# 1.3. Загальні принципи передачі даних

## Протоколи Інтернет

Глобальна мережа Інтернет містить велику кількість комп'ютерів, що працюють під управлінням різних операційних систем, на різних апаратних платформах. Проте, під час обміну інформацією всі комп’ютери повинні користуватися єдиними правилами (стандартами, протоколами) про способи передачі повідомлень. Тоді, любий комп’ютер буде здатний «зрозуміти» інформацію, що отримана від іншого комп’ютера.

**Протокол** - це узгоджені, стандартні правила передачі інформації в мережі

Еталонною системою класифікації мережних протоколів – є модель *OSI* (*Open Systems Interconnection*), що містить 7 рівнів:

1. **Прикладний рівень**. Протоколи прикладного рівня є посередниками між різними службами і даним комп’ютером. Зазвичай, для кожної служби існують власні прикладні протоколи. Наприклад, для веб-служби – HTTP (HTTPS), для файлової - FTP (SFTP).
2. **Рівень представлення** перетворює отриману інформацію до певної універсальної форми, яка є зрозумілою для протоколів нижчих рівнів, кодує/декодує інформацію від програми-клієнт.
3. **Сеансовий рівень** підтримує сеанс зв'язку, зокрема, створення і завершення сеансу комунікації між двома комп’ютерами, синхронізація завдань, обмін даними тощо.
4. **Транспортний рівень** відповідає за передачу інформації без втрат, дублювання, помилок і в тій послідовності, що потрібно.
5. **Мережний рівень** працює з адресними даними і визначає шлях передачі даних. Відповідає за пошук найкоротших маршрутів, комутацію і відстеження поламок в мережі.
6. **Канальний рівень** Протоколи канального рівня визначають зручний спосіб представлення та передачі даних до відповідного типу мережі.
7. **Фізичний рівень** призначений для перетворення потоку даних до форми, яка прийнятна для відповідного середовища передавання даних (кабель, телефонна лінія, безпровідне з’єднання, мобільний зв’язок)

Узагальнено роботу протоколів за моделлю OSI можна описати так. Наприклад, користувач набирає в адресному полі браузера певну адресу (або натискає посилання). Програма-клієнт (браузер) скеровує цей запит до протоколу прикладного рівня HTTP, який формує повідомлення стандартного формату. Зазвичай, повідомлення складається із заголовка і поля даних. Заголовок містить службову інформацію (що потрібно зробити з даним запитом, в цьому випадку – надіслати з певного серверу до браузера потрібну сторінку). Цю інформацію необхідно передати через мережу до прикладного рівня сервера, до якого адресовано повідомлення (комп'ютер-отримувач), щоб повідомити, яку роботу слід виконати.

Прикладний рівень скеровує повідомлення вниз до наступного рівня. Програмні засоби представницького рівня читають заголовок отриманої інформації з прикладного рівня, виконують необхідні дії, потім додають до повідомлення власну службову інформацію - заголовок представницького рівня. У заголовку представницького рівня містяться вказівки для представницького рівня комп'ютера-адресата (рис.1).

###### 31

Рис.1. Модель OSI.

Отримане повідомлення передається вниз до сеансового рівня, який у свою чергу додає свій заголовок і так далі. Нарешті, повідомлення сягає нижнього, фізичного рівня, який власне і передає його по лініях зв'язку до комп'ютера-одержувача. До цього моменту повідомлення «обростає» заголовками всіх рівнів і готове до пересилання по лініях зв’язку.

Отже, повідомлення по мережі надходить до комп'ютера-отримувача. Воно приймається його нижнім рівнем і послідовно переміщається вгору з рівня на рівень. Кожен рівень аналізує і обробляє заголовок свого рівня та виконує відповідні до даного рівня функції. Після цього відповідний заголовок видаляється та повідомлення передає до вищого рівня. У результаті надіслане повідомлення, досягає відповідного рівня системи одержувача у чистому вигляді. Віддалений комп'ютер-одержувач виконує дії, які вказано в отриманому повідомленні, і надсилає відповідь-результат. Тепер сервер вже виконує роль комп'ютера-відправника, а комп’ютер користувача буде комп'ютером-одержувачем.

Службова інформація, що міститься в заголовках керує процесом передачі і призначена для контролю успішності і достовірності переданих даних. При виникненні проблем може бути зроблена спроба вирішити їх на тому рівні, де їх було виявлено. При неможливості рішення проблеми рівень повідомляє про неї вищі рівні.

На кожному рівні виконується контроль достовірності даних і обробка помилок. Якщо виявлено, що дані