocol (S1AP) (3GPP TS 36.413 version 12.3.0 Release 12)
- [4] Sustainable E-commerce: Improving Eco-Efficiency in E-Commerce
- [5] Навч. посібник/ І.М. Пістунів, О.П. Антонюк – / Мвоосвітні науки України; Нац. Гірни. ун-т. – Д.: НГУ, 2017. – 291 с.
- [6] Електроннаекономіка. Том 1. Криптовалюта. Big Data [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://pistunovi.inf.ua/EE_KC_BD.pdf
- [7] Как установить и настроить Elasticsearch, Logstash, Kibana (ELK Stack) на Ubuntu/Debian/Centos (Електронний ресурс)/Режим доступу: <https://serveradmin.ru/ustanovka-i-nastroyka-elasticsearch-logstash-kibana-elk-stack/>
- [8] Мобильщики следят за украинцами (Електронний ресурс)/Режим доступу: <https://ubr.ua/market/telecom/kiyevstar-nachinaet-sledit-za-ukraintsami3881682>
- [9] <http://ursa-tm.ru/forum/index.php?topic/261106-avtonomnyy-sposob-obhoda-dpi-i-effektivnyy-sposob-obhoda-blokirovok-saytov-po-ip-adresu-goodbyedpi-i-reqrypt/>
- [10] Вікіпедія Кластерний аналіз (Електронний ресурс)/Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki>
- [11] Nadoor: что, где и зачем (Електронний ресурс)/Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/240405/>
- [12] 4G. Тренды и перспективы (Електронний ресурс)
- [13] LTE: взгляд изнутри (Електронний ресурс)
- [14] Сотовая связь HSS (Home Subscriber Server) (Електронний ресурс)
- [15] Эволюция современных сетей мобильной связи 2G/3G/4G (Електронний ресурс)
- [16] Вікіпедія Великі дані (Електронний ресурс)
- [17] Обзор алгоритмов кластеризации данных (Електронний ресурс)
- [18] Вікіпедія Deep packet inspection (Електронний ресурс)
- [19] Автономный способ обхода DPI и эффективный способ обхода блокировок сайтов по IP-адресу/Режим доступу:



Research of serverless computing and its use in mobile communication networks

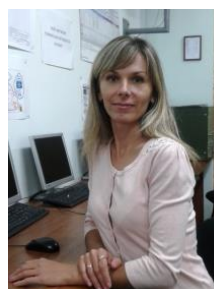
Serverless computing and their use in mobile networks are studied. Today it is impossible to imagine the whole world without calculations. They surround us in all spheres of life - from the usual payment by card in the supermarket to scientific calculations. The main problem of calculations is the growing number of requests and the complexity of providing services. Computing companies that need to constantly increase server bandwidth need to work on network infrastructure and hire professionals to support such systems. All the costs and complexity of developing server systems fall on the developer, which is a very expensive factor for new companies whose activities are related to computing and data processing. To solve the problems, the technology of "serverless computing" is being developed and applied, which is a model of cloud computing. This technology allows you to use resources that do not belong to them physically. All problems with setting up and maintaining the equipment are the responsibility of the service providers. Also, with intelligent load tracking, the system automatically allocates the necessary capacity and resources to perform calculations at the moment. The main problem with server-free computing technology is not the adaptation to the needs of many industries and the problems with certification and standardization, but they are gradually being solved. Research on the use of such technologies in telecommunications systems is a topical issue in the development of science and companies in the country. The structure of the mobile operator, LTE technology, the ability to receive and analyze data from subscribers, methods of tracking subscribers in the network by unique identifiers, as well as the ability to transfer the operator's infrastructure to serverless technologies. The issues of data processing, existing methods and technologies of Big Data data processing, systems of processing / analysis of big data by operators in Ukraine and systems of tracking and analysis of subscriber traffic are given. Complex solutions in the form of serverless (cloud) technologies, classification of such solutions, review of existing services are considered.

Keywords: serverless technologies; cloud technologies; LTE network; big data; mobile network operator.



Марина Завалій,
студентка, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Marina Zavaliy,
student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.



Лариса Дакова,
кандидат технічних наук, посада доцент. Державний університет телекомунікацій

Larisa Dakova,
Candidate technical sciences, position of associate professor. State University of Telecommunications



Антон Завалій,
студент, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

Anton Zavaliy,
student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.



Сергій Даков,
кандидат технічних наук, асистент кафедри Київський національний університет імені Тараса Шевченка.

Serhii Dakov,
candidate of technical sciences, assistant department Taras Shevchenko National University of Kyiv.



Іван Пархоменко,
кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

Ivan Parkhomenko,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Cybersecurity and Information Protection, Taras Shevchenko National University of Kyiv.