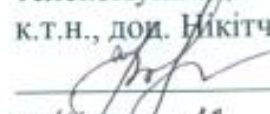


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

УДК 004.052.2

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри
біомедичної інженерії та
телекомунікацій
к.т.н., доц. Никітчук Т.М.


«14» 12 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Дослідження впливу переходу на віддалену модель роботи
працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітній ступінь «магістр»

Виконавець роботи
студент 2 курсу, гр. ТРМ-19-1


(дата, підпис)

Лавренчук А.С.

Керівник роботи
к.т.н., доц.


(дата, підпис)

Морозов Д.С.

Житомир
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему Дослідження впливу переходу на віддалену модель роботи
працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах

Виконав: студент 2 курсу, групи ТРм-19-
1

спеціальності

172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Лавренчук А.С.

Керівник Морозов Д.С.

Рецензент Дубина О.Ф.

Житомир
2020

«Затверджено»

Завідувач кафедри біомедичної
інженерії та телекомунікацій

 Т.М. Нікітчук

« 15 » 06 2020 р.

Завдання на кваліфікаційну магістерську роботу

Лавренчук Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження впливу переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах

затверджено наказом по університету від «16» жовтня 2020 р. № 366/с

2. Мета дослідження перевірити вплив переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах, що був спричинений пандемією кононавірусу COVID-19 в 2020 р.

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін. (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.) данні з відкритих джерел про об'єм трафіка в інтернет мережах і мобільних мережах до і під час пандемії коронавірусу COVID-19

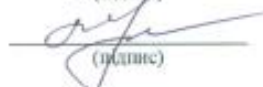
4. Основні задачі дослідження виявити закономірності зміни об'єму трафіку в мобільних мережах, зміни швидкості скачування і завантажування даних цих мереж спричинених переходом на віддалену модель роботи працівників підприємств

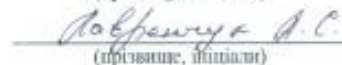
5. Термін подання роботи до захисту грудень 2020 р.

6. Дата видачі завдання «15» 06 2020 р.

Науковий керівник

Завдання прийняв
до виконання


(підпис)

(підпис)


(прізвище, ініціали)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Темою даної магістерської роботи є дослідження впливу переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах.

Метою даної роботи є перевірити вплив переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах, що був спричинений пандемією COVID-19 в 2020 р. Проведений аналіз даних з відкритих джерел про об'єм трафіка в інтернет мережах і мобільних мережах до і під час пандемії COVID-19.

ABSTRACT

The topic of this master's thesis is to study the impact of the transition to a remote model of employees on the data rate in mobile networks.

The purpose of this work is to examine the impact of the transition to a remote model of employees on the data rate in mobile networks, which was caused by the COVID-19 pandemic in 2020. An analysis of open source data on the volume of traffic on the Internet and mobile networks and during the COVID-19 pandemic.

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота містить 75 сторінки, 45 рисунків, 20 джерел посилань.

Об'єкт дослідження: мобільні дані, процеси та системи навантаження в період пандемії COVID-19.

Предмет дослідження: мобільні мережі передачі даних в Україні та за її межами.

Мета роботи: перевірити вплив переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах, що був спричинений пандемією кононавірусу COVID-19 в 2020 р.

Задачі:

1. Аналіз зміни концепції вимог до робочого місця офісного працівника в умовах COVID-19.
2. Дослідження впливу карантинних заходів на роботу мобільних мереж передачі даних.
3. Моделювання змін швидкості передачі даних в мобільних мережах в умовах посилення карантинних заходів

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕПІДЕМІЇ КОРОНАВІРУСУ COVID-19 НА СТРУКТУРУ ТРАФІКУ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ	9
1.1 Зміни концепції вимог до робочого місця офісного працівника в умовах COVID-19	9
1.2 Перехід працівників на дистанційний режим роботи як відповідь на загрозу COVID-19	12
1.3 Зміни в структурі мережевого трафіку, спричинені новими умовами організації виробництва	17
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАРАНТИННИХ ЗАХОДІВ НА РОБОТУ МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ	36
2.1 Еволюція мобільних технологій	36
2.2 Впровадження та функціонування безпроводної технології 4G (LTE)	38
2.3 Ріст мобільного трафіку LTE під час пандемії (COVID-19)	45
2.4 Зміна швидкості й впровадження 5G в умовах COVID-19	47
2.5 Основні складності, пов'язані з розгортанням мереж 5G	56
2.6 Економічні наслідки 5G у світі в період й після COVID-19	60
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ В УМОВАХ ПОСИЛЕННЯ КАРАНТИННИХ ЗАХОДІВ	65
3.1 Розрахунок пропускної здатності мережі LTE	65
3.2 Розрахунок навантаження з урахуванням кількості потенційних користувачів.....	67
ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ	73

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

3GPP – 3rd Generation Partnership Project – консорціум, який розробляє специфікації для мобільної телефонії

LTE – Long-Term Evolution – довготривалий розвиток

LAA – Licensed-Assisted-Access – ліцензійний допоміжний доступ

WI-FI – Wireless Fidelity – технологія бездротової локальної мережі

OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiplexing – технології

5G – 5-те покоління мобільних мереж або 5-те покоління бездротових систем

БС – Базові станції

VPN – Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа

WFH – віддалена робота, дистанційна робота

ВСТУП

Існуюча тенденція використання технологій стільникового зв'язку, вказує на те, що більшість користувачів мають безпосередній безпроводний високошвидкісний доступ до Інтернету. Різкий ріст кількості придбаних пристроїв для використання вдома, або у інших містах скупчення людей, дозволяє користувачам мати постійний доступ до мережі інтернет залежно від покриття та стабільності стільникового зв'язку.

У світі спостерігаються стрімкі зміни форм організації робочого процесу на підприємствах спричинені COVID-19. Кількість підприємств, що перейшли і продовжують переходити на дистанційний режим роботи зростає в геометричній прогресії. Загрози для здоров'я співробітників, що виникають внаслідок COVID-19 призводять до того, що багато з тих, хто працює вдома, роблять це не як привілей, а як імператив. Вплив COVID-19 є реальним і відчутним не лише для сімей і співробітників, що соціально дистанціюються по всьому світу. Великі, середні і малі підприємства звертаються за широким спектром рішень, від бездротового підключення до VPN і хмарних сервісів. У використанні Інтернету спостерігаються різкі зміни об'єму трафіку, яким обмінюються кінцеві користувачі в різних точках земної кулі.

Метою кваліфікаційної магістерської роботи є – перевірити вплив переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств на швидкість передачі даних у мобільних мережах, що був спричинений пандемією кононавірусу COVID-19 в 2020 р. Основною задачею дослідження виявити закономірності змін об'єму трафіку в мобільних мережах, зміни швидкості скачування і завантажування даних в цих мережах спричинених переходом на віддалену модель роботи працівників підприємств.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕПІДЕМІЇ КОРОНАВІРУСУ COVID-19 НА СТРУКТУРУ ТРАФІКУ В МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТ

1.1 Зміни концепції вимог до робочого місця офісного працівника в умовах COVID-19

Від початку пандемії багатьма дослідниками проводиться аналіз того які соціальні зміни в суспільстві і в роботі людей зокрема будуть спричинені COVID-19. Прогнозується зміна тренду в бік гнучкої роботи: 70% роботодавців зазначають, що деяка частина їх працівників, які працюють повний робочий день будуть мати можливість працювати дистанційно, а 61% респондентів зазначили, що всі працівники матимуть можливість працювати віддалено, принаймні частково.

Фізичний офіс все ще залишатиметься важливим: 41% вважають, що зменшення важливості офісу буде незначним, і 38% повідомили, що офіс залишиться таким же важливим для працівників, якщо не більше.

Пандемія вплинула також і на ринок нерухомості: більше 60% респондентів збираються відновлювати договори оренди і більше половини відклали плани щодо переміщення офісу. Більше 85% респондентів оптимізувало використання орендних площ, і більше 75% відклали чи скасували свої плани щодо розширення офісу. В довгостроковій перспективі: 70% опитаних впевнені у своїй довгостроковій стратегії щодо нерухомості, навіть не зважаючи на пандемію; менше, ніж 1 з 10 компаній розглядають можливість переїзду з густонаселених міських зон; 25% респондентів розглядає можливість розміщення своїх офісів в приміських зонах; 73% респондентів очікують, що гнучкий офіс буде відігравати певну роль у подальшій стратегії формування портфеля нерухомості.

Робоче місце швидко змінюється: популярність приватного простору зменшується, та все більше орендодавців надають перевагу простору для спільної роботи та колаборації. Це має вирішальне значення для ефективності роботи та задовольняє потреби компаній із гібридним графіком роботи

(часткова робота в офісі та віддалено), проте існує деяка невизначеність з урахуванням наслідків для здоров'я під час пандемії COVID-19.

Оскільки карантинні заходи були введені по всьому світу у березні, компанії зіткнулися із безпрецедентною кризою. Після швидкої мобілізації і закриття офісів, керівники міжнародних компаній, в координації з іншими керівниками, почали процес адаптації та відкриття офісів із жорсткими протоколами охорони здоров'я та безпеки. Опитування CBRE демонструє обережний оптимізм з прагматичними занепокоєнням серед опитаних: представники компаній зазначають, що відкриття офісів під час активної пандемії є сумнівним кроком.

Крім безпосередньо занепокоєнь щодо відкриття офісів під час пандемії COVID-19, компанії працюють над вирішенням стратегічних перешкод, які з'явилися вперше з часів глобальної фінансової кризи. Підтримка компанії має вирішальне значення для керівників під час кризових змін на ринку, які зіткнулись із глобальною економічною кризою та були раптово змушені працювати віддалено.

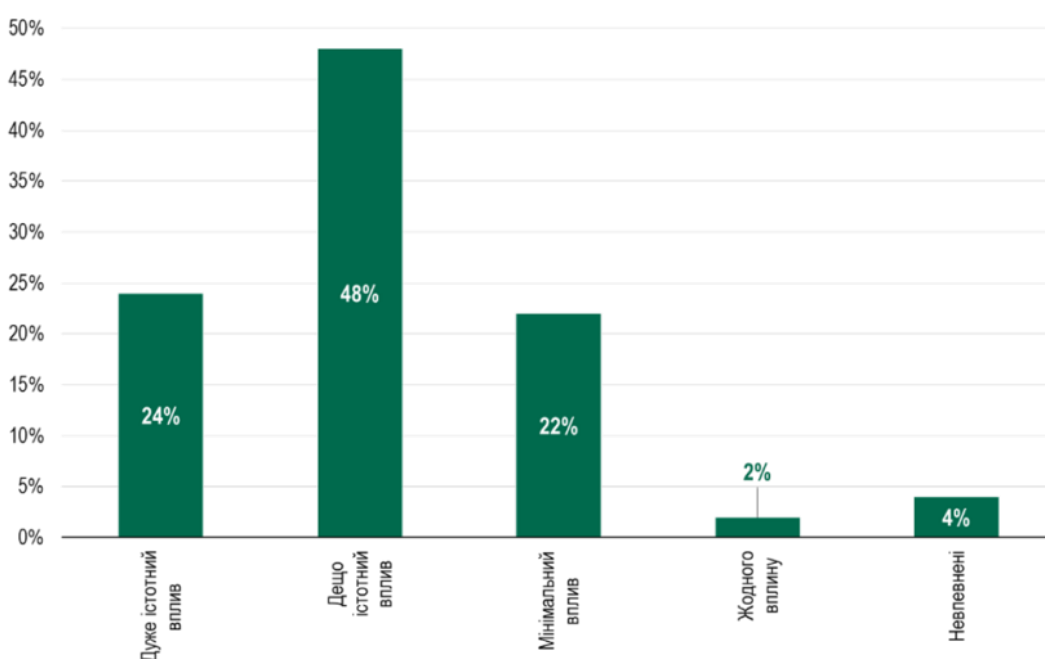


Рисунок 1.1 – Вплив на стратегії щодо управління нерухомості

Було досліджено, що пандемія COVID-19 матиме довготривалий вплив на стратегії щодо управління нерухомістю. Більше 40% керівники найвищого рівня матимуть найбільш вагомий вплив на керування портфелем нерухомості.

Як наслідок, з'явиться новий метод прийняття стратегічних рішень, який буде значно відрізнятися від попереднього. Такі зміни можуть відрізнятися у країнах через різні бізнес-культури, але одна річ є безсумнівною: наслідки пандемії COVID-19 прискорять трансформацію багатьох офісів у зв'язку технологічними досягненнями, протоколами щодо охорони здоров'я на робочих місцях, а також політикою орієнтованою на комфорт працівників.

Через пандемію COVID-19, орендарі прийматимуть стратегічні рішення щодо роботи у віддаленому режимі, розглядаючи нові міські або приміські локації та частіше звертаючи увагу на гнучкі офіси. Нові випробовування, з якими стикаються компанії, вимагають зосередитися на довгостроковій перспективі. Економія коштів є одним із найважливіших факторів під час кризових часів. Деякі орендарі об'єднують офіси, скорочують орендні площі, або вирішують припинити договори оренди з метою адаптування до нових умов. Із покращенням ситуації в майбутньому, компанії будуть переглядати переміщення офісів та повернення до планів щодо розширення офісних площ, які є наразі призупиненими.



Рисунок 1.2 – Розгляд портфельних стратегій

Майбутня роль офісу залишається найбільшим питанням, що стоїть перед корпоративним керівництвом у сфері нерухомості. Ще до пандемії, віддалена робота була добре налагодженим трендом, відколи продуктивність працівників стала менш залежною від роботи в офісі. У майбутньому, при роботі в офісі, співробітники будуть мати більше опцій для виконання своєї роботи, за умови, дотримання усіх норм безпеки офісного середовища. Також,

працівники будуть мати доступ до технологій та послуг для інтеграції фізичних та цифрових аспектів роботи, прискорюючи багато дизайнерських трендів, які розроблялись до пандемії COVID-19.

Пандемія створила безпрецедентні можливості та виклики для орендарів комерційної нерухомості, що можливо стане поштовхом для нової ери інновацій та креативного вирішення проблем. Очікуються розробка нових інструментів та технологій, що зроблять офіс більшим джерелом ефективності, співпраці та інновацій.

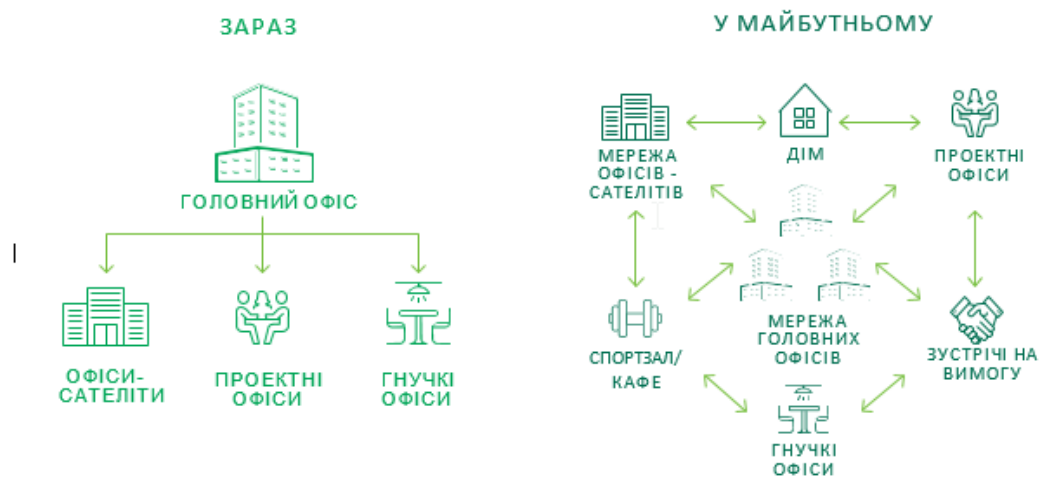


Рисунок 1.3 – Стратегія щодо робочих місць

У зв'язку з тим, що так багато країн перебувають в ізоляції і так багато людей працюють (і вчаться) з дому, використання Інтернету значно зросло, але поки що Інтернет-зв'язок залишається доволі стабільним.

1.2 Перехід працівників на дистанційний режим роботи як відповідь на загрозу COVID-19

WFH (work from home) – це робочий режим, при якому працівник виконує основні обов'язки своєї роботи, в той час як залишаючись вдома, використовуючи інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ). В контексті пандемії COVID-19 термін «робота з дому» використовується для позначення виключно для надомної віддаленої роботи в якості тимчасової альтернативної форми роботи працівників [1].

Коли робочі місця і приміщення закриваються по всій компанії в якості запобіжного заходу або в результаті урядового розпорядження, компанії

можуть мати можливість впровадити механізми WFH для забезпечення безперервності обслуговування, підтримки продуктивності і збереження робочих місць, одночасно забезпечуючи безпеку і здоров'я співробітників. робочі. За дослідженням, близько 18 відсотків робітників мають професії, які підходять для WFH, і живуть в країнах з інфраструктурою, яка дозволяє WFH. Відповідальність за організацію WFH розділяється, і для її успіху потрібно прихильність як роботодавців, так і працівників. І роботодавці, і працівники повинні бути практичними, гнучкими і чуйними до ситуації один одного при реалізації домовленостей про WFH.

За даними майже третина робочої сили України і половина всіх ІТ-фахівців можуть працювати з дому. Хоча кількість людей, які працюють частково або повністю віддалено, зростає вже багато років, пандемія COVID-19, значно пришвидшила цю тенденцію.

Ні для кого не секрет, що люди цінують свободу вибору. Колосальні 45% людей хотіли б мати можливість працювати віддалено до кінця своєї кар'єри. Якщо проаналізувати ситуацію, яка складається як в Україні та у світі – більшість населення змушено переходити на дистанційну роботу і чи скоро ми відновимо попередній ритм життя ніхто не знає, тому більшість організацій працюють над тим, щоб вдосконалювати мережі передачі даних, і переходять до використання потужних серверів для віддаленої роботи. Головні переваги віддаленої роботи:

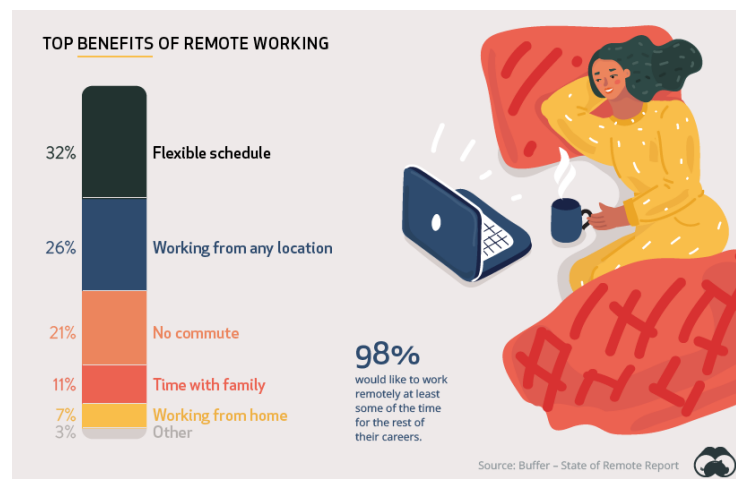


Рисунок 1.4 – Переваги віддаленої роботи

Гнучкий графік, можливість працювати з будь-якого місця і більше не їздити на роботу. Звичайно, не все так позитивно. На рис. 1.5. зображено проблеми, з якими люди стикаються при віддаленій роботі:

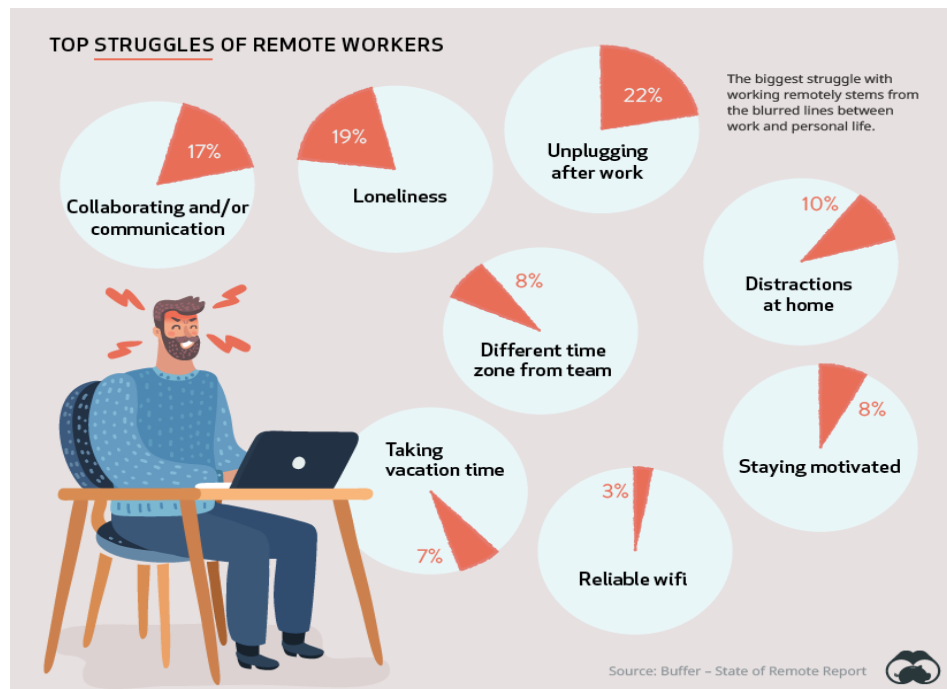


Рисунок 1.5– Головна боротьба віддалених робітників

- відключення після роботи;
- самотність;
- складності в співпраці та/або спілкування;
- відволікаючі фактори в домашніх умовах;
- інший часовий пояс від команди;
- залишатися мотивованим;
- використання часу на відпустку;
- ненадійний WI-FI.

Основна проблема, з якою зіткнулися віддалені співробітники, – це «відключення» від роботи. Без чіткої зміни місця розташування і певних годин роботи багатьом людям було важче чітко розділити свою особисту і професійну діяльність.

Крім того, відсутність особистого спілкування може стати проблемою для деяких людей. Фактично, третина людей були стурбовані тим, що їхні професійні зусилля не будуть оцінені по достоїнству через відсутність контактів в офісі.

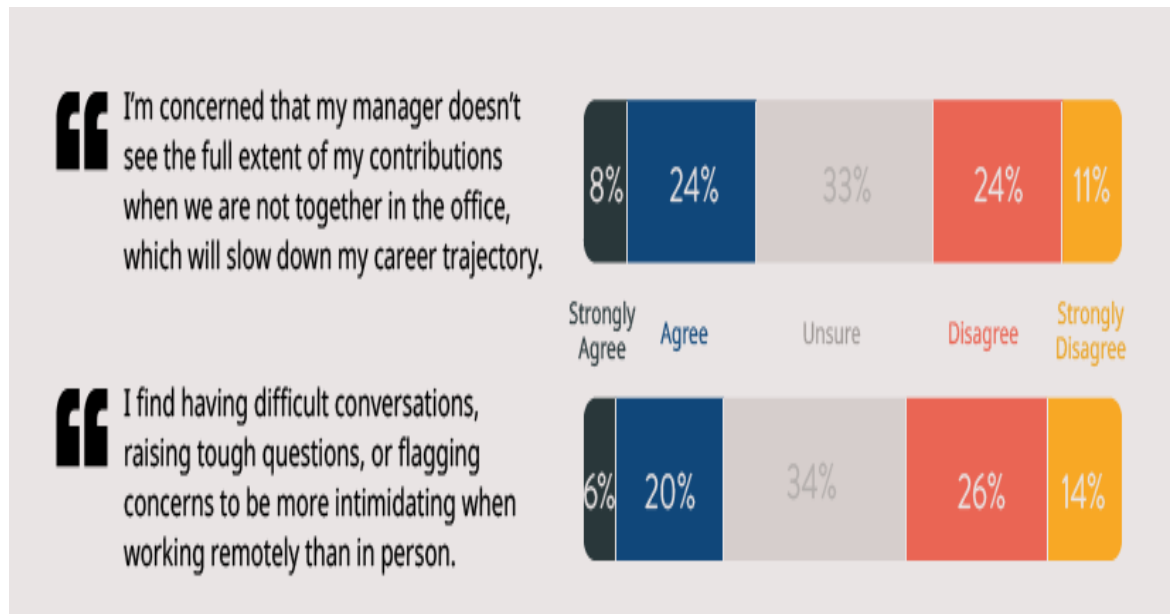


Рисунок 1.6 – Ефективність праці

Для більшості людей ведення складних розмов по телефону або програмному забезпеченню для телеконференцій фактично було позитивним моментом. Незважаючи на популярність віддаленої і гнучкою роботи, не кожна компанія прийняла цю концепцію. Ось кілька причин, чому:

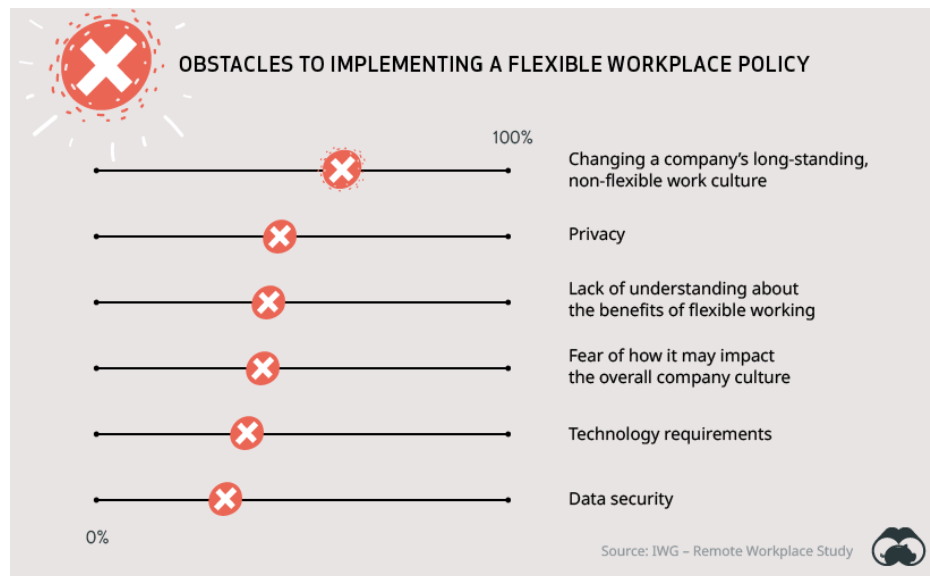


Рисунок 1.7 – Перешкоди реалізації гнучкої політики на робочому місці

Незважаючи на те, що опір віддалену роботу може бути пов'язано з технічними причинами або міркуваннями безпеки, основною перешкодою є прості зміни. Більше 50% компаній, у яких не було гнучкої політики або політики віддаленого робочого місця, назвали причиною «давню політику компанії». Іншими словами, так завжди і працювало[3].

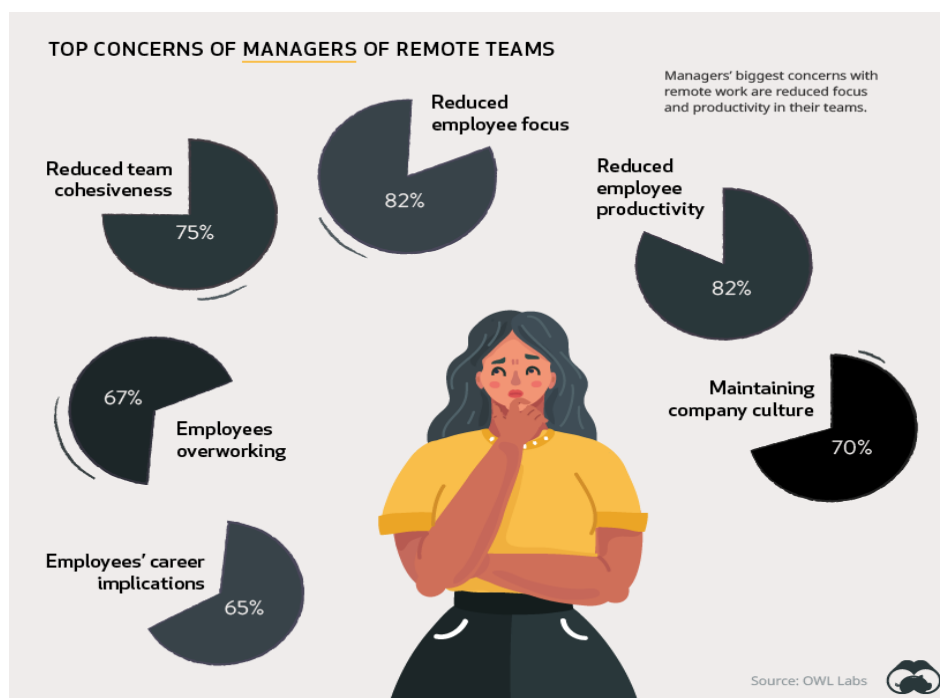


Рисунок 1.8 – Головні проблеми менеджерів віддалених команд

Менеджери стурбовані тим, що продуктивність і увагу буде знижено, якщо люди будуть працювати в більш неформальних місцях, таких як вдома або кафе. Крім того, якщо люди не працюють в одному і тому ж місці, менеджери вважають, що згуртованість команди і корпоративна культура можуть постраждати.

З іншого боку, економія коштів, пов'язана з віддаленою роботою, може виграти у багатьох компаній. Дослідження показали, що типовий роботодавець може заощадити близько 11 000 доларів на рік на кожну людину, яка половину робочого часу працює віддалено. Крім того, перехід на віртуальні зустрічі в деяких випадках також може дати значну економію коштів.

Заходи ізоляції підкреслили важливість гнучкості робочого місця – особливо для людей з дітьми. Зараз 86% батьків хочуть працювати гнучко в порівнянні з 46% до коронавірусу.

У міру того, як економіка починає повільно відкриватися, ще належить з'ясувати, прискорив чи COVID-19 неминучі тенденції в культурі на робочому місці. Якщо це так, то дзвінки Zoom в спортивних штанах можуть стати новою нормою для мільйонів співробітників.

1.3 Зміни в структурі мережевого трафіку, спричинені новими умовами організації виробництва

Через обмеження в умовах пандемії сотні мільйонів людей стали працювати з дому, і багато експертів пророкували смерть роботі офісу. Проте, останні дослідження показують, що чутки про смерть офісу дещо перебільшені.

Інтернет-трафік в мережах комерційних підприємств навесні 2020 року виріс на 25-30% в порівнянні з аналогічним періодом минулого року. Ріст об'єму трафіку може коливатися протягом місяця; наприклад, для Akamai це в середньому 3% зростання, але в березні об'єм трафіку виріс на 30% в порівнянні з січнем. У березні 2019 року їхня піковий трафік становив 82 Тбіт/с; в березні 2020 він становив 167 Тбіт/с, а стійка добова швидкість трафіку вище, ніж пікове значення березня минулого року. Приблизно 9 березня інтернет-біржі в Амстердамі, Франкфурті та Лондоні збільшили трафік на 10-20%. Трафік в Мілані виріс на 40% в день початку карантину в Італії [2].

Водночас у фахівців викликає занепокоєння зростання числа атак: в тому ж Akamai з лютого по березень кількість щоденних DDoS-атак збільшилася на 20%, а в Nokia - на 40%. Зростання інтернет-трафіку, яке було відстежено, залежить від міста; з початку січня по кінець березня він зріс лише на 11% в Берліні і на 22% в Лондоні (і на 17% по Великобританії в цілому), але він виріс на 40% в Нью-Йорку і 48% в Сан-Франциско і Кремнієвої долині. Фактично, по всьому світу зростання становить від 20% до 70%.

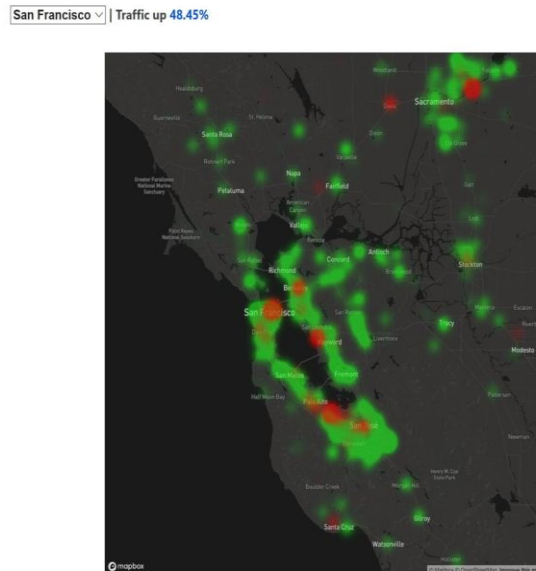


Рисунок 1.9 – Відсоток трафіку в місті Сан-Франциско

Також можна помітити зміни в тому, звідки люди підключаються; використання збільшується в житлових районах, але помітно знижується в центрі Сан-Франциско, центрі Сан-Хосе і особливо в районах Купертіно і Маунтін-В'ю, де є свої кампуси Apple і Google.

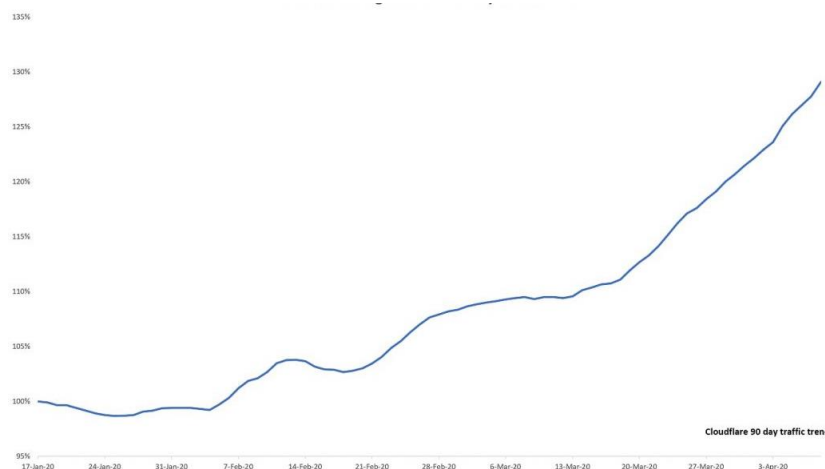


Рисунок 1.10 – Тенденції використання Інтернету в США за січень-березень 2020 року

Використання служби віртуальних робочих столів Windows потроїлася, використання Azure збільшилася на кілька мільйонів ядер в березні, а зборів в Teams ростуть з експоненційної швидкістю: з 560 мільйонів хвилин 12 березня і 900 мільйонів 16 березня до 2,7 мільярда хвилин в березні. Google Meet дозволяє проводити 2 мільярди хвилин відеоконференцій в день, а Skype має 40 мільйонів щоденних користувачів (зростання на 40% з лютого по березень), а кількість дзвінків з Skype в Skype збільшилася на 220%.

В даний час в Teams включається в два рази більше людей, а кількість відео дзвінків в березні виросло більш ніж на 1000%. Зустрічі в Azure Stream стають все більше: Microsoft довелося збільшити ліміт з 10 000 до 100 000 користувачів за одні збори. В США, відео-конференції суттєво змінюють структуру інтернет-трафіку. За даними Nokia, в березні висхідний трафік в США виріс на 30%; в деяких частинах Європи середнє значення на одного споживача в висхідному напрямку знизилося з пікового значення 1,1 Мбіт/с до 1,7 Мбіт/с з початку березня (і залишається на цьому рівні протягом тривалого часу) [8].

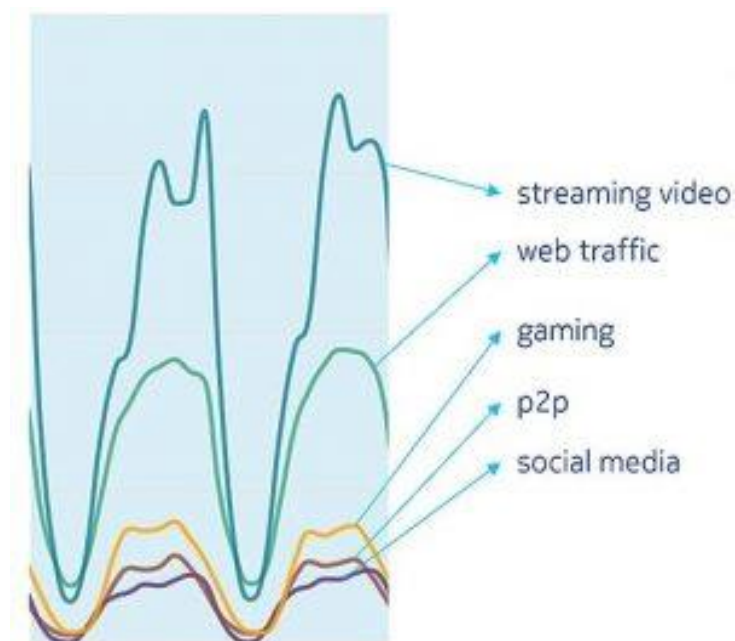


Рисунок 1.11 – Трафік по вихідним в Європі, коли країна ізольована

Ігровий трафік зростає, але і його перебиває трафік від користувачів, що просто переглядають Інтернет-сайти; веб-трафік генерує більше трафіку, ніж що-небудь, крім потокового відео. А трафік Akamai передбачає, що не тільки існуючі передплатники потокового відео дивляться значно більше, але і кількість нових підписок теж зростає [17].

Веб-трафік Verizon збільшився на 20% за тиждень, оскільки користувачі з США почали залишатися вдома в березні, і це як і раніше на 27% вище, ніж зазвичай; Використання VPN збільшилася на 49%, коли співробітники працюють з дому, відео - на 36%, а онлайн-ігри – на 115%. ThousandEyes відстежує підключення як до хмари, так і до інтернет-провайдерів і повідомляє, що використання VPN у всьому світі зросла в п'ять разів.

Використання даних Vodafone збільшилося на 30% у Великобританії ще до того, як уряд розпорядився про блокування, і на 50% в деяких країнах ЄС. За даними App Annie, в світовому масштабі користувачі завантажили на 30% більше мобільних ігор в березні в порівнянні з попереднім роком, особливо на багато користувачів ігри, такі як Words With Friends, але люди також завантажують більше додатків для покупок, додатків для здоров'я та фітнесу, додатків для доставки їжі і т. д. додатки для управління своїми грошима і інші додатки для відео конференц зв'язку.

Таблиця 1 – Зріст та спад Інтернет використання трафіку

Тип використання	Тиждень за тижнем зміна	Зміни порівняно із типовим днем до COVID-19
Ігри	4%	115%
VPN	-5%	49%
Відео	0%	36%
Завантаження	-1%	39%
Web-сторінки	-2%	27%
Соціальні мережі	-8%	-12%
Голосові хвилини використання	-5%	25%

Кількість дзвінків на мобільні телефони теж зростає: 800 мільйонів дзвінків в день через Verizon вдвічі більше, ніж в День матері (найбільш завантажений дзвінками рік в США), в основному для дзвінків на конференц-номера. Використання смартфонів в цілому зростає, але також зростає використання ноутбуків і настільних комп'ютерів в усіх вікових групах: 72% мілленіалов в недавньому дослідженні Global Web Index заявили, що вони використовують свої телефони більше, але 42% заявили, що вони використовують свої ноутбуки більше і 31 % їх настільні ПК [6].

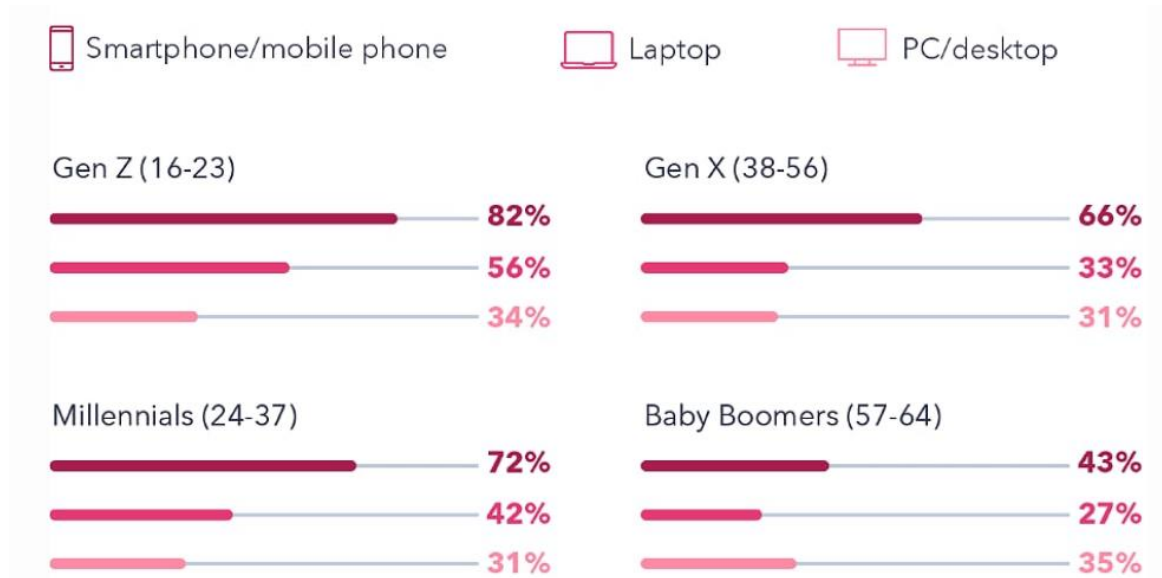


Рисунок 1.12– Використання мобільних пристроїв та ПК / ноутбуків

І оскільки люди вдома, більше мобільних пристроїв підключається через Wi-Fi.

Змінилася не тільки кількість часу, який користувачі проводять в Інтернеті, а й час роботи різних служби, що використовуються; час доби теж інше. Попередній пік припадав на 17:00. і 23:00, а зараз з 8:00 до 23:00. глобально. В основному час простою в мережі – це коли користувачі сплять.

Cloudflare бачить чіткий ранковий пік трафіку в заблокованих районах, а також звичайний вечірній пік. Пік використання мобільного зв'язку Vodafone в Великобританії припадав на 18:00. до 20:00, тепер з полудня до 21:00. Також в Великобританії широкосмуговий трафік даних в денний час в ВТ виріс на 60%, хоча це все ще тільки половина середнього використання у вечірній час. Абоненти кабельного телебачення в США більше знаходяться в мережі в робочий час: в березні використання мережі зросла на 40% з 9:00 до 17:00. через тиждень після того, як CDC оголосив COVID-19 пандемією, згідно OpenVault.

Використання Інтернету демонструє чітку закономірність, яка відповідає подібним новинам, а також наказам про блокування, і це, схоже, однаково для різних країн.

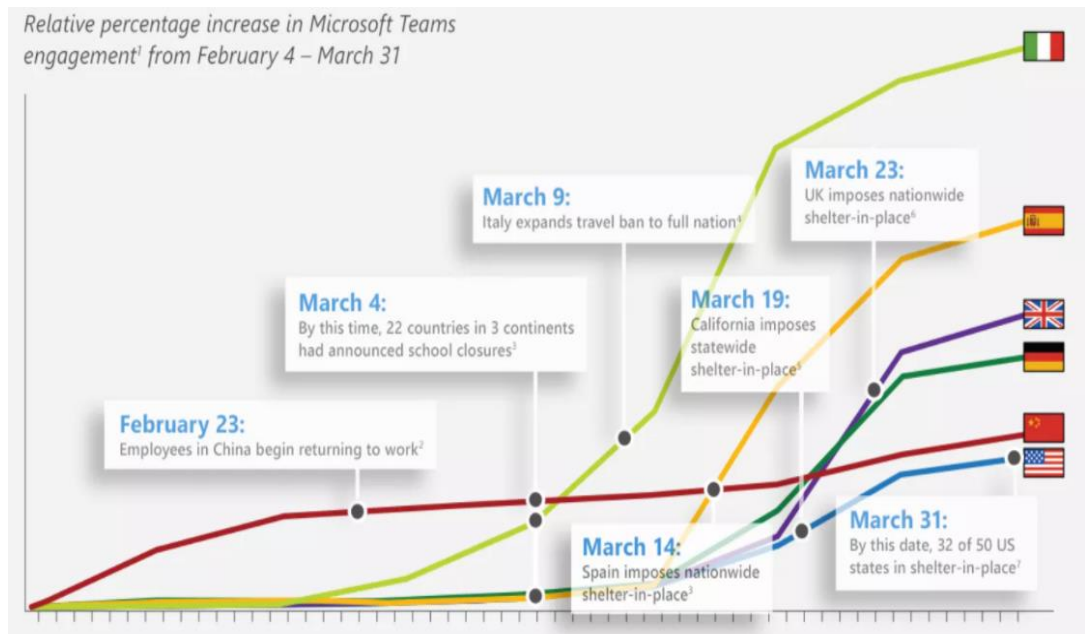


Рисунок 1.13 – Вплив на використання технологій

Було порівняно трафік в перших чотирьох країнах (Китай, Італія, Корея і Японія) з ростом глобального інтернет-трафіку. На початку року, можливо, через святкування китайського Нового року, зростання трафіку був трохи нижче, ніж в решті світу, але коли почалися блокування, зростання трафіку було на 30% швидше, ніж в інших країнах – до тих пір, поки інші країни також не були заблоковані. За даними App Annie, в перші дві тижні лютого щотижневі завантаження програм з Apple App Store в Китаї вирости на 40% в порівнянні з попереднім роком.

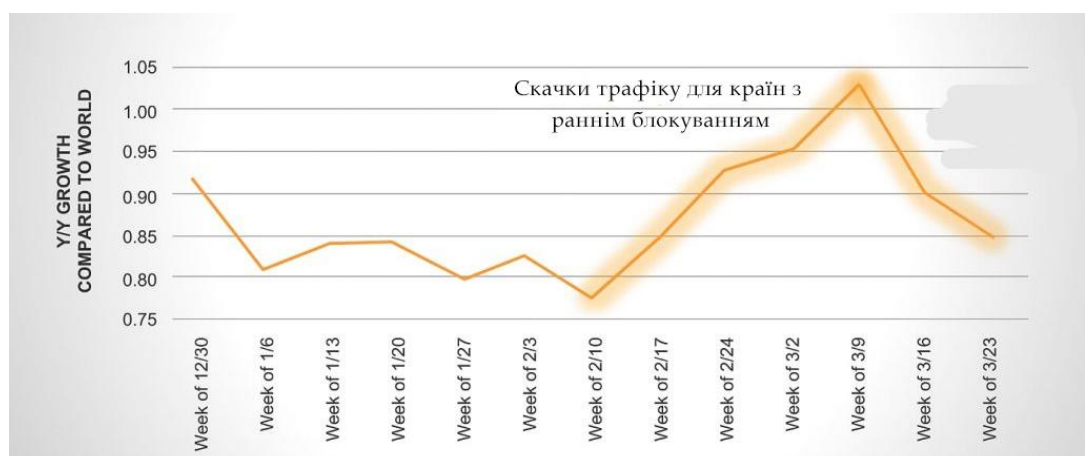


Рисунок 1.14 – Трафік у перших чотирьох країнах (Китай, Італія, Корея та Японія)

Така сама картина спостерігається і в інших країнах. Коли голландський уряд оголосив про закриття несуттєвих підприємств і коли президент Франції

оголосив про блокування, Грехем-Каммінг сказав, що інтернет-трафік зменшився, поки люди дивилися та слухали новини.

Відразу після блокування піковий інтернет-трафік в робочий день, який Nokia вимірює завдяки своїй службі Deerfield, зростає на 45-50%, а піковий трафік у вихідні вечори – на 20-40%, але потім стабілізується на рівні 20-30%.

У той час як було виявлено, що розробники в компанії були «більш продуктивними» в березні 2020 року, ніж в тому ж місяці 2018 або 2019 року, при цьому запити на витягування в масштабах компанії залишилися на тому ж рівні, що і організація перейшла на роботу з дому, інженери в Команда Офісу також працювала триваліше.

За даними на кінець червня, лише чверть інтернет-користувачів по всьому світу очікують, що після пандемії будуть працювати з дому частіше, ніж до коронавірусу.

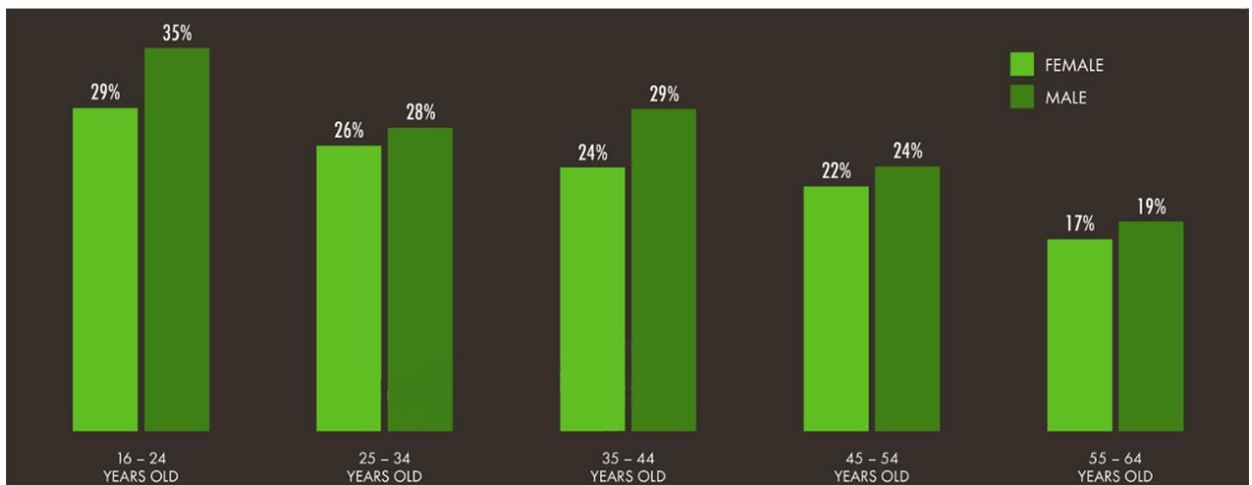


Рисунок 1.15 – Стійкі плани роботи з дому

Однак ця цифра значно відрізняється в різних країнах: більше половини респондентів в Індії і на Філіппінах очікують, що робота з дому стане більш поширеним явищем. При цьому, як і в багатьох аспектах життя, це зміна в поведінці, що свідчить про однозначний тренд. Обмеження допомогли багатьом людям і підприємствам зрозуміти, як адаптувати роботу з дому до їхніх потреб, але як тільки необхідність в соціальному дистанціюванні спаде, багато хто буде працювати з громадських місць - за власним бажанням або за потребою.

Таким чином, найімовірніше після пандемії працівники підприємств будуть працювати з різних місць - там, де це зручніше з урахуванням контексту. Ця еволюція матиме важливі наслідки для підприємств, особливо в сфері B2B. Наприклад, попит на товари і послуги, що допомагають людям працювати ефективніше і продуктивніше з дому, - офісні стільці, комп'ютерні монітори, платформи для групової комунікації, безпечні віддалені з'єднання та інше з цієї області - збережеться в найближчі кілька місяців. Із закріпленням і розвитком звичок, які формуються при роботі з дому, з'являються і нові комерційні можливості. У різних країнах і культурних умовах вони можуть бути різними.

Популярність відеоконференцзв'язку говорить про те, що цей формат відповідає потребам людей при роботі з дому. За даними GlobalWebIndex, трохи більше чверті інтернет-користувачів планують користуватися такими платформами та інструментами частіше, ніж вони користувалися ними до епідемії. Дослідження вказує на досить сильні розбіжності в очікуваннях: так в майбутньому відеозв'язок планує використовувати лише 1 житель Японії з 10, що мають доступ в інтернет, а в Індії таких більше половини від усіх інтернет-користувачів.

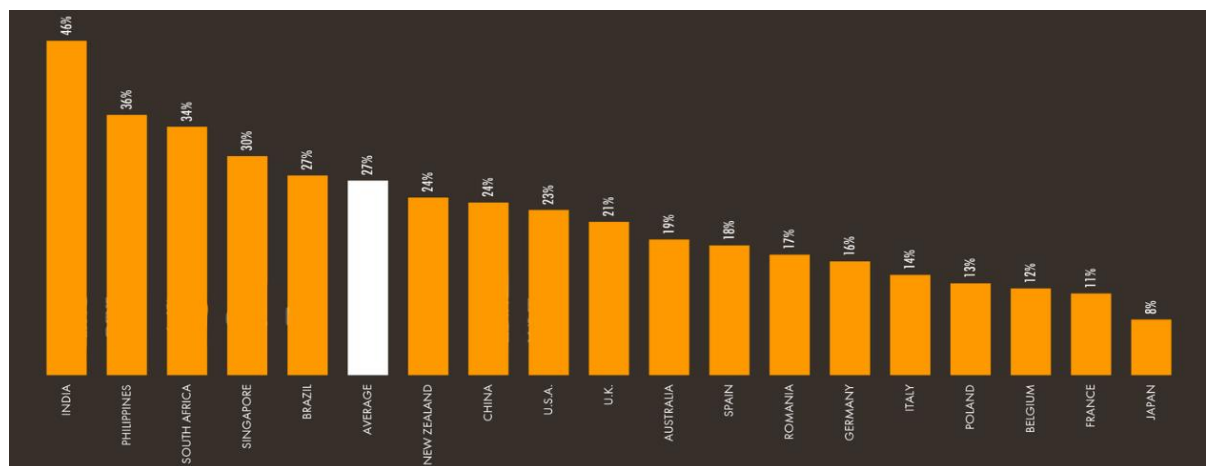


Рисунок 1.16 – Використання відеоконференції

Цікаво, що такі відмінності, ймовірно, не пов'язані з технологічними факторами. Індійські інтернет-користувачі люблять відеоконференції і відеодзвінки більше, ніж користувачі в будь-якій країні, не дивлячись на те що інтернет-зв'язок тут один з найбільш повільних в світі.

Можна припустити, що, як це часто буває з пристроями, підключеними до інтернету, темпи впровадження та цифрова активність більше залежать від віку людей, ніж від інфраструктури. Звичайно чим вище середній вік населення країни, тим менше ймовірність того, що недавні події викличуть серйозні і довгострокові зміни в цифрових звичках місцевих інтернет-користувачів. Ця гіпотеза підтверджується світовою статистикою більш широкого використання відеозв'язку в залежності від віку та статі. Спостерігається явне розбіжність між очікуваннями молодих і більш старших користувачів.

У будь-якому випадку зростання популярності відеоконференцій призвела до появи безлічі додаткових інструментів в цифрових платформах. Найбільше, від нових користувацьких середовищ виграв Zoom. Ймовірно, це лише питання часу, коли продукт перейде на модель монетизації через показ реклами в відеоконференціях для тих користувачів, які не купили платні пакети.

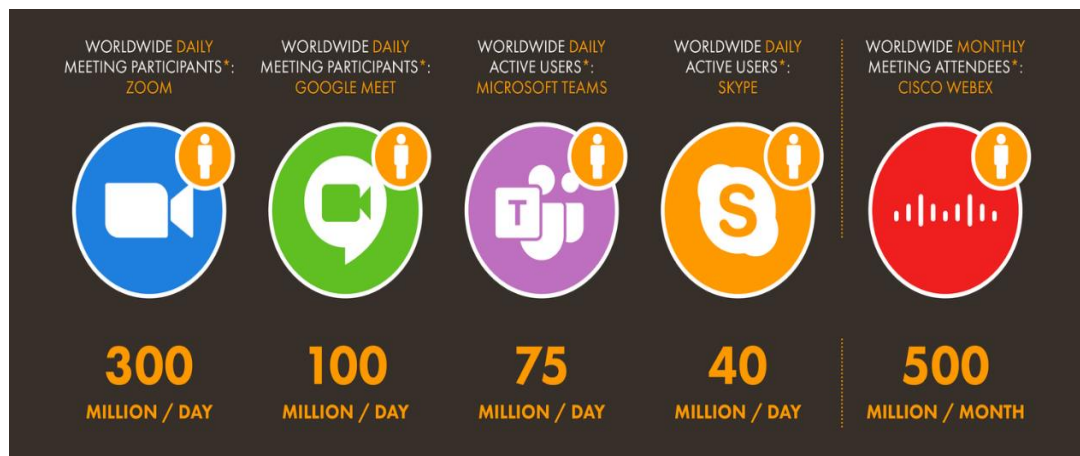


Рисунок 1.17 – Платформи, для відео конференцій

Самоізоляція європейців збільшила навантаження на інтернет-інфраструктуру на всіх рівнях починаючи з березня місяця, однак різні джерела дають різні дані. Одні кажуть, що навантаження зросло багаторазово, інші заявляють про цифри в районі 20 відсотків. Правда, у всякому разі для TIER-1 хаба в Амстердамі, виявилася десь посередині: згідно зі статистикою AMS-IX, середнє навантаження по трафіку зросло приблизно на 50%, з 4,0 до 6,0 ТБ/с.

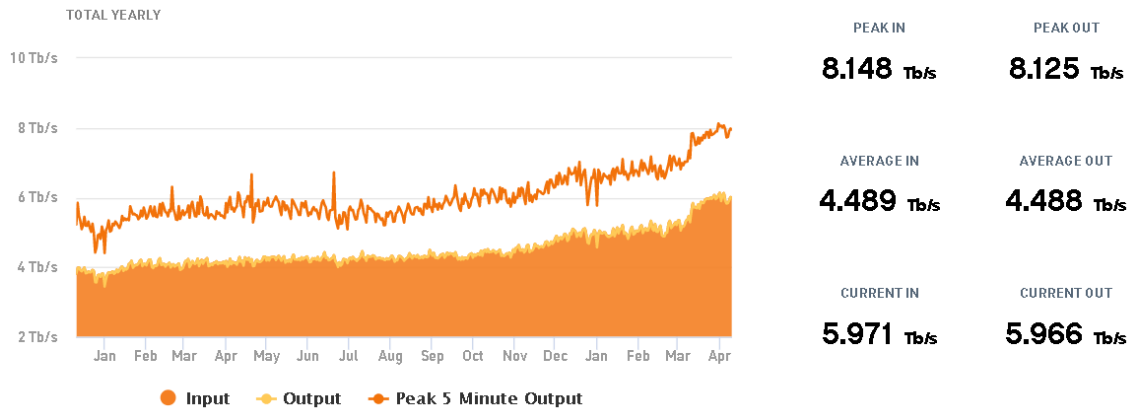


Рисунок 1.18 – Навантаження на інтернет трафік

Ще в середині березня YouTube заявив, що знижує якість відео для користувачів Великобританії і Швейцарії, а після - і по всьому ЄС і світу. Ті ж заходи стали вживати і інші відеохостінги і стрімінгові сервіси, в першу чергу Netflix і Twitch.

Однак жодне джерело не вказало конкретно, про які потоках даних йдеться, хоча все згадують різке зростання навантаження.

Якщо звернутися до статистики AMS-IX – одного з найбільших магістральних провайдерів ЄС з головним вузлом в Амстердамі, то картина буде наступною.

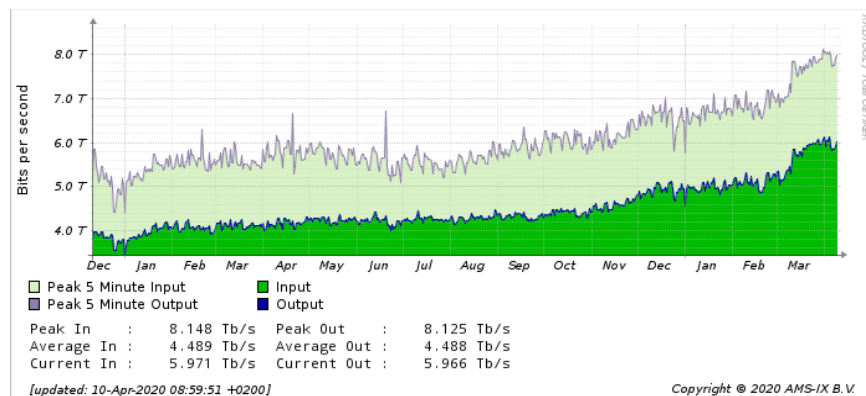


Рисунок 1.19 – Динаміка навантаження на вузли

Тенденція до зростання споживання каналу серед користувачів стала формуватися ще в кінці минулого року, що вкладалося в парадигму розвитку 4G-мереж з подальшим переходом на 5G. Карантинні заходи, за фактом, привели до того, що навантаження, яке очікувалося провайдерами та операторами зв'язку тільки через два-три роки, виникло на початку 2020-го року [21].

На це вказує статистика по всіх з'єднаннях і дата-центрах, з якими пов'язана мережа AMS-IX, тобто це цілком релевантні дані, які показують динаміку навантажень по Європі.

Якщо подивитися на зображення на Рис. 1.19, то можна побачити підтвердження тези про те, що в перевантаженнях інтернету винен не тільки коронавірус: динаміка зростання споживання каналу стала очевидна ще в жовтні-листопаді 2019 року, коли вірус не виявили ще навіть в Китаї. Причому за місяць, з жовтня по листопад, трафік виріс на $\sim 15\%$ або на $\sim 0,8$ ТБб/с, з $\sim 4,2$ ТБ/с до 5 ТБ/с.

Графіки добового споживання каналу пояснюються наступним чином: зростання навантаження збігається зі світловим днем, а його пік припадає на час ближче до півночі, з різким падінням майже до нульових значень пізно вночі:

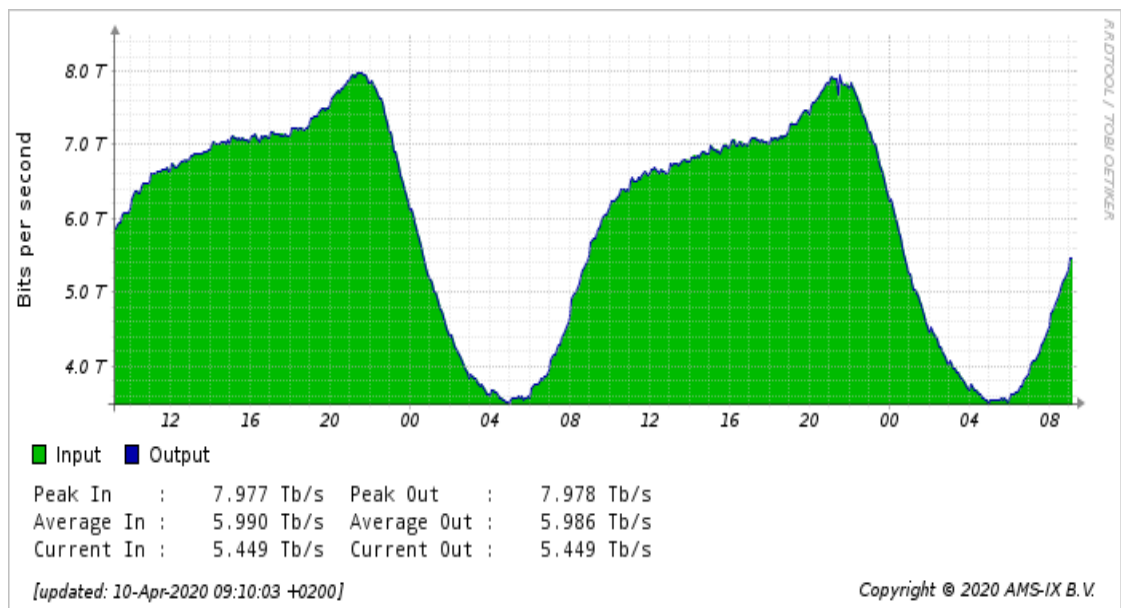


Рисунок 1.20 – Добове споживання трафіку

Варто зазначити, що на тлі ситуації, що склалася з самоізоляцією, день тижня перестав впливати на споживання каналу користувачами в Європі. З практично ідентичних графіків тижневого навантаження вибивається тільки неділя – в цей день люди сидять в мережі трохи більше, ніж в інші дні.

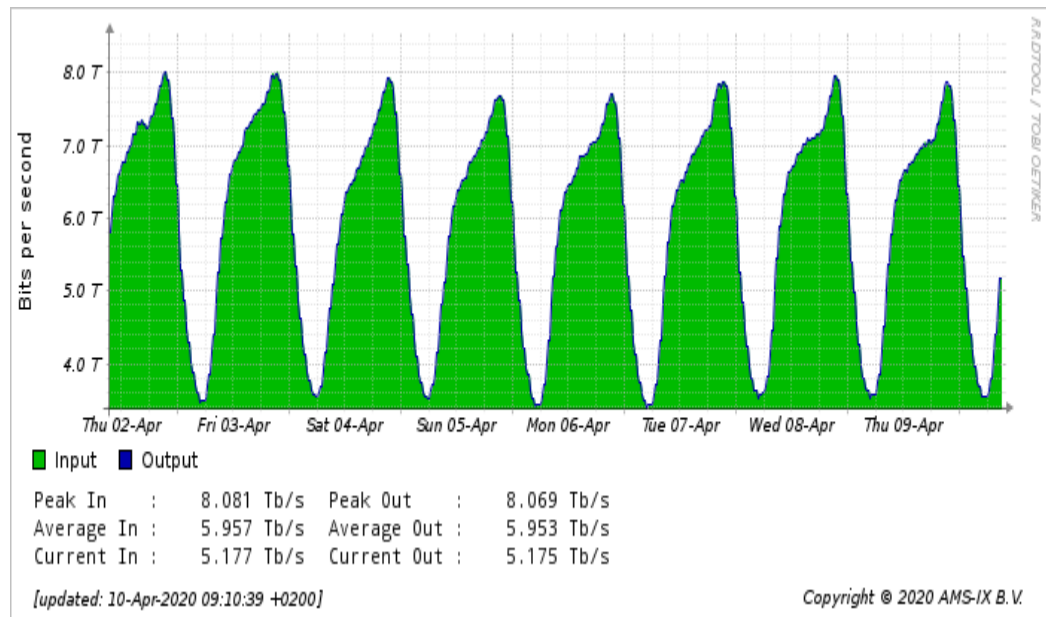


Рисунок 1.21 – Піковий трафік на одній із неділь

Водночас деякі експерти не пов'язують зростання навантаження на мережі з переходом людей на віддалену роботу. Вони зазначають, що Zoom або іншим VoIP спричиняє незначне навантаження на канал в режимі відеоконференції: Skype, Zoom або інші додатки ніколи не ставили собі за мету видавати FullHD картинку в високому бітрейті. Їх завдання суто утилітарне - дати можливість побачити і почути співрозмовника, ні про яку високу якість і навантаженні на сучасний канал мови не йде. Швидше, більше трафіку генерує Pornhub зі своїми акціями для передплатників, ніж всі віддалені працівники по європейському континенту разом узяті.

Більш реалістичний сценарій, коли головне навантаження дають YouTube і Netflix, що чітко видно на графіках, які злітають вертикально вгору, до 6 ТБ/с, після закінчення робочого дня. Навантаження тримається якраз до півночі - часу, коли більшість вимикають кіно або серіал і йдуть спати.

В цілому, експерти вважають, що мережі повинні впоратися із збільшеним навантаженням, а ситуація, що склалася тільки підстьобне провайдерів до оновлення як магістральної, так і інфраструктури «останньої милі», адже в ЄС досі популярний ADSL і xADSL широкопasmовий доступ, що для 2020 практично варварство, а 3-4G вже не справляються.

Можна подумати, що зараз на якість зв'язку чинять тиск не тільки постійні, але пікові навантаження: вперше в історії європейські мережі

зіткнулися з таким трафіком, а коливання навантаження в момент часу складають до 2 ТБ/с в прайм-тайм, з 6 стабільних до 8 пікових ТБ/с, але насправді така ситуація - цілком звична для провайдерів і всі проблеми полягають скоріше в загальному обсязі даних, а не в з коливаннях.

З урахуванням середнього зросту споживання каналу в районі 20-26% в рік, зараз пікові коливання по ЄС можна порівняти з усім стабільним інтернет-трафіком континенту п'ять років тому, але такі «ривки» навантаження були практично завжди. Графік від DE-CIX, ще одного великого магістральщика ЄС з Франкфурта, одного з двох найбільший вузлів континентальної Європи нарівні з Амстердамом:

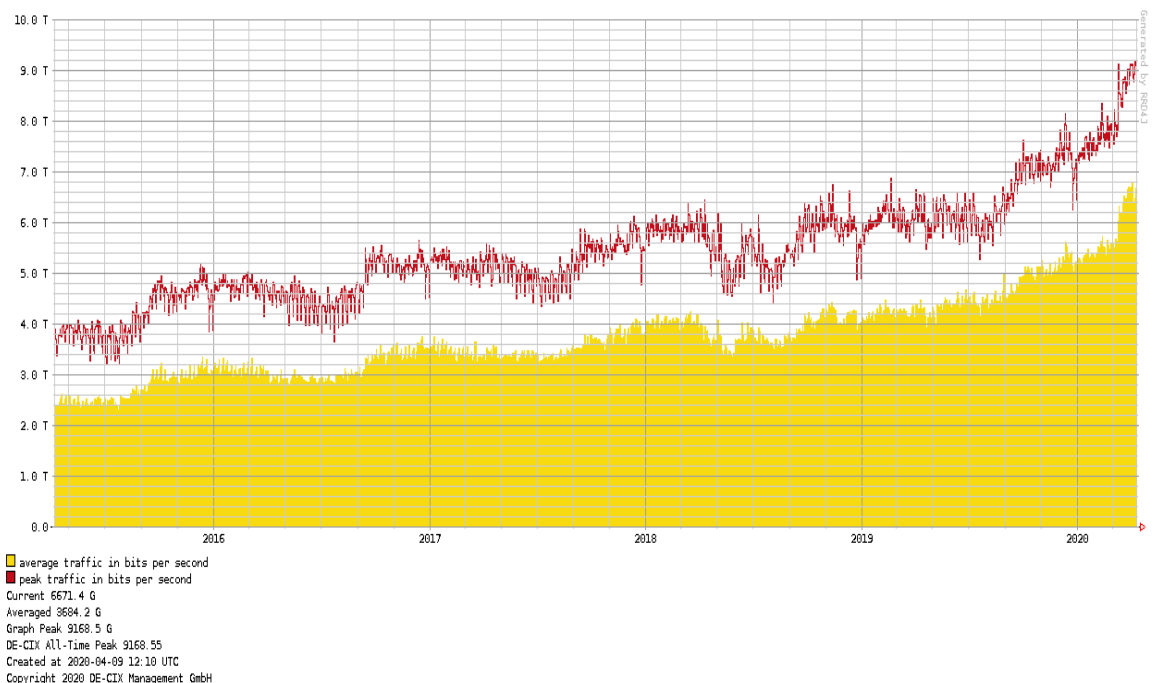


Рисунок 1.22 – Ріст трафіку по магістральній лінії

Як видно, пікове навантаження на мережі DE-CIX в 2015 році становило близько 4 ТБ/с, коли як середнє - всього 2 ТБ/с. Якщо лінійно екстраполювати ситуацію, то за логікою, при середньому навантаженні в 6 ТБ/с, сучасні пікові повинні складати 10-12 ТБ/с. Для цього існують всі умови: розвиток стрімінгових сервісів, проникнення 4G і інтернету в кожен будинок. Але цього не сталося. Пікові навантаження на протязі всіх п'яти років спостережень DE-CIX складають плюс-мінус 2 ТБ/с, незалежно від розмірів стабільної навантаження на канал. Чому так відбувається? Це питання до експертів по магістральних мережах.

Проаналізувавши, що використання Інтернету в Сполучених Штатах від SimilarWeb та Apptopia, двох Інтернет-провайдерів даних, виявляє, що наша поведінка змінювалася, іноді різко, коли вірус поширювався і штовхав людей до наших пристроїв для роботи, ігор і тому подібне.

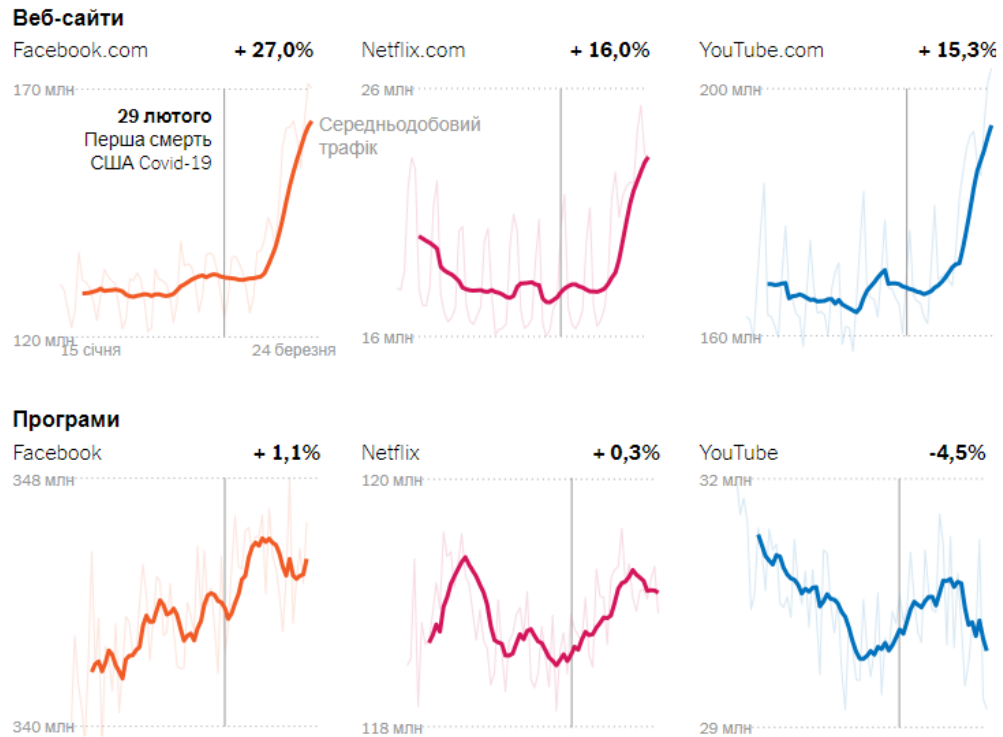


Рисунок 1.23 – Трафік соціальних мереж та ПЗ

Поки майже всі публічні збори скасовані, людство шукає розваги в потокових сервісах, таких як Netflix та YouTube, і прагнуть зв'язатись між собою в соціальних мережах, таких як Facebook.

Протягом останніх кількох років користувачі цих послуг все частіше переходили до своїх смартфонів, створюючи галузеву спрямованість на мобільні пристрої.

Facebook, Netflix та YouTube бачили, що кількість користувачів у своїх телефонних програмах зменшувалась, оскільки їх веб-сайти зростали, про що свідчать дані з SimilarWeb та Apptopia. ПодібніWeb та Apptopia обидва черпають свої дані про трафік з кількох незалежних джерел, щоб створити дані, які можна порівняти в Інтернеті. Зі зростанням соціального дистанціювання люди шукають нові способи зв'язку, переважно за допомогою відеочатів.

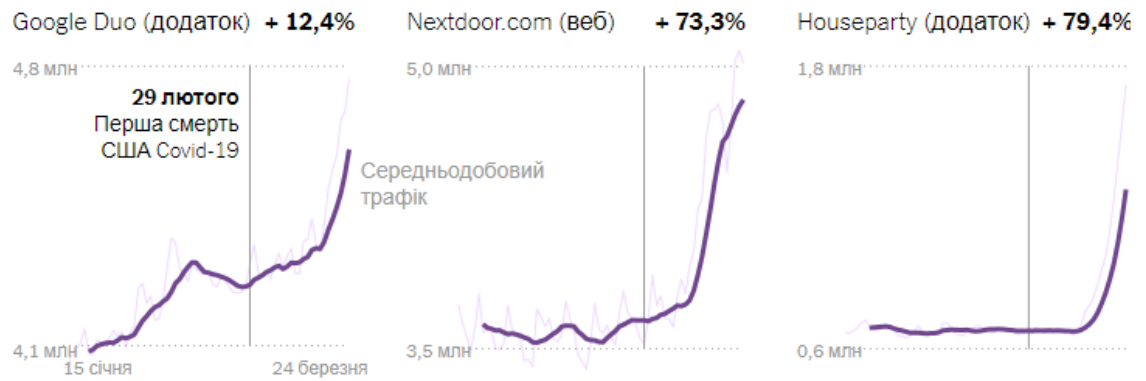


Рисунок 1.24 – Соціальне дистанціювання, способи зв'язку

Хоча традиційні сайти соціальних медіа зростають, люди хочуть більшого, ніж просто з'єднуватися за допомогою обміну повідомленнями та текстом - вони хочуть бачити один одного. Це дало значний поштовх програмам, які раніше були не надто популярними, як-от додаток для відео чатів від Google, Duo та Houseparty, що дозволяє групам друзів приєднуватися до одного відео чату та разом грати в ігри.

Також набагато більше зацікавилися нашим найближчим оточенням, і як воно змінюється та реагує на вірус та карантинні заходи. Це призвело до відновлення інтересу до Nextdoor, сайту в соціальних мережах, зосередженого на підключенні місцевих кварталів, а також люди стали більше покладатися на послуги, які дозволяють нам працювати і вчитися вдома.

Усі офіси та школи в більшості переїхали у підвали, вітальні, а також у домашні стіни. Ніщо не робить більш глибокого впливу на діяльність в Інтернеті, як ця зміна. Шкільні завдання роздаються в Google Classroom. Зустрічі відбуваються в Zoom, Google Hangouts та Microsoft Teams. Однак поспіх до цих послуг привів до нового контролю за практикою конфіденційності.

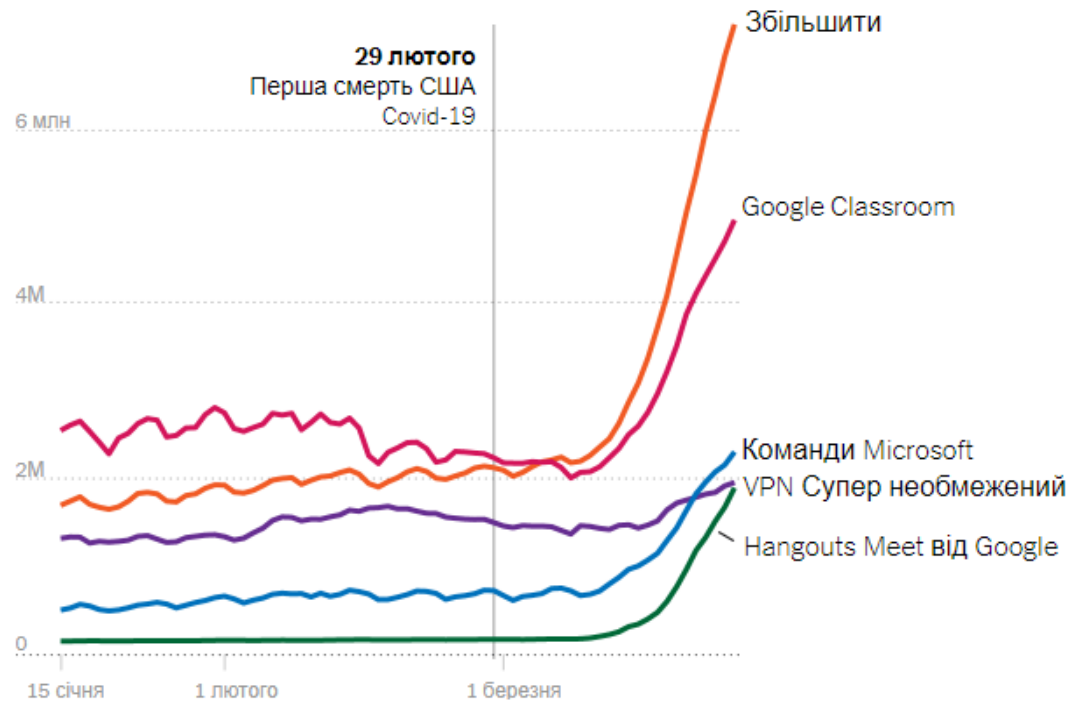


Рисунок 1.25 – Сеанси додатків для популярних віддалених робочих програм

Пошук оновлень щодо вірусу збільшив кількість читачів місцевих та відомих газет, але не партійних сайтів. Відсоток зміни середньомісячного трафіку в США:

- Місцеві сайти новин

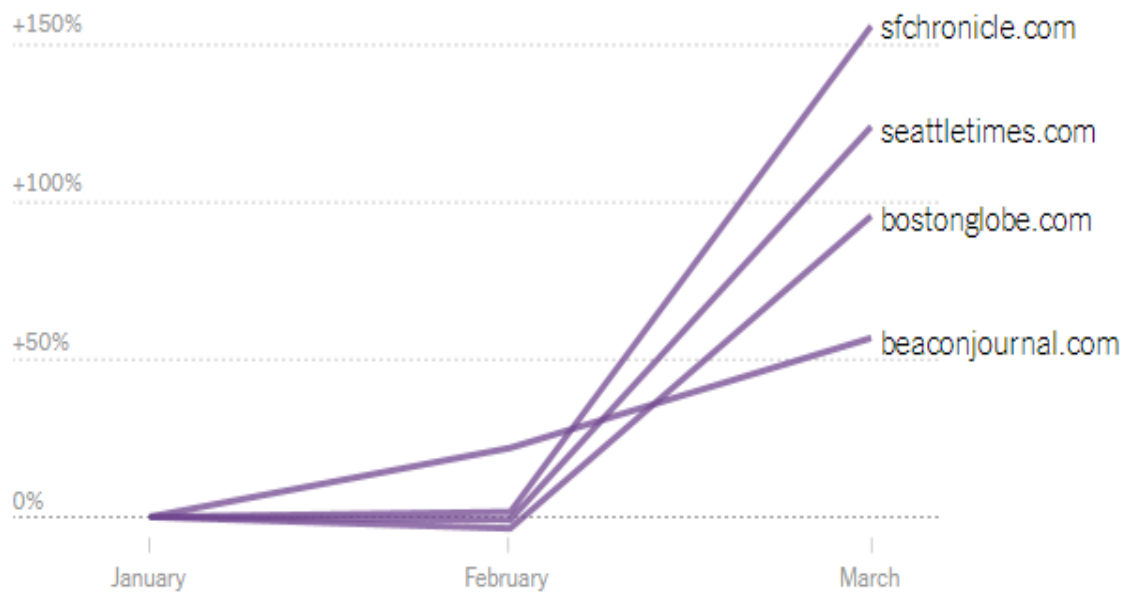


Рисунок 1.26 – Web-сайти

- Великі медіа-організації

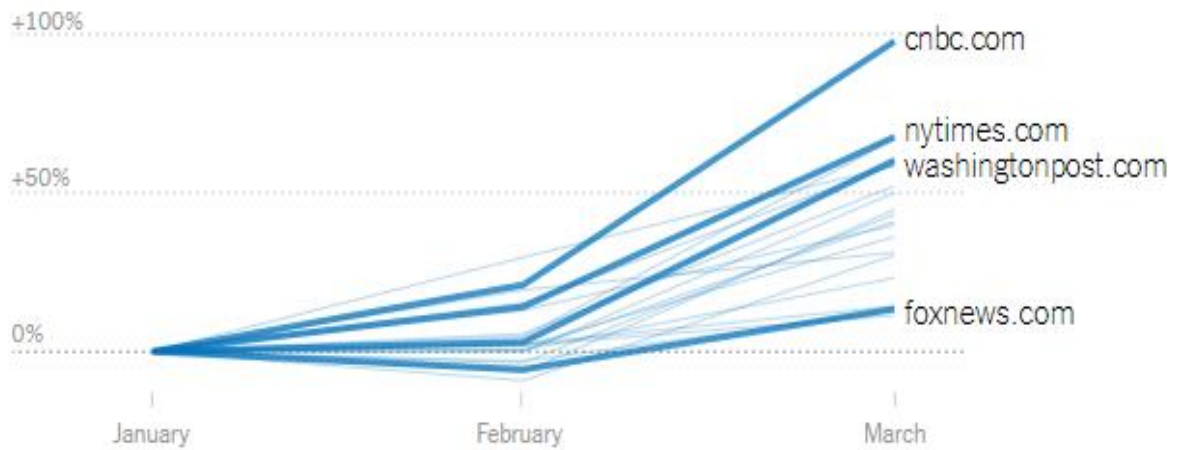


Рисунок 1.27 – Медіа-організації

На тлі невизначеності щодо того, наскільки поганим може бути спалах у США зараз сотні тисяч випадків, коли кількість померлих збільшується з кожним днем – здається, американці хочуть небагато чого більше, ніж останні новини про COVID-19.

Серед найбільших вигодоотримувачів - місцеві новинні сайти, коли відвідувачі намагаються дізнатися, як пандемія впливає на їхні рідні міста. Американці також шукають більш відомі бренди засобів масової інформації для отримання інформації про кризу громадського здоров'я та її економічні наслідки. CNBC, сайт ділових новин, спостерігав за зростанням кількості читачів. Веб-сайти The New York Times та The Washington Post за останній місяць збільшили відвідуваність більш ніж на 50 відсотків, повідомляє SimilarWeb.

Прагнення до останніх фактів про вірус, здається, стримує інтерес до більш самовпевнених думок з партійних сайтів, які визначали медіа-пейзаж протягом останніх років. Публікації, такі як The Daily Caller праворуч та Truthdig ліворуч, зафіксували стагнацію чи падіння цифр. Навіть Fox News бачив невтішні цифри порівняно з іншими великими торговими точками.

Цілеспрямована увага до вірусу витіснила широку цікавість, яка привертає людей до таких сайтів, як Вікіпедія, кількість яких скорочувалась до недавнього підйому, показують дані з SimilarWeb.

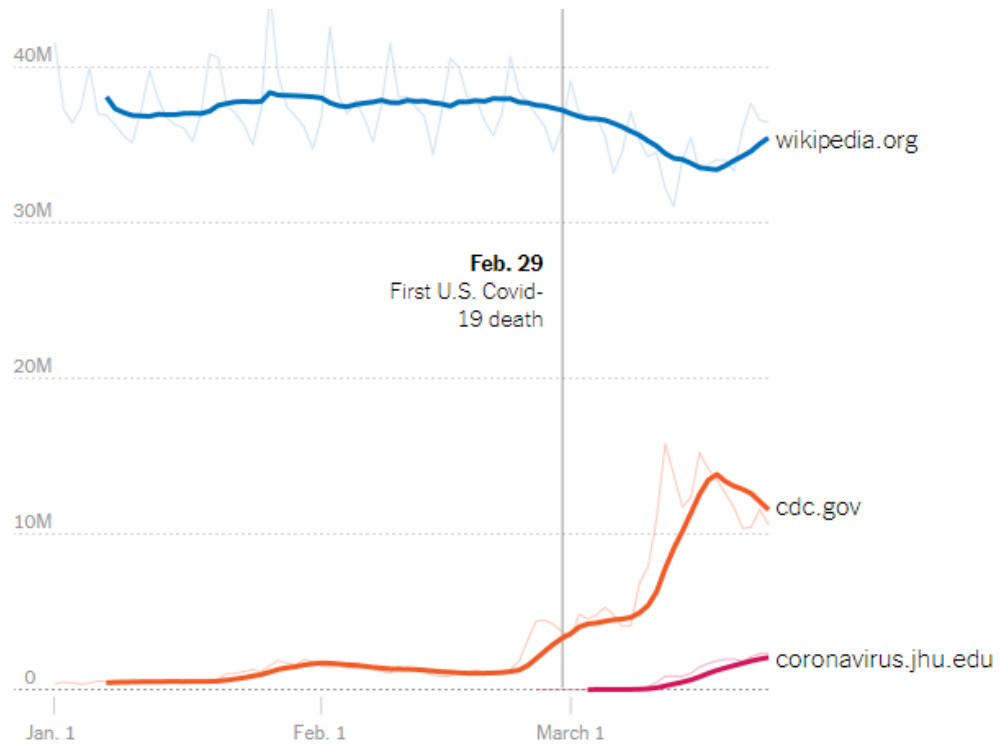


Рисунок 1.28 – Середньодобовий трафік

У той же час, на кількох сайтах із відеоіграми спостерігається стрибок відвідуваності, як і на сайтах, що дозволяють спостерігати за іншими людьми. Twitch, провідний сайт для потокової гри, збільшив трафік на 20 відсотків.

TikTok, мобільний додаток, наповнений короткими кліпами розіграшів та синхронізації, злетів до спалаху коронавірусу і з тих пір продовжує стабільно підніматися. Може бути приємно бачити, що принаймні деякі речі залишаються незмінними внаслідок кризи.

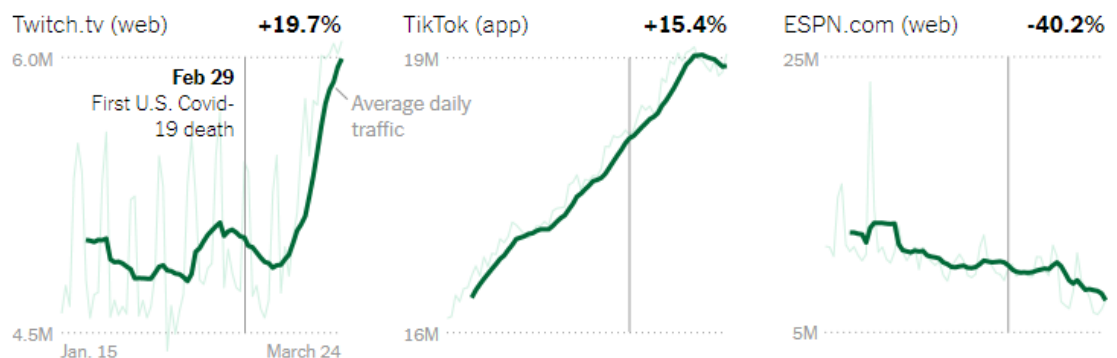


Рисунок 1.29 – Відсоткова зміна популярних мереж

Висновок до першого розділу

На основі досліджень літературних даних та інтернет-джерел можна зробити висновок, що у світі спостерігаються стрімкі зміни форм організації робочого процесу на підприємствах спричинені COVID-19. Кількість підприємств, що перейшли і продовжують переходити на дистанційний режим роботи зростає в геометричній прогресії. Загрози для здоров'я співробітників, що виникають внаслідок COVID-19 призводять до того, що багато з тих, хто працює вдома, роблять це не як привілей, а як імператив.

Такі істотні зміни цілком очевидно впливають і на об'єм трафіку в мережі Інтернет. Але різке збільшення навантаження відчули не тільки інтернет-провайдери, а і мобільні оператори.

Саме завдяки розповсюдженню сучасних мобільних мереж третього і четвертого покоління мобільні мережі передачі даних стали недорогим і доступним інструментом для доступу в Інтернет. Як наслідок – мобільні оператори одними з перших відчули на собі зміни, спричинені пандемією. Варто зазначити, що ті країни, які мали потужну можливість збільшення трафіку мережевого не справились відразу і доводилось відшукувати альтернативні можливості, що дадуть змогу збільшити потік трафіку та працювати без технічних та різких перенавантажень.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАРАНТИННИХ ЗАХОДІВ НА РОБОТУ МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

2.1 Еволюція мобільних технологій

Мобільний зв'язок став популярнішим за останні кілька років завдяки швидкій революції в мобільній техніці. Ця революція пов'язана з дуже високим зростанням клієнтів телекомунікацій. Це революція - від 1G - першого покоління, 2G - другого покоління, 3G - третього покоління, а потім 4G - четвертого покоління, 5G - п'ятого покоління.

– Перше покоління (1G):

1G з'явився в 1980 році. 1G впроваджує мобільні технології, такі як система мобільного телефонного зв'язку (MTS), вдосконалена система мобільного телефонного зв'язку (AMTS), вдосконалена система мобільного телефонного зв'язку (IMTS) та функція "Натисни і говори" (НІГ). Використовує аналоговий радіосигнал, який має частоту 150 МГц, модуляція голосового дзвінка робиться за допомогою методики, що називається множинним доступом частотного поділу (FDMA). Він має низьку ємність, ненадійну передачу даних, поганий голосовий зв'язок і взагалі відсутність безпеки, оскільки голосові дзвінки відтворювалися в радіовежах, завдяки чому ці дзвінки сприйнятливі до небажаного підслуховування сторонніми особами.

– Друге покоління (2G):

2G вийшло наприкінці 1980-х. Він використовує цифрові сигнали для передачі голосу і має швидкість 64 кбіт/с. Він надає можливість SMS (служба коротких повідомлень) та використовує смугу пропускання від 30 до 200 КГц. Поряд з 2G, система 2.5G використовує домен з комутацією пакетів та комутацією схем і забезпечує швидкість передачі даних до 144 кбіт/с. Наприклад GPRS, CDMA та EDGE.

– Третє покоління (3G):

Воно використовує бездротову мережу широкої марки, з якою збільшується чіткість. Дані надсилаються за допомогою технології під назвою

Packet Switching. Голосові дзвінки інтерпретуються за допомогою схеми комутації. Поряд з вербальною комунікацією, вона включає послуги передачі даних, доступ до телебачення/відео, нові сервіси, такі як Global Roaming. Він працює на діапазоні 2100 МГц і має пропускну здатність 15-20 МГц, що використовується для високошвидкісного інтернет-сервісу.

– Четверте покоління (4G):

4G пропонує швидкість завантаження в 100 Мбіт/с. 4G надає таку ж функцію, як 3G та додаткові послуги, такі як MultiMedia, для перегляду програм TV з більшою чіткістю та надсилання даних набагато швидше, ніж попередні покоління. LTE (Long Term Evolution) розглядається як технологія 4G. 4G розробляється для забезпечення якості QoS та вимоги щодо швидкості, встановлені наступними програмами, такими як бездротовий широкосмуговий доступ, послуга мультимедійних повідомлень (MMS), відео чат, мобільне телебачення, вміст HDTV, цифрове відео мовлення (DVB), мінімальні послуги, такі як голос і дані, та інші послуги, що використовують пропускну здатність.

– П'яте покоління (5G):

5G – це 5-е покоління мобільних мереж та еволюція від нинішніх мереж 4G LTE. Він спеціально розроблений для задоволення потреб сучасних технологічних тенденцій, що включає велике зростання даних та майже глобальну зв'язок разом із зростаючим інтересом до Інтернету речей. На своїх початкових етапах 5G-технологія працюватиме в поєднанні з існуючою технологією 4G, а потім рухатиметься як повністю незалежна організація в наступних випусках. 5G – це найновіша стільникова технологія, яка значно збільшить швидкість безпроводних мереж. Таким чином, швидкість передачі даних для бездротових широкосмугових з'єднань, що використовують 5G, складе максимум приблизно 20 Гбіт/с. На противагу цьому при максимальній швидкості 4G, яка становить 60 Мбіт/с, це дуже багато. Більше того, 5G також забезпечить більшу пропускну здатність та вдосконалену технологію антен, що призведе до набагато більше даних, що передаються по бездротовим системам.

І це лише невелика вибірка можливостей технології 5G. Технологія також на дасть різні функції управління мережею, такі як network slicing, за допомогою яких мобільні оператори зможуть створити кілька віртуальних мереж за допомогою однієї фізичної мережі 5G. Існує стандарт, якому повинна відповідати технологія 5G рис. 2.1.

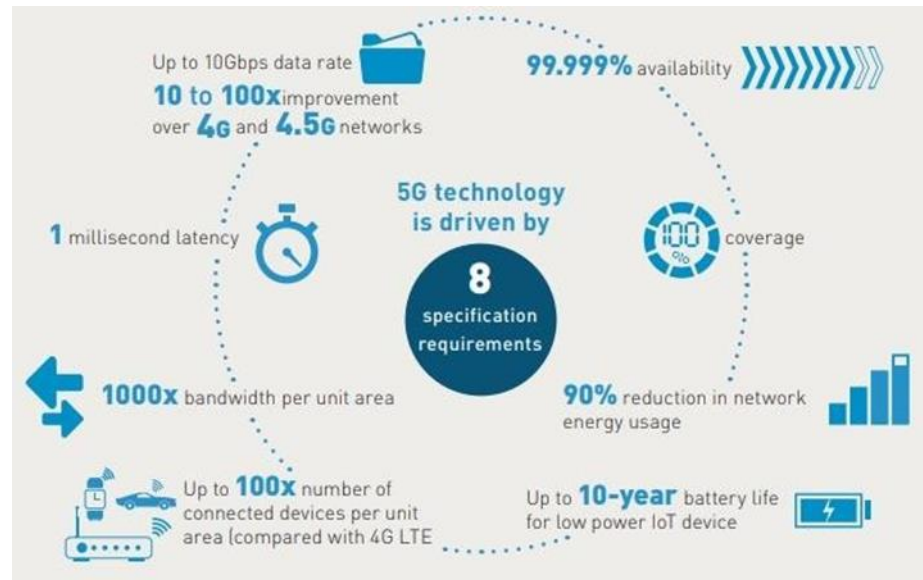


Рисунок 2.1 – Вимоги до безпроводної технології 5G

- Швидкість передачі даних до 10 Гбіт/с – покращення від 10 до 100 разів у мережах 4G та 4.5G.
- 1-мілісекундна затримка.
- 1000x пропускна здатність на одиницю площі.
- До 100x підключених пристроїв на одиницю площі (порівняно з 4GLTE).
- 99.999% доступності.
- 100% покриття.
- 90% скорочення використання енергії в мережі.
- До 10 років роботи акумулятора для пристроїв IoT з низькою потужністю.

2.2 Впровадження та функціонування безпроводної технології 4G (LTE)

LTE (Long Term Evolution) – стандарт мобільного зв'язку. У мережі мобільні дані можуть передаватися по повітрю в великих обсягах і з більш високими швидкостями, ніж це було можливо при більш ранніх стандартах

бездротового зв'язку. Як випливає з назви «Довгострокова еволюція», цей стандарт буде діяти ще довгий час. Запуск 5G цього не змінить. Мережа LTE і раніше буде служити фундаментом для побудови мобільної мережі 5G.

LTE - четверте покоління технологій мобільного зв'язку. LTE складається з ряду удосконалень «Універсальної системи мобільного зв'язку» (UMTS) – третього покоління мобільного зв'язку. Відповідно, 5G складається з ряду поліпшень LTE. Таким чином, очевидно, що 5G є результатом тривалої еволюції стільникових технологій.

В основі мережі LTE лежить архітектура IP-мережі. Ось чому Deutsche Telekom також перетворив свою фіксовану мережу на Інтернет-протокол (IP). Серед інших нововведень в LTE використовується антенна технологія MIMO (кілька входів, кілька виходів). Завдяки малій затримці LTE дозволяє передавати голосові послуги (VoLTE: Voice over LTE) і відео телефонію по Інтернет-протоколу, а також підтримує використання критичних вчасно додатків, таких як онлайн-ігри на вашому смартфоні. Завдяки смузі пропускання 20 МГц LTE може досягати швидкості до 300 Мбіт/с по низхідному каналу і 75 Мбіт/с по висхідному каналі з затримкою менше 20 мілісекунд.

Мобільний зв'язок вийшов на масовий ринок з дебютом стандарту GSM (Глобальна система мобільного зв'язку). Мобільні телефони стали легше і дешевше. Комерціалізація GSM у всьому світі і зростання конкуренції знизили вартість системних технологій і призначених для користувача пристроїв. Основною перевагою GSM для користувачів є те, що навіть після перетину національних кордонів їм не була потрібна нова SIM-карта або пристрій. Крім голосових викликів, в GSM з'явилася можливість відправляти текстові повідомлення через SMS (Short Message Service). На піку користувачі в Україні відправляли 59 мільярдів коротких текстів на рік. З появою WhatsApp, Facebook, Instagram і інших популярність SMS різко впала. У 2018 році в Україну було відправлено 8,9 мільйона коротких текстів.

Крім того, GSM стандартизував номер 112 як «всесвітній телефонний номер служби екстреної допомоги». Навіть сьогодні GSM і раніше є найбільш

широко використовуваним стандартом мобільного зв'язку, хоча за цей час покриття мережі LTE значно збільшилася в сільських районах.

UMTS – це стандарт мобільного зв'язку третього покоління (3G). Мережа UMTS підтримує набагато вищі швидкості передачі даних, ніж мережу GSM. UMTS забезпечує швидкість передачі даних до 42 Мбіт/с. GSM підтримує максимальну швидкість 220 Кбіт/с. Основним нововведенням мережі UMTS було те, що більш висока швидкість передачі даних дозволила передавати музичні файли. Навпаки, LTE забезпечує швидкість до 300 Мбіт/с в низхідному каналі і 75 Мбіт/с у висхідному каналі. Це робить мережу LTE набагато швидше, забезпечуючи передачу відео і навіть потокову передачу.

На аукціоні частот UMTS в липні/серпні 2000 року Федеративна Республіка Німеччина придбала 98,8 мільярда німецьких марок (що еквівалентно приблизно 50 мільярдам євро). Однак UMTS не змогла стримати своїх високих обіцянок. Його швидкість передачі не могла задовольнити зростаючий голод клієнтів по пропускній здатності. Проте, iPhone ознаменував прорив в мобільному Інтернеті, хоча перші моделі iPhone не підтримували UMTS. У 2007 році Deutsche Telekom випустила iPhone на німецький ринок за ексклюзивною угодою, поклавши початок унікальної в своєму роді історії успіху. iPhone 4 був першою моделлю, яка підтримує передачу даних UMTS через HSUPA зі швидкістю до 5,7 Мбіт/с.

Ще одна перевага LTE: при побудові мережі можна використовувати мобільні базові станції, які вже були створені для GSM і UMTS, що позбавляє від необхідності створювати абсолютно нову інфраструктуру для мережі четвертого покоління.

Deutsche Telekom в даний час використовує LTE на наступних частотах (контрольна дата: 30 червня 2020 р.):

- Смуга 3 LTE в діапазоні 1,8 ГГц Deutsche Telekom в даний час використовує ці частоти виключно для LTE.
- Смуга 1 LTE в діапазоні 2,1 ГГц. Ця смуга частот раніше використовувалася для 3G / UMTS. В рамках ініціативи 5G Booster Deutsche

Telekom в червні 2020 року почала використовувати 15 мегагерц з цієї смуги частот для динамічного поділу спектру (DSS), змінної для LTE/4G і 5G.

- Діапазон LTE 7 в діапазоні 2,6 ГГц Ці частоти використовуються в основному в містах для збільшення пропускної здатності мереж LTE. Фізичні властивості цих частот не дозволяють широко використовувати їх через їх обмеженого діапазону.

- Смуга 8 LTE в діапазоні 900 МГц Deutsche Telekom використовує ці частоти для забезпечення гарного покриття всередині приміщень в містах та більш широкого покриття в сільській місцевості.

- Смуга 20 LTE в діапазоні 800 МГц Смуга 20 LTE по суті є материнською мережею LTE. Всі оператори мережі використовують ці частоти, особливо в сільській місцевості.

Враховуючи всі обставини нашого сучасного часу – пандемії COVID-19, розробникам стільникової мережі варто задуматись над тим, як слід поліпшити зв'язок аби мати менші втрати потоку даних, для передачі інформації. «На п'яти» мережі LTE наступає мережа 5G.

Технічно 5G не є незалежною мережею, а скоріше додає нові функції і технічні характеристики до існуючої мережі 4G. Завдяки поєднанню доступних частот Deutsche Telekom значно прискорює розгортання 5G, особливо в сільській місцевості. Це технологічне наступ дає LTE ще один імпульс, тому що у клієнтів є інша смуга частот для використання LTE і, отже, більша пропускна здатність. Динамічне розділення спектру (DSS) гарантує, що цей додатковий спектр може використовуватися клієнтами LTE і клієнтами з пристроями з підтримкою 5G. DSS і додатковий спектр збільшують швидкість передачі даних: в сільській місцевості деякі швидкості збільшилися більш ніж удвічі. Тут клієнти можуть виходити в Інтернет зі швидкістю до 225 Мбіт / с. У міських районах, пікова швидкість складає 600-800 Мбіт / с, а це значить, що користувачі можуть переглядати веб-сторінки навіть швидше, ніж раніше. Комбінація DSS і розгортання сайтів 5G в діапазоні частот 3,6 ГГц складає новий стандарт зв'язку. Як і LTE, 5G також використовує різні діапазони частот для забезпечення покриття в містах і сільській місцевості.

Пандемія COVID-19, а також пов'язані з нею медичні, соціальні та економічні проблеми викликають зміни в мобільному середовищі. Оператори у всьому світі повідомляють про різке зростання використання мобільних даних, включаючи Німеччину, Італію, Малайзію, Філіппіни і Сінгапур, серед багатьох інших країн, але аналітика Opensignal показує, що, незважаючи на ці проблеми, мобільний зв'язок залишається добрим.

Часто оператори допомагають своїм користувачам, пропонуючи додаткові мобільні дані безкоштовно, а іноді навіть пропонуючи необмежений обсяг даних. Це ознака важливості мобільного зв'язку під час кризи як для приватних осіб, так і для бізнесу. Незважаючи на вихори, що вразили всіх, Opensignal зазнав лише відносно невеликі зміни в швидкості завантаження 4G користувачів в деяких країнах і зовсім не змінився.

За даними, які були подані на одному із джерел швидкості завантаження 4G в Азії, Європі, на Близькому Сході, в Африці, Південній і Центральній Америці і Північній Америці, були завантажені по різному. Візьмемо як для прикладу країни Європи.

Belgium	40.6	38.9	40.4	40.1	39.2	39.0	37.0	38.9	39.2	
Bulgaria	42.2	41.9	41.7	40.8	39.3	40.3	40.5	40.0	38.4	
Egypt	15.8	15.7	15.1	15.6	14.6	14.5	13.7	14.9	14.1	
Germany	30.1	30.4	30.2	29.9	30.1	29.9	29.7	30.2	30.3	
Ireland	27.3	27.5	26.2	26.7	27.5	27.0	26.3	23.3	24.0	
Italy	28.1	27.9	28.6	29.2	28.8	28.1	25.2	23.7	23.6	
Netherlands	58.6	57.9	55.5	58.2	57.7	55.7	56.3	57.9	58.9	
Portugal	30.4	29.8	29.3	30.2	30.1	28.7	28.8	27.3	27.9	
Qatar	42.9	42.8	38.3	37.8	37.5	39.2	35.4	31.5	30.4	
Romania	24.6	24.8	25.6	24.4	24.4	24.5	24.8	24.7	24.5	
Saudi Arabia	26.7	26.7	26.9	27.2	27.6	26.1	24.3	23.6	22.2	
South Africa	24.9	24.0	25.5	25.3	24.7	24.6	23.1	23.7	22.0	
Spain	28.6	29.4	30.1	29.5	28.9	29.1	29.0	27.0	27.6	
Switzerland	46.3	47.6	45.8	46.2	45.8	44.4	43.8	42.0	42.8	
UAE	39.2	39.8	41.0	40.5	39.5	39.2	36.2	38.7	35.6	
UK	25.7	26.1	25.6	25.0	25.0	24.5	23.8	24.3	18.3	

Рисунок 2.2 – Мобільний досвід під час пандемії COVID-19

У той час як в цілому оператори пропонували своїм мобільним користувачам стійкі послуги перед обличчям безпрецедентних змін в світі, швидкість дещо знизилася. Ми бачимо ряд можливих причин такого падіння швидкості завантаження 4G. Причини змін в швидкості завантаження 4G включають:

– Підвищене споживання мобільних даних. Оскільки мобільні користувачі більше покладаються на свої телефони для перегляду мобільного відео або проведення відеочатів зі своїми колегами, друзями або родичами, більше споживання даних може викликати перевантаження, що призведе до падіння швидкості.

– Оператори знижують ліміти даних для мобільних пакетів своїх клієнтів. Зазвичай обмеження на обсяг даних, що надаються в рамках тарифних планів стільникового зв'язку, перешкоджають їх використанню, але коли оператори пропонують більше даних, у споживачів більше немає цієї перешкоди для більш широкого використання мобільного зв'язку. Пропозиція більшої кількості даних допомагає споживачам під час кризи і може вказувати на впевненість в тому, що мережа зможе справитися із збільшеним використанням. Зокрема : в Італії ми спостерігаємо повсюдне ослаблення лімітів даних, наприклад, Vodafone пропонує необмежену кількість даних; в США Verizon додав до тарифних планів 15 ГБ.

– Зміна місця використання мобільного телефону. Криза змінила поведінку людей. Уряди багатьох країн наказують своїм громадянам залишатися в своїх будинках без крайньої необхідності. Оскільки більшість жителів не проживають в центрах міст, це означає, що вони можуть проводити менше часу в місцях, де оператори мобільного зв'язку вклали значні кошти в інфраструктуру, і більше часу в частинах міст, де оператори, можливо, не розробили мережеву інфраструктуру для управління великими денні транспортні навантаження.

– Мобільне використання відбувається в різний час доби. Зазвичай користувачі мобільних пристроїв бачать найнижчу денну швидкість завантаження ввечері, близько 20:00. або 21:00 Однак, коли вдома так багато людей, ми починаємо бачити, як швидкість вранці і вдень падає до аналогічного рівня, що знижує загальну швидкість. Opensignal недавно вивчив це зміна денних швидкостей в Італії.

– Оператори приймають превентивні заходи для зниження ризику відключень. У деяких країнах оператори можуть побоюватися, що їх мережі

будуть перевантажені, і замість того, щоб ризикувати, вони можуть зменшити обсяг даних, які їх мережі повинні обробляти, зменшивши максимальну швидкість для багатьох користувачів. Аналогічно цьому, через зайвої обережності, ми бачили, як європейські організації просили провайдерів потокового відео знизити якість відео до появи потенційних проблем, які вони вже зробили.

У Німеччині наші користувачі не помітили значних змін в швидкості завантаження 4G, зі стабільною швидкістю приблизно 30 Мбіт / с, незважаючи на масштаб впливу вірусу на країну в цілому. Вплив в інших регіонах різний, але, як і в інших регіонах, оператори часто роблять кроки, щоб пропонувати безкоштовні дані для підтримки своїх клієнтів під час кризи.

Стало помітно, як ряд країн Європи та Близького Сходу вперше випробували зниження швидкості завантаження 4G в другий тиждень березня – на тиждень раніше, ніж у багатьох країнах Азії. В Італії, Саудівської Аравії і Катарі спостерігалось три тижні поспіль зниження, при цьому швидкість в Італії впала з 28,1 Мбіт / с в перший тиждень березня до 23,6 Мбіт / с в останній тиждень того ж місяця, тобто загальне зниження на 4,6. Мбіт / с. Проте частково це пов'язано з тим, що італійські оператори мобільного зв'язку послаблюють свої звичайні обмеження на передачу даних, щоб допомогти під час кризи.

Кількість наших користувачів в Катарі за той же період знизилася на 8,8 Мбіт/с (22,5%). Хоча вперше побачили падіння швидкості завантаження 4G в Великобританії в другий тиждень березня, тільки на останньому тижні того місяця – найсильніше зниження тиждень за тижнем, зниження на 6,1 Мбіт/с (25%).

2.3 Ріст мобільного трафіку LTE під час пандемії (COVID-19)

Мобільний трафік досяг рекордних 80%, тим самим фактично витіснивши в деяких галузях класичні стаціонарні комп'ютери та ноутбуки. При цьому серйозний приріст трафіку з мобільних пристроїв зафіксований з початку 2020 року, коли в світі почалася пандемія. Очікувалось, що пандемія надасть протилежний вплив на розподіл трафіку між мобільними і настільними системами.

Логічно було припустити, що під час масової самоізоляції популярність стаціонарних систем помітно зросте, адже через пандемію знижується мобільність користувачів. Однак, аналітики SlickJump відзначили помітне зростання обсягів мобільного трафіку в січні 2020 року. Навесні спостерігався невеликий спад, після чого мобільний трафік виріс до рекордного показника, який раніше ще не фіксувався в Україні.

За словами технічних фахівців, поточний показник в 80% – далеко не максимальний. Якщо темпи приросту мобільного трафіку збережуться, то в 2021 році його частка може скласти 88-92%. За минулий рік аудиторія соціальних мереж зросла більш ніж на 10%, і на початок липня 2020 року нараховувала 3,96 мільярда користувачів.

Тобто вперше можна сказати, що тих, хто користується соцмережами, зараз більше, ніж тих, хто ними не користується. Якщо судити по тенденціях зростання, кожен божий день акаунт у соціальних мережах вперше заводили в середньому мільйон людей, а це майже 12 нових користувачів в секунду. Зростання в останні місяці, мабуть, прискорився, хоч планка в половину світового населення вже подолана.

Обмеження пов'язані з COVID-19, ймовірно зіграли свою роль, але багато даних було зібрано в першому кварталі року, тому є ймовірність, що в наступному зрізі статистики ми також відзначимо швидке зростання.

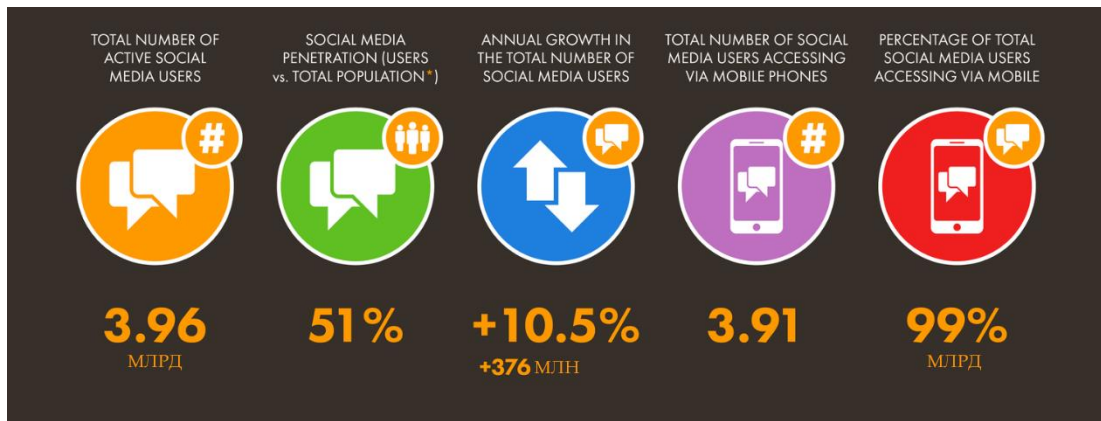


Рисунок 2.3 – Використання соціальних медіа навколо світу

Число користувачів інтернету продовжує впевнено рости: за останніми даними, за минулий рік вперше в інтернет вийшли 346 мільйонів чоловік. Сьогодні інтернетом користуються 4,57 мільярда осіб по всьому світу, що складає майже 60% від загальної чисельності світового населення.



Рисунок 2.4 – Цифрова глобалізація по всім світу

За останні 12 місяців глобальна інтернет-аудиторія збільшилася на 346 мільйонів, що відповідає річному зростанню більш ніж на 8%. В середньому це означає, що з липня 2019 року кожної секунду вперше в інтернет виходять 11 нових користувачів. Цифри по користувачах мобільних телефонів в цьому кварталі не дуже відрізняються від квітневих, але останні дані GSMA Intelligence показують, що число унікальних мобільних користувачів продовжує зростати. Організація повідомляє, що за рік кількість користувачів мобільних виросло на 2,4%, хоча в перші 3 місяці 2020 року темпи зростання сповільнилися до 0,5% в порівнянні з попереднім кварталом. Це уповільнення,

ймовірно, пов'язано з обмеженнями через коронавірус, особливо в Китаї, який сильно впливає на загальне зростання світової економіки.

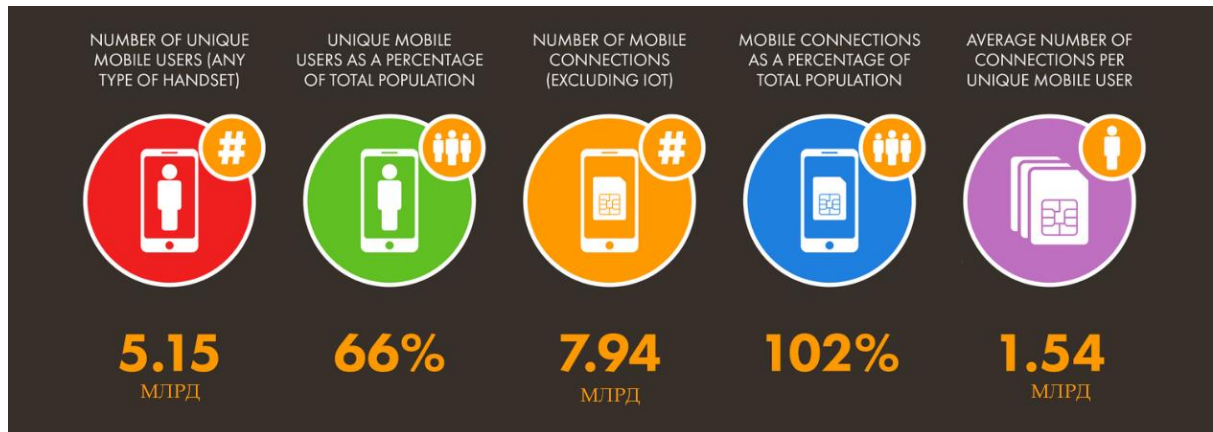


Рисунок 2.5 – Мобільні користувачі і мобільні підключення

2.4 Зміна швидкості й впровадження 5G в умовах COVID-19

Технологія радіо доступу 5G стане ключовим компонентом мережевого суспільства. Він буде спрямований на швидке зростання трафіку і зростаючий попит на підключення з високою пропускнуою здатністю. Він також буде підтримувати величезну кількість підключених пристроїв і задовольняти потреби критично важливих додатків в високонадійній зв'язку в реальному часі. 5G забезпечить бездротовий зв'язок для широкого спектра нових додатків і сценаріїв використання, включаючи носяться пристрої, розумні будинки, безпека/контроль дорожнього руху, критично важливу інфраструктуру, галузеві процеси і високошвидкісну доставку мультимедіа. В результаті це також прискорить розвиток Інтернету речей. Члени МСЕ, включаючи ключових гравців галузі, галузеві форуми, національні та регіональні організації з розробки стандартів, що регулюють органи, операторів мереж, виробників обладнання, а також академічні та дослідницькі установи разом з державами-членами, зібралися в робочу групу, яка відповідала за системи ІМТ, і завершили цикл досліджень ключових вимог до продуктивності технологій 5G для ІМТ-2020.

Аналогічним чином, LTE буде розвиватися таким чином, щоб визнавати його роль в забезпеченні відмінного покриття для мобільних користувачів, а мережі 5G будуть включати доступ LTE (на основі мультиплексування з

ортогональним частотним розділенням каналів (OFDM)) разом з новими радіо інтерфейсом прозорим чином. як до рівня обслуговування, так і до користувачів. Приблизно до 2020 року велика частина доступного бездротового покриття буде як і раніше забезпечуватися LTE, і важливо, щоб оператори з розгорнутими мережами 4G мали можливість перевести частину - або весь - свій спектр на нові технології бездротового доступу.

Для операторів з обмеженими ресурсами спектра можливість впровадження можливостей 5G з можливістю взаємодії – тим самим дозволяючи застарілим пристроїв продовжувати обслуговуватися на сумісному носії – дуже вигідна, а в деяких випадках навіть життєво важлива. У той же час розвиток LTE до моменту, коли воно стане повноправним членом сімейства радіо-інтерфейсів 5G, має важливе значення, тим більше що початкове розгортання нових радіо-інтерфейсів може не працювати в тих же діапазонах. Мережа 5G забезпечить подвійне з'єднання між LTE, які працюють в діапазонах нижче 6 ГГц, і ефірним інтерфейсом NX в діапазонах від 6 ГГц до 100 ГГц. NX також повинен забезпечувати агрегування в площині користувача, тобто спільну доставку даних через компонентні несучі LTE і NX. У цьому моменті пояснюються ключові вимоги і можливості 5G, а також його технологічні компоненти і потреби в спектрі.

Щоб забезпечити можливість підключення для дуже широкого кола додатків з новими характеристиками і вимогами, можливості бездротового доступу 5G повинні виходити далеко за рамки можливостей мобільного зв'язку попередніх поколінь. Ці можливості будуть включати велику ємність системи, дуже високу швидкість передачі даних всюди, дуже низьку затримку, надвисоку надійність і доступність, дуже низьку вартість пристрою і споживання енергії, а також енергоефективні мережі.

За прогнозами, потреби в трафіку для систем мобільного зв'язку різко зростуть. Щоб підтримувати цей трафік доступним способом, мережі 5G повинні доставляти дані з набагато більш низькою вартістю за біт в порівнянні з сучасними мережами. Крім того, збільшення споживання даних призведе до збільшення енергоспоживання мереж.

Отже, 5G повинен споживати значно менше енергії на доставлений біт, ніж існуючі стільникові мережі. Експоненціальне зростання числа підключених пристроїв, таких як розгортання мільярдів датчиків, виконавчих механізмів і аналогічних пристроїв з бездротовим підключенням для масового підключення машин, зажадає від мережі підтримки нових парадигм в управлінні пристроями та підключеннями, які не ставлять під загрозу безпеку.

Кожен пристрій буде генерувати або споживати дуже маленькі обсяги даних до такої міри, що вони окремо або навіть разом матимуть обмежений вплив на загальний обсяг трафіку. Однак величезна кількість підключених пристроїв серйозно підриває здатність мережі забезпечувати сигналізацію і управляти з'єднаннями.

Кожне покоління мобільного зв'язку було пов'язано з більш високими швидкостями передачі даних в порівнянні з попереднім поколінням. У минулому основна увага приділялася пікової швидкості передачі даних, яка може підтримуватися технологією бездротового доступу в ідеальних умовах.

Однак більш важливою можливістю є швидкість передачі даних, яка дійсно може бути забезпечена в реальних умовах в різних сценаріях.

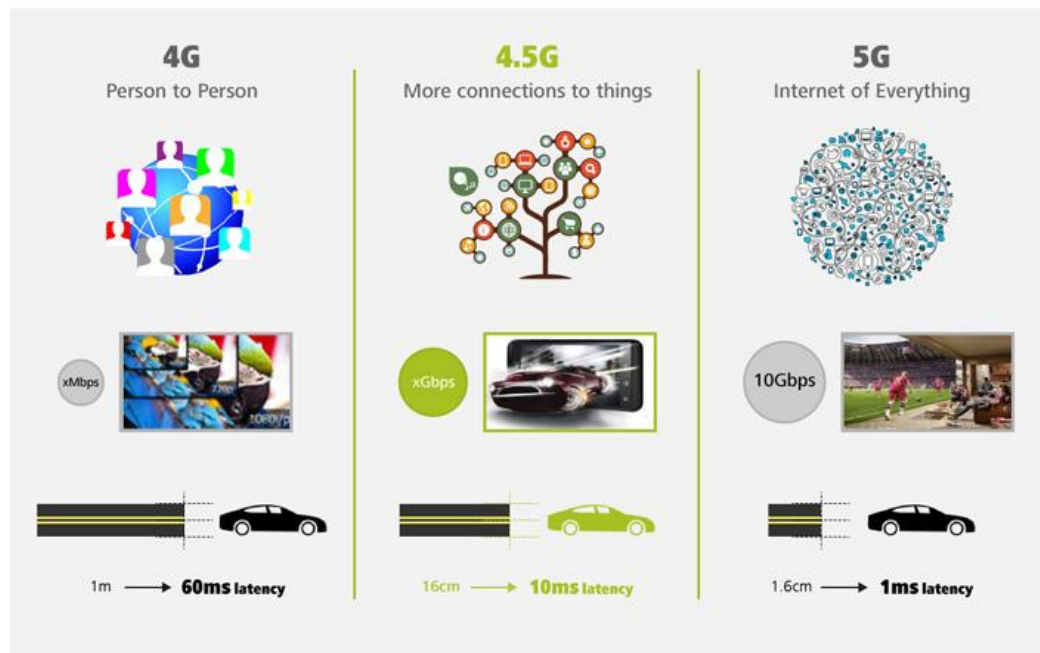


Рисунок 2.6 – Відкрити світ у GIGA

5G повинен підтримувати швидкість передачі даних, що перевищує 10 Гбіт / с, в певних сценаріях, наприклад, в приміщеннях і в щільних зовнішніх середовищах. Швидкість передачі даних в кілька 100 Мбіт / с зазвичай

досяжна в міських і приміських умовах. Швидкість передачі даних не менше 10 Мбіт / с повинна бути доступна практично всюди, включаючи малонаселені сільські райони як в розвинених, так і в країнах, що розвиваються.

Дуже низька затримка обумовлена необхідністю підтримки нових додатків. Деякі ймовірні варіанти використання 5G, такі як безпека трафіку і управління критично важливою інфраструктурою і галузевими процесами, можуть зажадати набагато меншої затримки в порівнянні з тим, що можливо в сучасних системах мобільного зв'язку. Для підтримки таких критичних до затримок додатків 5G повинна забезпечувати наскрізну затримку додатки 1 мс або менше, хоча вимоги до кадріванню на рівні додатку та обмеження кодеків для мультимедіа можуть на практиці призводити до більш високих затримок. Багато сервісів розподілятимуть обчислювальну потужність і сховище поруч з радіо інтерфейсом. Це створить нові можливості для зв'язку в реальному часі і забезпечить надвисоку надійність обслуговування в самих різних сценаріях, від розваг до управління промисловими процесами.

На додаток до дуже низької затримки, 5G також повинен забезпечувати підключення з надвисокою надійністю та надвисокою доступністю. Для критично важливих послуг, таких як контроль критичної інфраструктури та безпека руху, зв'язок з певними характеристиками, наприклад, конкретною максимальною затримкою, не повинен бути просто «типово-доступним». Швидше, втрата зв'язку та відхилення від вимог до якості обслуговування повинні бути надзвичайно рідкісними. Наприклад, деяким промисловим додаткам може знадобитися гарантувати успішну доставку пакетів протягом 1 мс з ймовірністю вище 99 відсотків.

Недорогі мобільні пристрої з низьким енергоспоживанням були ключовою вимогою ринку з перших днів мобільного зв'язку. Однак, щоб забезпечити бачення мільярдів бездротових підключених датчиків, приводів та подібних пристроїв, слід зробити подальший крок з точки зору вартості пристрою та споживання енергії. Має бути можливо, щоб пристрої 5G були доступні за дуже низькою вартістю та з часом автономної роботи кілька років без підзарядки.

Хоча споживання енергії пристроєм завжди було пріоритетним, енергоефективність на стороні мережі нещодавно виникла як додатковий KPI з трьох основних причин:

- Енергоефективність є важливою складовою зменшення експлуатаційних витрат, а також рушієм для кращого розміру вузлів, що призводить до зниження загальної вартості володіння.

- Енергоефективність забезпечує розгортання мереж поза мережею, які покладаються на сонячні панелі середнього розміру як джерела живлення, що дозволяє бездротовому підключенню дістатися навіть до найвіддаленіших районів.

- Енергоефективність необхідна для реалізації прагнення операторів забезпечити бездротовий доступ стійким та більш ефективним способом.

- Важливість цих факторів ще більше зростатиме в еру 5G, а отже, енергоефективність буде важливою вимогою при розробці бездротового доступу 5G. COVID-19 демонструє важливість широко поширеною високошвидкісний широкосмуговий інфраструктури і можливості підключення:

- 5G і Wi-Fi – дві взаємодоповнюючі технології. Більшість людей в світі працюють і вчаться з дому, і спостерігається значне зростання використання даних Wi-Fi. Достатній спектр для підключення Wi-Fi.

- Набагато важливіше, ніж будь-коли раніше. Тому важливо розглянути Wi-Fi 6 (Wi-Fi наступного покоління) в діапазоні 6 ГГц (5,925-7,125 ГГц), наприклад в США, Бразилії, Кореї, Великобританії.

- Високошвидкісна і високоякісна широкосмугова інфраструктура і можливість підключення є ключовими факторами віддаленої роботи, електронної охорони здоров'я,

- Електронне навчання, електронна комерція і т. д. і відновлення економіки.

- 5G може задовольнити потреби в нових інноваційних програмах для охорони здоров'я (високошвидкісний інтелектуальний широкосмуговий доступ). За даними ЮНЕСКО, 826 мільйонів студентів не відвідують заняття

через COVID-19, не мають доступу до домашнього комп'ютера, а 43% (706 мільйонів) не мають вдома Інтернету.

Потреба в високошвидкісний широкосмугового зв'язку, щоб залишатися вдома здоровим під час пандемій. Для порівняння візьмемо кілька країн:

– Об'єднане Королівство Велико:

FCC надала операторам тимчасовий доступ до додаткового спектру для задоволення підвищеного попиту на широкосмуговий зв'язок. Програма охорони здоров'я COVID-19 надає фінансування в розмірі 200 мільйонів доларів США, виділене Конгресом для надання допомоги в галузі охорони здоров'я. Постачальники надають послуги підключеного медичного обслуговування пацієнтів на дому або в мобільних місцях у відповідь на пандемію COVID19. FCC прийняла правила, згідно яких 1200 мегагерц спектра в діапазоні 6 ГГц (5,925-7,125 ГГц) доступні для неліцензовануваного використання. COVID-19 продемонстрував важливість систем Wi-Fi для того, щоб залишатися вдома. Ці нові правила відкривають Wi-Fi 6, наступне покоління Wi-Fi, грає важливу роль в розвитку Інтернету речей та електронної охорони здоров'я.

– Китай:

Телемедицина на базі 5G в різних лікарнях для дистанційної діагностики, лікувальні послуги. Рішення для координації КТ і рентгенівських променів на основі 5G для точної ідентифікація КТ та інших зображень при обстеженні підозрюваних випадки COVID-19. Інформація, що відправляється через мережі 5G, включаючи дані моніторингу ЕКГ і ультразвукові зображення, тим самим покращуючи можливості медичних лікування в екстрених і важких випадках. Хмарні інтелектуальні роботи 5G для виконання таких робіт, як дистанційний догляд, вимірювання температури тіла, дезінфекція, прибирання і доставка ліків, ефективно знижуючи ризик перехресної інфекції і поліпшення управління ізоляцією палат. Інфрачервоне вимірювання температури 5G було застосовано до трафіку хаби в ряді міст для контролю за станом пасажирів. Віддалене навчання 5G (дистанційне навчання

в хмарі, пряма трансляція дистанційне навчання, синхронний клас і т.д.), що дозволяє уникнути збір студентів під час спалаху і зниження ризику інфекції.

Очікується, що в 2021 році світовий ринок технологій 5g складе 5,53 мільярда доларів, а до 2026 року досягне 667,90 мільярда доларів, при цьому CAGR складе 122,3% з 2022 по 2026 рік. Азіатсько-Тихоокеанський регіон буде найбільшим учасником світового ринку, при цьому 2,20 мільярда доларів в 2021 році і, за оцінками, до 2026 року досягне 329,09 мільярда доларів, при цьому середньорічний темп зростання складе 130,7% протягом прогнозованого періоду.

Очікується, що технологія 5G зробить революцію в галузі зв'язку в усьому світі. Дослідження технології 5G забезпечує глибокий аналіз обладнання, програмного забезпечення та послуг, які мають вирішальне значення для успіху технології 5G. Досягнення в технології 5G обумовлені безліччю функцій бездротового зв'язку, які в цілому поділяються на поліпшену широкосмуговий мобільний зв'язок (eMBB), наднадійну зв'язок з малою затримкою (URLLC) і масову зв'язок машинного типу (mMTC). Очікується, що технологія 5G забезпечить швидший зв'язок, ніж інші існуючі технології, і, отже, відкриває потенціал як для споживачів, так і для промисловості. Крім того, очікується, що міжнародна стандартизація технологій 5G прискорить масове впровадження промислової автоматизації та підключених автомобілів. Більш того, очікується, що технологія 5G прокладе шлях до гіперсвязному суспільству і забезпечить додану соціально-економічну цінність. Застосування технологій 5G в багатьох контекстах розглядається в рамках ініціатив Індустрії 4.0 по всьому світу.

Передбачається, що технології 5G сприятимуть розвитку з'єднань між транспортними засобами, інфраструктурою, транспортними засобами, людьми і пішоходами.

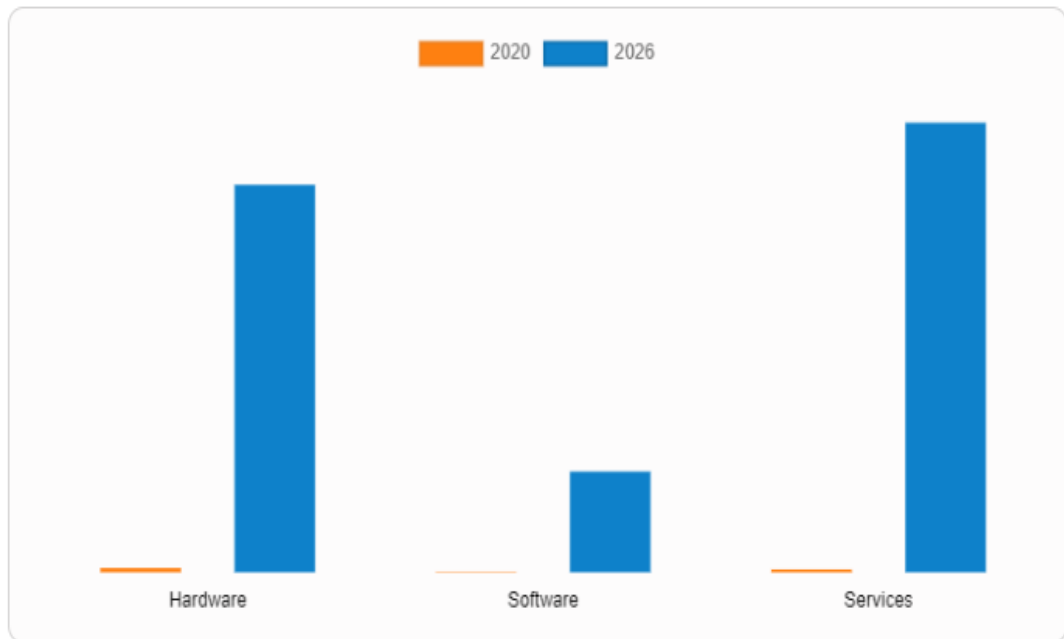


Рисунок 2.7 – Середньорічний темп зростання послуги мережі

За оцінками, технологія 5G забезпечує різні ключові переваги для користувачів, включаючи меншу затримку та швидшу швидкість. Очікується, що 5G запропонує швидкість до 10 Гбіт / с і зменшить час затримки до 1 мілісекунди або менше. 5G забезпечить більшу пропускну здатність і зможе боротися з додатками, що вимагають великих обсягів даних.

Зв'язок 5G буде надзвичайно надійним, без втрати зв'язку, і буде дуже корисним для критично важливих застосувань у галузі охорони здоров'я та інших галузей.

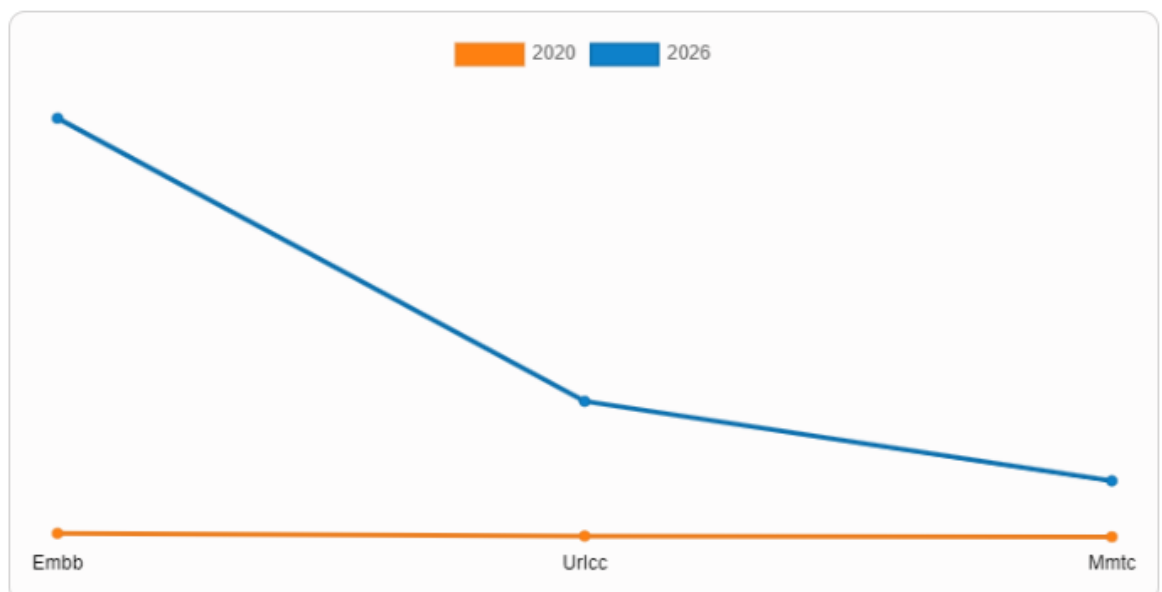


Рисунок 2.8 – Результати дослідження по втраті інформації

З іншого боку, інтеграція послуг 5G із супутниковим зв'язком та розширення стратегічних партнерських відносин з системними інтеграторами в країнах, що розвиваються забезпечують прибуткові можливості зростання для ринку технологій 5G. Основними драйверами для ринку технологій 5G є зростання числа пристроїв IoT і впровадження периферійних обчислень, зростання попиту на послуги потокової передачі контенту і зростання попиту на підключення з низькою затримкою в промисловій автоматизації. Очікується, що технології 5G допоможуть забезпечити неперевершену швидкість передачі даних, одночасно покращуючи загальне взаємодія з користувачем і значно покращуючи можливості обробки даних в реальному часі на пристроях IoT. Граничні обчислення можуть допомогти поточним сервісів підвищити продуктивність мережі за рахунок кешування популярного контенту ближче до кінцевих користувачів в периферійних центрах обробки даних. Більш того, очікується, що поява технологій 5G ще більше збільшить швидкість передачі даних і одночасно поліпшить зручність роботи користувачів. Технології 5G забезпечують основні характеристики мережі, такі як висока надійність і низька затримка, які необхідні для підтримки критично важливих додатків на виробничих підприємствах. 5G - одна з основних технологій, яка, за прогнозами, спростить промислову автоматизацію до Індустрії 4.0. Очікується, що збільшення інвестицій в розумні міста і можливості в області автономних транспортних засобів відкриють нові можливості зростання для галузі технологій 5G. Очікується, що зростання інвестицій в інфраструктуру розумного міста надасть значні можливості для впровадження технологій 5G в розумних містах. Очікується, що зв'язок 5G дозволить передавати і обробляти величезні обсяги даних, що генеруються транспортними засобами, більш ефективно, одночасно підвищуючи загальну продуктивність автоматизованих транспортних засобів і сприяючи подальшому розвитку автономних перевезень на великі відстані. Однак очікується, що проблеми з розгортанням малих сот і впровадженням оптоволоконних мереж будуть стримувати зростання ринку технологій 5G.

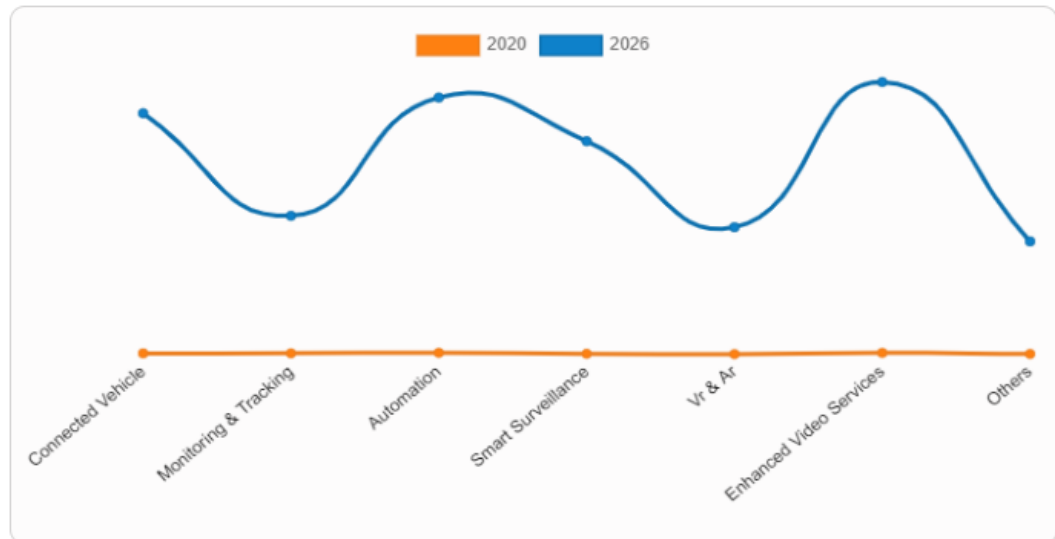


Рисунок 2.9 – Дослідження маркетингу з використанням 5G

Основними суперниками на ринку є Deutsche Telekom AG, Ericsson, Huawei Technology, Nokia, Orange S.A., Qualcomm Inc., Telecom Italia, Telstra, T-Mobile і Intel Corporation. Ринок технологій 5G сегментований за пропозиціями, можливостям підключення, додатків, кінцевим користувачам і регіонах. Залежно від пропозиції воно ділиться на обладнання, програмне забезпечення та послуги. Залежно від можливості підключення він підрозділяється на розширену широкосмуговий мобільний зв'язок (eMBB), наднадійну зв'язок з малою затримкою (URLLC) і зв'язок з масовим машинним типом (mMTC). За додатків ринок підрозділяється на підключення автомобілі, моніторинг та відстеження, автоматизацію, інтелектуальне спостереження, VR і AR, розширені відео сервіси і інші. Залежно від кінцевого користувача вона поділяється на виробництво, автомобілебудування, енергетику і комунальні послуги, транспорт і логістику, охорону здоров'я, уряд, засоби масової інформації і розваги та інші. Залежно від регіону він аналізується в Північній Америці, Європі, Азіатсько-Тихоокеанському регіоні і LAMEA.

2.5 Основні складності, пов'язані з розгортанням мереж 5G

Варто зазначити, що 5G є широко обговорюваний майбутній стандарт широкосмугового стільникового зв'язку, матиме великий вплив, як тільки розпочнеться розгортання мережі.

Швидкість і пропускна здатність 5G були б такими, що вони могли б ефективно замінити домашнє підключення до Інтернету, яке зараз використовується Wi-Fi. Асоціація споживчих технологій повідомила, що 5G розвиватиме швидкість 10 Гбіт / с, що робить її в 100 разів швидшою, ніж 4G. Це означає, що двогодинний фільм, який завантажується на 4G на шість хвилин, займе менше чотирьох секунд на 5G.

Втілення цього в реальність пов'язане з певними проблемами. Провівши окремі дослідження стало очевидно, що перед працівниками та інженерами можуть настати окремі складності у самій розгоратані мережі.

Незважаючи на те, що 5G пропонує значне збільшення швидкості та пропускної здатності, його більш обмежений діапазон вимагатиме подальшої інфраструктури. Більш високі частоти утворюють висконаправлені радіохвилі, тобто вони можуть бути цілеспрямованими або цілеспрямованими - практика, яка називається формування променя. Проблема полягає в тому, що антени 5G, хоча і здатні обробляти більше користувачів та даних, випромінюють на менші відстані. Навіть при тому, що антени та базові станції в цьому сценарії зменшуються, більшу їх кількість, швидше за все, доведеться встановлювати на будинках або будинках. Містам, ймовірно, доведеться встановити додаткові ретранслятори, щоб розповсюдити хвилі на більший діапазон, водночас підтримуючи незмінну швидкість у більш щільних районах населення. Швидше за все, оператори будуть продовжувати використовувати смуги нижчих частот для покриття ширших областей, поки мережа 5G не дозріє. У майбутньому це може означати, що модеми та маршрутизатори Wi-Fi замінюються на 5G малі осередки або інше обладнання, щоб забезпечити підключення 5G до дому та бізнесу, таким чином покінчивши з дротовим з'єднанням з Інтернетом, яким ми їх знаємо сьогодні. Розширення доступу до сільських районів буде такою ж проблемою, як і при LTE. За дослідженням мобільного оператора Heavy Reading 5G Capex, загальний обсяг глобальних витрат на 5G досягне 88 млрд доларів до 2023 року. Як тільки це стане справді життєздатним, певні сегменти пристроїв будуть пов'язані абсолютно новими

способами, зокрема транспортні засоби, прилади, роботи та міська інфраструктура.

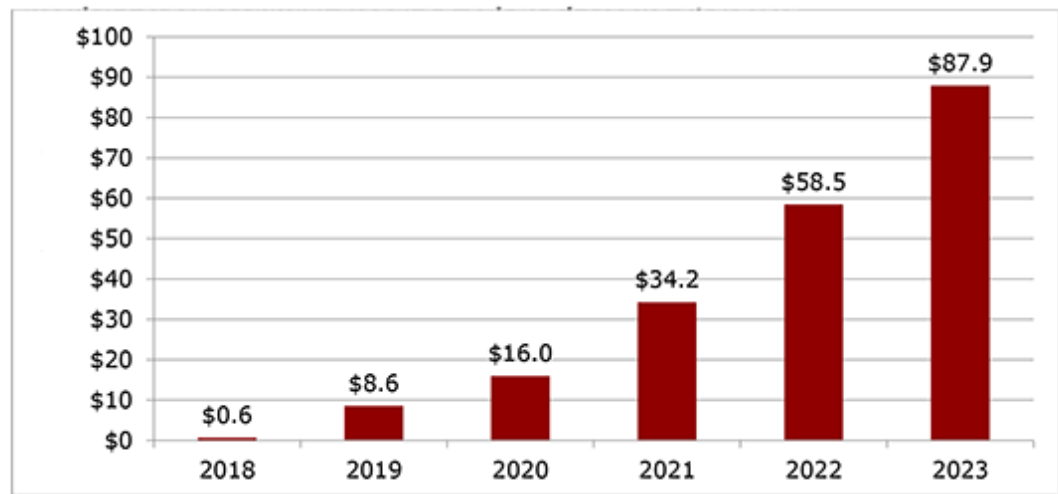


Рисунок 2.10 – Прогноз річних капітальних вкладень в 5G по операторам мобільного зв'язку

Зараз, коли смартфони та інші пристрої з підтримкою 5G потрапляють на ринок, мережі розвиваються в різних країнах світу. Технологія автономних транспортних засобів вже представлена на ринку в обмежених формах, але повністю автономні транспортні засоби залишаються за роками, і в іншому випадку їхали б сліпо без надшвидкої мережі, як 5G, для спілкування.

Концепція Інтернету речей (IoT) базується на швидкій мережі, яка може зв'язати між собою пристрої та послуги. Це одна з обіцянок, яку аналітики прогнозували щодо потенціалу 5G, але спочатку люди захочуть побачити, наскільки додаткова швидкість збагатить їхнє життя.

Розглядається також можливість розгортання 5G, особливо з додатковою інфраструктурою, необхідною для розповсюдження мережі. Постачальникам потрібно буде встановити нові антени, базові станції та ретранслятори.

Окрім цього, регуляторним органам потрібно буде вирішувати питання 5G-сервісів хвилеподібно в різних вертикальних секторах. Сюди можна віднести наявність спектра, норми випромінювання ЕМП, спільне використання інфраструктури та кібербезпеку.

У США всі чотири великі оператори використовують мережі 5G з обмеженими можливостями зв'язку для вибору ринків. У Європі перевізники

у Великобританії вже реалізували свої плани щодо розширення в 2020 році, незважаючи на відштовхування та напади на працівників телекомунікацій та вежі. Державний регулятор зв'язку вважає, що сигнали 5G відповідають міжнародно затвердженим керівним принципам.

Зі свого боку, Європейський Союз активно сприяв розвитку 5G як частину своїх планів економічного зростання та оприлюднив детальну інформацію про те, як країни-члени будуть підходити до досліджень та стандартів. Спектральні аукціони, які були відкладені через пандемію, можуть відбутися до кінця 2020 року.

Тим часом Китай вже має 50 мільйонів абонентів 5G-телефонів, і країна готується досягти 70 відсотків контрактів на 5G-смартфони до кінця 2020 року. Південна Корея відстає, але має намір розширити власну мережу, тоді як Таїланд має швидкість шлях для країн Південно-Східної Азії.

Це може бути складним завданням для будь-якої технології, керованої даними, але впровадження 5G доведеться боротися як зі стандартними, так і з складними загрозами кібербезпеки. Хоча 5G підпадає під дію Угоди про автентифікацію та ключі (АКА), систему, призначену для встановлення довіри між мережами, в даний час можна буде відстежувати людей поблизу за допомогою своїх телефонів. Вони могли навіть підслуховувати телефонні дзвінки в прямому ефірі.

Одночасно на перевізників та мережеві консорціуми покладено обов'язок забезпечувати цифрову мережу безпеки для клієнтів, за винятком того, що задоволення користувачів може бути не менш проблематичним.

Проаналізувавши всі вище згадані аспекти, слід зазначити, що швидкість передачі даних буде на величину вища за поточний рівень, то також збільшиться і підключення. Це змусить хмарні служби та послуги віртуалізації даних бути максимально герметичними для захисту даних та конфіденційності користувачів. З тієї ж точки зору, їхні користувачі повинні бути обережнішими та пильнішими як розпорядники своїх даних, але питання часу – скільки займе місяців або років, для побудови надійної 5G мережі.

2.6 Економічні наслідки 5G у світі в період й після COVID-19

Очікується, що темпи економічного зростання в світі після COVID-19 будуть нижче, а до 2035р. рівень валового виробництва (продажів) буде приблизно на 2,8% нижче, ніж прогнозувалося до пандемії з 2019 року – світовий реальний ВВП знизиться на 3,1%.

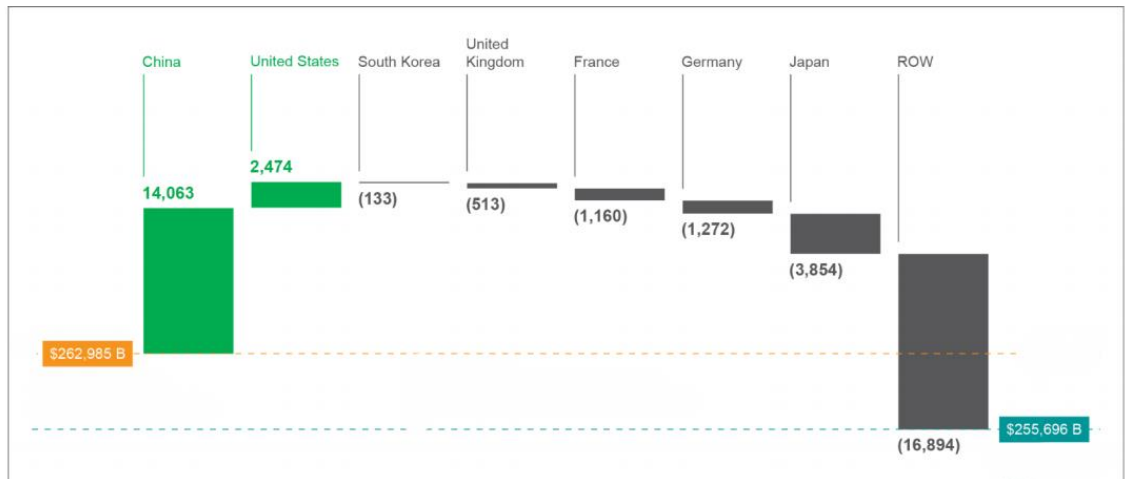


Рисунок 2.11 – Прогнозована зміна реального валового виробництва на 2035 рік по країнам/регіонам

Незалежно від обсягу виробництва або ВВП, порівняння прогнозів семи провідних держав та інших – світовий композит демонструє деякі помітні зміни часток між країнами. Китай отримає майже 5,0 відсотка пунктів світового ВВП, в той час як Сполучені Штати додадуть майже 2,5 процентних пункту. Інші країни оцінюються, за винятком Південної Кореї, тепер очікується, що частки в світовому ВВП будуть менше ніж прогнозувалося в 2019 році. Зростання інвестицій Китаю обумовлений такими факторами, як швидке розгортання 5G; то здатність уряду санкціонувати використання 5G певними вертикалями; і програми «Зроблено в Китаї», при цьому Китай планує розробляти власні диференційовані продукти. Однак заслуговують на увагу і інші у світі, який, згідно з прогнозами, до 2035 року отримає майже на 5,0 процентних пункту менше світового ВВП. Підкреслює важливість таких ініціатив, як цілі соціального розвитку ООН.

Ключ до стійкого зростання ВВП – це постійні інвестиції в інфраструктуру і НДДКР. Дійсно, IHS Markit за оцінками, інвестиції на рівні країни в 5G CAPEX плюс НДДКР демонструватимуть модель, аналогічну

ВВП. Очікується, що Китай і Сполучені Штати будуть домінувати в капітальних витратах і дослідженнях в області 5G, інвестуючи в цілому 1,7 трильйона доларів США і 1,3 трильйона доларів США, відповідно, за 16-річний період дослідження. Також варто відзначити, що частка Китаю в 5G перевищать інвестиції, ніж у Сполучених Штатах Америки.

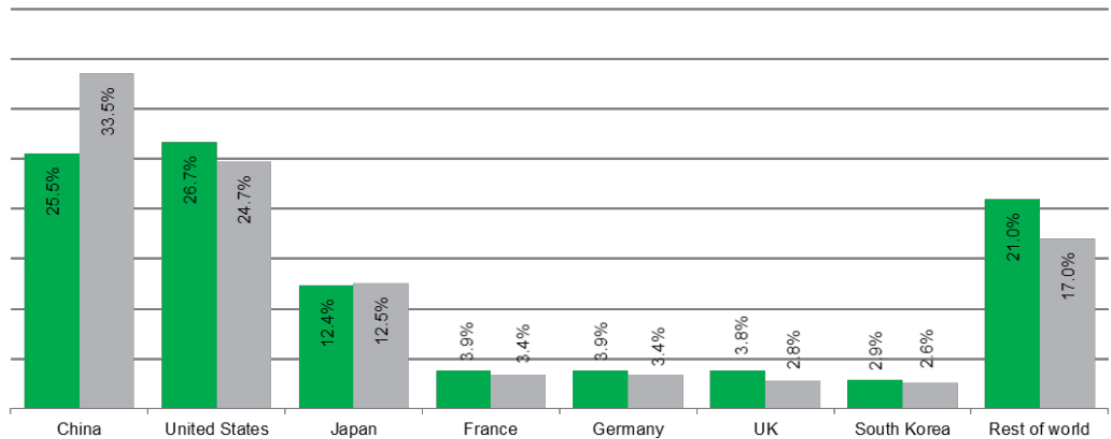


Рисунок 2.12 – Середньорічна частка НДДКР та ланцюжка доданої вартості за країнами

Країни, які беруть участь в постійних і агресивних інвестицій, особливо в НДДКР, збільшать ймовірність створення надійних ланцюжків доданої вартості 5G, здатних обслуговувати як внутрішній, так і глобальний ринки. Вони будуть добре позиціонуватися для постійного поліпшення і зміцнення базової технологічної бази по широкому спектру технологічні фірми, включаючи, але не обмежуючись:

- Мережеві оператори
- Постачальники основних технологій і компонентів
- Виробники OEM-пристроїв
- Виробники інфраструктурного обладнання.
- Розробники контенту і додатків

У період з 2020 по 2035 рік очікується, що колективні інвестиції в НДДКР і капітальні вкладення з боку компаній, частина ланцюжка створення вартості 5G в семи країнах становитиме в середньому понад 260 мільярдів доларів на рік. У перші роки фундаментальні дослідження та розробки і розгортання мережевої інфраструктури будуть домінувати в інвестиційній

діяльності в області 5G. Згодом очікується, що загальні інвестиції в фундаментальні дослідження та розробки і капітальні витрати будуть поступово скорочуватися. Друга хвиля – інвестиції усунуть акцент на розробку додатків і послуг, які використовують унікальні можливості 5G. Стійкий інвестиційний цикл - ще один показник того, що 5G - це «довга гра», в якій інвестиційні пріоритети змінюються в міру розгортання інфраструктури, базова технологічна база постійно зміцнюється і з'являються нові бізнес-моделі. За оцінками, до 2035 року тільки ланцюжок доданої вартості 5G забезпечуватиме 3,8 трильйона доларів економічного виробництва і підтримувати 22,8 млн робочих місць. Не дивно, що з урахуванням відносної чисельності населення і зроблених інвестицій 5G підтримає найбільша кількість робочих місць в Китаї. Уповільнення економічного зростання в економіці після COVID-19 буде стримують інвестиції, що розвиваються і країн, що розвиваються в інфраструктуру 5G, тим самим обмежуючи їх здатність створити успішні місцеві виробничо-збутові ланцюжки 5G.

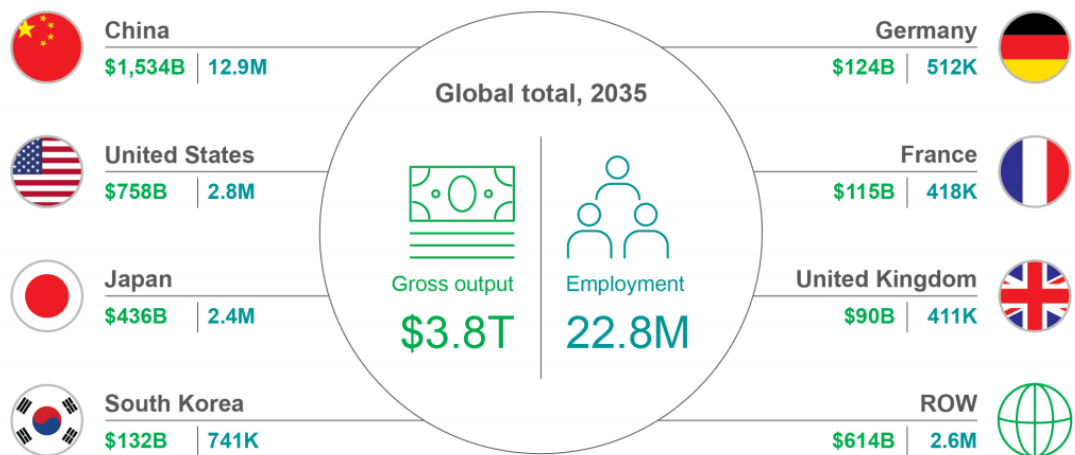


Рисунок 2.13 – Економічний внесок ланцюжка створення вартості 5G

Висновок до другого розділу

Проаналізувавши дослідження параметрів мобільних мереж в період COVID-19 можна сказати, що використання трафіку збільшилось в середньому на 50%. Причиною такого зростання стало обмеження суспільства у пересуванні, робочі моменти перенеслися у домашні стіни. В багатьох країнах, мобільний трафік в певній мірі все ще географічно зміщений з громадського і від офісів до будинку і віддаленої роботи локації. У деяких країнах спостерігається збільшення трафіку мобільних широкосмугових даних, в той час як інші відчули зниження розвантаження Wi-Fi в будинках з хорошою фіксованою широкосмуговим зв'язком. Ці схеми руху можуть знову змінитися якщо виникнуть нові хвилі COVID-19.

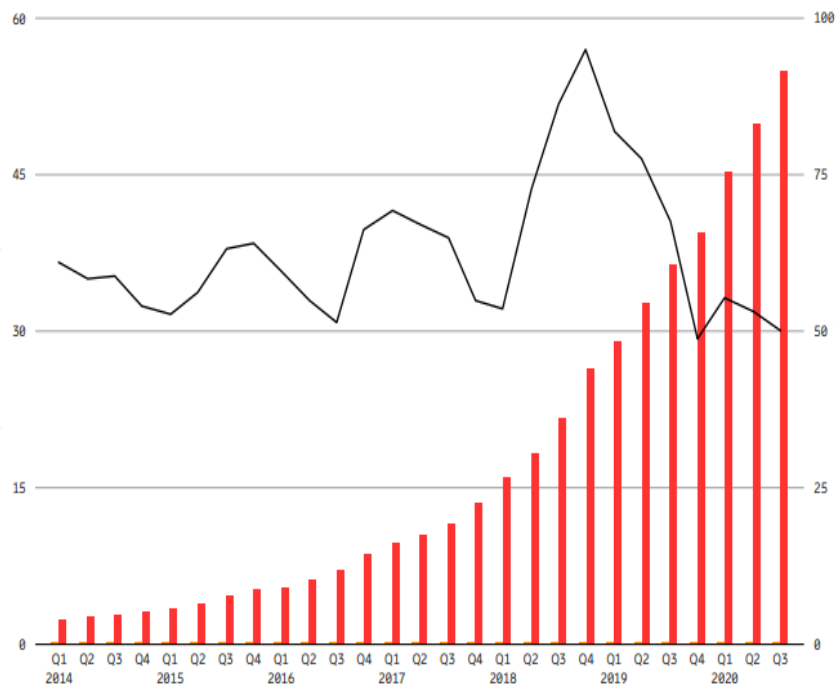


Рисунок 2.14 – Трафік даних мобільної мережі і його щорічне зростання

Зі зростанням навантаження на LTE-мережі в 2020-у році, операторам вирішувати питання як найшвидше стабілізувати дану ситуацію. Багато з операторів мобільного зв'язку дійшло до висновку, що чим швидше буде побудована нова мережа, а точніше вдосконалення LTE – 5G, ти швидше це дасть змогу вирішити проблему збільшення трафіку.

В цей же час перед операторами постають інші проблеми:

- вартість побудови мережі;

- місцевість;
- переобладнання серверів.

Варто зазначити, що є кілька глобальних чинників, що впливають на мобільні дані: найбільш очевидними короткостроковими з них є COVID-19 і геополітична ситуація. Більшість операторів вважає, що 5G є чи не єдиним технологічним шляхом вирішення проблеми зростання мобільного трафіку. За прогнозами, до 2026 року мережі п'ятого покоління охоплять близько 60 відсотків населення світу.

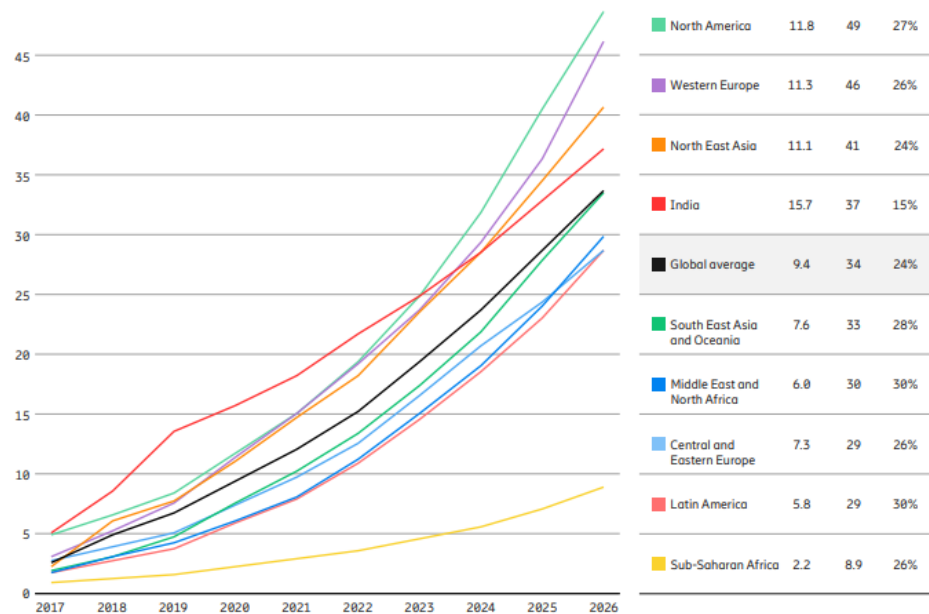


Рисунок 2.15 – Об'єм трафіку мобільної передачі даних за 2020 рік й прогнозований до 2026

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІН ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ В УМОВАХ ПОСИЛЕННЯ КАРАНТИННИХ ЗАХОДІВ

3.1 Розрахунок пропускної здатності мережі LTE

Оцінювання пропускної здатності, або ємності мережі здійснюється, ґрунтуючись на середніх значеннях спектральної ефективності стільників в конкретних обставинах, а саме в період COVID-19.

Спектральна ефективність визначає швидкість передачі даних у встановленій смузі частот, а крім того вважається ознакою продуктивності використання частотного ресурсу. Спектральна ефективність систем мобільного зв'язку передбачає собою коефіцієнт, що розраховується як відношення швидкості передачі даних на 1 Гц.

Таблиця 2 – Середня спектральна ефективність для мережі LTE

Лінія	Схема MIMO	Середня спектральна ефективність
UL	1x2	1,254
	1x4	1,829
DL	2x2	2,93
	4x2	3,43
	4x4	4,48

Середню пропускну здатність одного спектра базової станції для системи, можемо отримати шляхом безпосереднього множення ширини каналу на спектральну ефективність каналу:

$$R = S \cdot W, \quad (3.1)$$

де S – середня спектральна ефективність (біт/с/Гц);

W – ширина каналу (МГц); $W = 10$ МГц

Для лінії DL:

$$R_{DL} = 4.48 \cdot 10 = 44.8 \text{ Мбіт/с}$$

Для лінії UL:

$$R_{UL} = 1.829 \cdot 10 = 18.29 \text{ Мбіт/с}$$

Для того щоб обчислити пропускну здатність базової станції R_{eNB} , помножимо кількість секторів базової станції на пропускну здатність одного сектора, в одній базовій станції eNB число секторів дорівнює трьом, з цього формула буде виглядає наступним чином

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3 \quad (3.2)$$

Для лінії DL:

$$R_{eNB,DL} = 44.8 \cdot 3 = 134.4 \text{ Мбіт/с.}$$

Для лінії UL:

$$R_{eNB,UL} = 18.29 \cdot 3 = 54.87 \text{ Мбіт/с.}$$

Подальшим кроком стане обчислення числа стільників в планованій мережі LTE. Для того щоб обчислити кількості стільників в мережі слід розрахувати загальну кількість каналів, що виділяються для розгортання проектованої мережі LTE. Загальна кількість каналів N_k обчислюється відповідно до наступної формули:

$$N_k = \left\lceil \frac{\Delta f_{\Sigma}}{\Delta f_k} \right\rceil \quad (3.3)$$

де: Δf - смуга частот, виділена для роботи мережі і дорівнює 71 МГц;

f_k - смуга частот одного радіоканалу;

У мережах LTE під радіоканалом мається на увазі такий термін як ресурсний блок (РБ), який володіє шириною 180 кГц, $\Delta f_k = 180$ кГц.

$$N_k = \frac{71000}{180} \approx 395 (\text{каналів})$$

Встановимо кількість каналів $N_{k,сек}$ необхідних для обслуговування абонентів в 1-м секторі 1-ї соти.

$$N_{k,сек} = \left\lceil \frac{N_k}{N_{кл} \cdot M_{сек}} \right\rceil \quad (3.4)$$

де N_k - загальна кількість каналів,

$N_{кл}$ - розмірність кластера, встановлюється з урахуванням кількості секторів eNB, виберемо рівним 3; $M_{сек}$ - кількість секторів eNB, приймемо рівним 3.

$$N_{k,сек} = \left\lceil \frac{395}{3 \cdot 3} \right\rceil \approx 43 (\text{канали})$$

Порахуємо кількість каналів трафіку в одному секторі одного стільника

$N_{\text{кт.сек}}$, рахуємо по формулі:

$$N_{\text{кт.сек}} = N_{\text{кт1}} \cdot N_{\text{к.сек}} \quad (3.5)$$

де: $N_{\text{кт1}}$ – кількість каналів трафіку в одному радіоканалі, яке встановлюється стандартом радіодоступу (для OFDMA $N_{\text{кт1}} = 1 \dots 3$); для мережі LTE оберемо $N_{\text{кт1}} = 1$.

$$N_{\text{кт.сек}} = 1 \cdot 43 \approx 43 (\text{канали})$$

Відповідно до моделі Ерланга, відображеної у вигляді графіка на рисунку 3.1, встановимо номінальне навантаження в секторі одного стільника $A_{\text{сек}}$ при можливому значенні ймовірності блокування 1% і обчислимо вище значенні $N_{\text{кт.сек}}$.

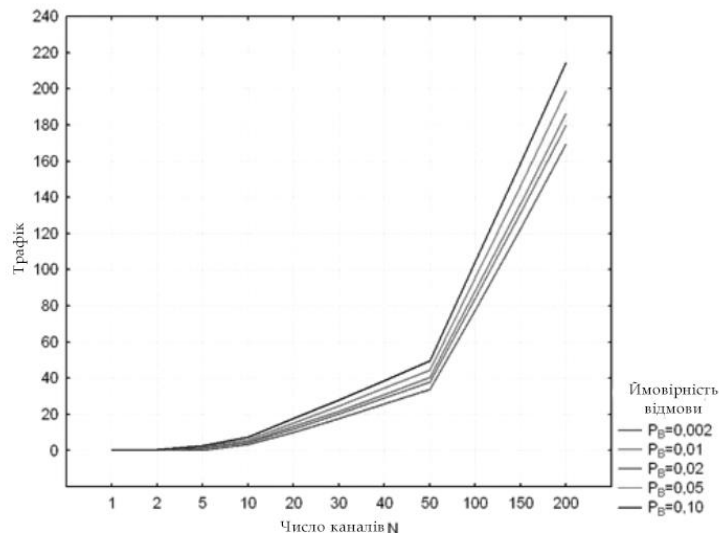


Рисунок 3.1 – Залежність допустимого навантаження в секторі від числа каналів трафіку і ймовірності блокування

3.2 Розрахунок навантаження з урахуванням кількості потенційних користувачів

Для 2020-го року типовими користувачами LTE-мереж, що призводять до стабільного і стійкого за об'ємом трафіку є учні шкіл та студенти, що вимушені навчатися дистанційно, а також працівники, що працюють віддалено. В моделюванні було промодельовано їх вплив на об'єм трафіку і швидкості скачування в мережі.

Кількість користувачів які будуть обслуговуватися однією БС розраховується відповідно до формули:

$$N_{аб.еNB} = M_{сек} \cdot \left[\frac{A_{сек}}{A_1} \right], \quad (3.6)$$

Де: A_1 – середнє за всїма видами трафіку навантаження від одного абонента; значення A_1 може становити (0,04 ... 0,2) Ерл. Так як проєктована мережа планується використовуватися для високошвидкісного обміну інформацією, то значення A_1 приймемо 0,1 Ерл; $M_{сек}$ – кількість секторів на одній БС; $A_{сек}$ – номінальне навантаження в секторі одного стільника.

Таким чином:

$$N_{аб.еNB} = 3 \cdot \left[\frac{5}{0,1} \right] \approx 150 (\text{користувачів}).$$

Кількість базових станцій eNB в проєктованій мережі LTE обчислимо за формулою:

$$N_{eNB} = 1 + \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб.еNB}} \right], \quad (3.7)$$

де $N_{аб}$ – кількість потенційних користувачів. Загальна кількість користувачів LTE-мережі для селища Ємільчине становить 1500 осіб. Кількість потенційних абонентів, що щодня підключаються до відеоконференцій є невідомою, нехай вона становитиме 800 осіб, що є приблизно 60% від загального числа насе:

$$N_{eNB} = 1 + \left[\frac{800}{150} \right] \approx 6 (eNB)$$

Середня пропускна здатність R_N мережі розраховується множенням числа базових станцій на середню пропускну здатність eNB. Формула буде, виглядає наступним чином:

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB}, \quad (3.8)$$

$$R_N = (134.4 + 54.87) \cdot 6 = 1135.62 (\text{Мбіт/с})$$

Потім дамо перевірочну оцінку ємності мережі порівнявши його з обчисленою. Знайдемо усереднений трафік одного абонента в годину найбільшого навантаження (ГНН):

$$R_{т.ГНН} = \frac{T_t \cdot q}{N_{ГНН} \cdot N_d}, \quad (3.9)$$

Де: T_t – середній трафік одного абоненту в місяць, $T_t = 15$ Гбайт/міс;

q – коефіцієнт для місцевості не великого міста, $q = 2$;

$N_{ГНН}$ – кількість ГНН у день, $N_{ГНН} = 7$;

N_d – кількість днів у місяць, $N_d = 30$.

$$R_{т.ГНН} = \frac{10 \cdot 2}{7 \cdot 30} = 0,14 \left(\frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right)$$

Визначимо загальний трафік мережі в ГНН $R_{заг.ГНН}$ за формулою:

$$R_{заг.ГНН} = R_{т.ГНН} \cdot N_{акт.аб}, \quad (3.10)$$

де $N_{акт.аб}$ – кількість активних абонентів у мережі; визначимо число активних абонентів у мережі як 5% від загальної кількості потенційних абонентів $N_{аб}$, тобто $N_{акт.аб} \approx 800$ абонентів.

$$R_{заг.ГНН} = 0,14 \cdot 800 = 112 \left(\frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right)$$

Таким чином, $R_N > R_{заг.ГНН}$, вказує, що мережа яку ми проектуємо не матиме перевантаження в місцевості і дасть змогу використовувати Google Meet and Zoom.

Але якщо врахувати, що можливий темп зростання населення в місцевості й учнів у школі буде навчатися більше, тоді варто врахуватись кількість базових станцій, яких буде не 3 чи 4, а якщо варто встановлювати 7 чи 8 штук.

Розглянемо другий випадок, якщо із тієї ситуації, що розглядалась вище, візьмемо до уваги, що цього річ не 1500 учнів, а 3500 – учнів, з яких буде навантажувати мережу 3000, на ту ж саму кількість каналів.

$$N_{eNB2} = 1 + \left\lceil \frac{3000}{150} \right\rceil \approx 21(eNB)$$

Середня пропускна здатність R_{N2} мережі:

$$R_N = (134.4 + 54.87) \cdot 21 = 3\,974,67 (\text{Мбит/с})$$

Знову надамо перевірочну оцінку 2 ємності мережі порівнявши його з обчисленою, тільки на цей раз q – коефіцієнт для місцевості не великого міста, $q = 5$;

$$R_{т.ГНН} = \frac{10 \cdot 5}{7 \cdot 30} = 0,3 \left(\frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right)$$

Далі знову визначимо число активних абонентів у мережі як 90% від загальної кількості потенційних абонентів $N_{аб}$, тобто $N_{акт.аб} \approx 3000$ абонентів.

$$R_{заг.ГНН} = 0,3 \cdot 3000 = 900 \left(\frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right)$$

Таким чином, $R_N \approx R_{\text{заг.ГНН}}$, вказує, що мережу яку ми розглядаємо матиме короткі перевантаження в місцевості і не дасть змогу використовувати Google Meet and Zoom повноціно нормально, адже варто врахувати той момент, що у школах можуть відбуватися відкриті уроки, де кількість учнів збільшуватиметься й навантаження стане більшим, тому саме в таких моментах варто встановлювати більше базових станцій(стілників), для підтримки стабільної мережі й передачі відео зв'язку.

Висновок до третього розділу

Було промодельовано роботу LTE мережі в Смільчине і за результатами моделювання виявлено, що при переході до віддаленої моделі роботи і, спричиненого цим зростання об'єму трафіку в мобільних мережах четвертого покоління, швидкість мобільній мережі не справляється із щорічним навантаженням, адже при обрахування швидкості й кількості учнів, що використовується відео зв'язок – відбувається затримка відео потоку, що не дає змогу вільно проводити уроки чи якісь заходи. Цьому свідчать цифри: якщо данні минулорічні обраховані свідчать, що трафік витримував наванження 112 Мбіт/с, то цього річні показники рівні 900 Мбіт/с – це той самий потік, що майже рівний 5G поколінню. Проаналізувавши та провівши всі ці обрахунки можна сміло сказати: щоб якість мережі не зазнавала в подальшій такого перенавантаження, слід вдосконалювати обладнання, збільшувати кількість базових станцій(стілників), також вдосконалення мережі LTE на мережу 5G, але не варто забувати собі вартість такого обладнання.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи було проаналізовано зміни в об'ємі і структурі трафіку мережі Інтернет і в мобільних мережах, що були спричинені наслідками карантинних заходів для недопущення розповсюдження COVID-19 в Європі та Північній Америці.

Під час довідження аналізувались середньодобові, тижневі і річні зміни в об'ємі трафіку, якості зв'язку, навантаженню на Інтернет-провайдерів і мережі мобільних операторів. Зокрема було виявлено, що зростання об'єму трафіку як для мобільних, так і для дротових мереж співпало в часі з довготерміновою тенденцією до росту трафіку. Це, в свою чергу, змусило операторів мобільних мереж пришвидшити перехід від мереж LTE до мереж NR (5G). Незважаючи на економічні наслідки пандемії це спонукало більшість мобільних операторів в найкоротші терміни почати розгортання мобільних мереж п'ятого покоління у відповідь на зростання мобільного трафіку і навантаження на існуючі мережі третього і четвертого покоління.

Вплив переходу на віддалену модель роботи працівників підприємств внаслідок пандемії COVID-19 на швидкість роботи мобільних мереж і об'єм трафіку в цих мережах був різним як протягом часу з початку року, так і в різних країнах. Це пояснюється вкрай різноманітними початковими умовами як в соціально-економічному плані, обмежувальних дій на державному рівні в різних країнах, так і в розрізі стану інфраструктури місцевих операторів мобільного зв'язку. Втім, було виявлено, що на піку ріст трафіку мобільних мереж сягав на 50% більшого значення ніж за аналогічний період минулого року. Однак в ході дослідження так і не було знайдено прямих свідчень того, що цей трафік був спричинений виключно роботою працівників на віддалених робочих місцях.

Оцінюючи зміни швидкості скачування і завантажування даних, що були спричинені соціально-економічними наслідками пандемії COVID-19 слід зазначити, що технології мобільних мереж четвертого покоління, які є основою мобільних мереж в Європі в Північній Америці, а також рівень

інфраструктури цих країн цілком дозволив нівелювати надмірні навантаження протягом найбільш критичних місяців початку пандемії. Зменшення швидкості мобільних мереж в окремих країнах були тимчасові і не несли стійого і тривалого характеру. Втім, навіть незважаючи на запас стійкості мереж мобільного зв'язку 4G і 4.5G (LTE-Advanced Pro) і, враховуючи тенденцію до стабільного зростання об'єму мобільного трафіку, більшість світових операторів пришвидшено розгортають мережі п'ятого покоління намагаючись приготуватись до як наступних хвиль пандемії так і до можливих структурних змін в суспільстві, концепції робочого місця, віддаленого навчання та інших питань які загострились з початком пандемії.

Більшість світових мобільних операторів дуже неохоче інформують користувачів про можливі проблеми зі швидкістю в своїх мобільних мереж, тому в роботі було промодельовано навантаження на мобільну мережу LTE районного центру спричиненого карантинними заходами (перехід працівників офісів до роботи з дому, а також навчання учнів шкіл та студентів віддалено в режимі відеоконференцій). Було виявлено можливі моменти пікових навантажень, що спричинять зменшення якості зв'язку в користувачів. Проте використана в роботі модель є не повною і може тільки приблизно описати реальну ситуацію зі швидкістю мобільних мереж під час пандемії COVID-19.

Досліджені і опрацьовані в роботі статистичні данні, а також модель впливу карантинних заходів (перехід працівників офісів до роботи з дому, а також навчання учнів шкіл та студентів віддалено в режимі відеоконференцій) на об'єм трафіку і швидкість скачування і завантажування даних для мобільних мереж може бути використана для подальших ґрунтовних досліджень наслідків впливу COVID-19 на розвиток мобільних мереж в світі і в Україні зокрема.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ТА ПОСИЛАНЬ

1. Інтернет-трафік у Європі в період COVID-19 – URL: <https://habr.com/ru/company/dcmiran/blog/496542/>
2. Mobile vs desktop Internet usage 2020 – URL: <https://www.broadbandsearch.net/blog/mobile-desktop-internet-usage-statistics>
3. Короткий опис галузі доменних імен Verisign – URL: https://www.verisign.com/en_US/domainnames/dnib/index.xhtml?section=executive-summary
4. List of Internet, eCommerce, Hosting, Mobile & Social Media Statistics for 2020 – URL: <https://hostingfacts.com/news/internet-facts-stats/>
5. What Percentage of Internet Traffic Is Mobile in 2020? – URL: <https://hostingtribunal.com/blog/mobile-percentage-of-traffic/#gref>
6. IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030 – URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2370-2015-PDF-E.pdf
7. Internet Trends 2020. Stats & Facts in the U.S. and Worldwide – URL: <https://www.vpnmentor.com/blog/vital-internet-trends/>
8. Lockdowns and quarantines cause a 20% spike in international voice traffic, according to i3forum insights – URL: <http://i3forum.org/blog/2020/05/28/lockdowns-and-quarantines-cause-a-20-spike-in-international-voice-traffic-according-to-i3forum-insights/>
9. Mobile network traffic grew 50 percent between Q3 2019 and Q3 2020 – URL: <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-update>
10. Підготовка до впровадження 5G: нові можливості – URL: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-R.pdf
11. Ericsson Mobility Report – URL: <https://www.ericsson.com/4adc87/assets/local/mobility-report/documents/2020/november-2020-ericsson-mobility-report.pdf>

12. The impact of COVID-19 on 5G networks and services – URL: <https://www.analysismason.com/research/content/reports/covid19-5g-services-rdmm0-rdmb0-rma18-rdns0-rma17-rdme0/>
13. Covid-19: what impact on 5G? – URL: <https://www.cullen-international.com/news/2020/08/Covid-19--what-impact-on-5G-.html>
14. How 5G Enables Resiliency and Supports a Resolute Global Society – URL: <https://www.tcs.com/perspectives/articles/how-5g-enables-resiliency-and-supports-a-resolute>
15. Verizon is prepared to serve customers during COVID-19 crisis – URL: <https://www.verizon.com/about/news/update-verizon-serve-customers-covid-19>
16. Network traffic insights in the time of COVID-19: June 4 update – URL: <https://www.nokia.com/blog/network-traffic-insights-in-the-time-of-covid-19-june-4-update/>
17. Comparison of average daily in-home data usage in the United States by device type in March 2019 and March 2020 – URL: <https://www.statista.com/statistics/1106863/covid-19-daily-in-home-data-usage-change-us-2020/>
18. Coronavirus: impact on online usage in the U.S. – Statistics & Facts – URL: <https://www.statista.com/topics/6241/coronavirus-impact-on-online-usage-in-the-us/>
19. Software Bugs Don't Shelter in Place: What app usage and error data reveal during COVID-19 – URL: <https://www.bugsnag.com/covid-19-app-usage-error-data-report>
20. COVID-19 Challenges faced by Telcos and Impact on the Telecom Sector – URL: <https://techblog.comsoc.org/2020/08/27/covid-19-challenges-faced-by-telcos-and-impact-on-the-telecom-sector/>
21. Loshakov V. A. Adaptive modulation in LTE technology by using OFDMA and SC-FDMA with MIMO / V. A. Loshakov, H.D. Al-Janabi, Y. T. Hussein, N. T. Nasif // Восточно-Европейский журнал передовых технологий (ISSN 1729-3774). – 2013.

22. Hann K., Jobert S., Rodrigues S. Synchronous Ethernet to Transport Frequency and Phase/Time // IEEE Communication Magazine. – August 2012. – P.152–160.
23. G Network Synchronization [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://gpsworld.com/wp-content/uploads/2018/09/NetworkSynchron-Webinar-GPSW-Microlab.pdf>
24. Technical Report ITU-T GSTP-TN5G: Transport network support of IMT-2020/5G. –SG15- TD338/PLEN, October 2018
25. N. Panwar, S. Sharma and A. K. Singh, “A Suvery on 5G: The Next Generation of Mobile Communication”, Physical Communication, vol. 18, no. 2, pp. 64-84, 2016.
26. “Getting to 5G: Comparing 4G and 5G System Requirements.,” Qorvo. [Online]. Available: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/gettingto-5g-comparing-4g-and-5g-system-requirements>
27. Akyildiz, Ian F., David M. Gutierrez Estevez, Ravikumar Balakrishnan, and Elias Chavarria---Reyes. "LTE---Advanced and the evolution to Beyond 4G (B4G) systems." eLSERVIER, vol. 10, 2014, pp.
28. Osseiran A. The 5G Mobile and Wireless Communications: Challenges and Scenarios // LTE World Summit-2013.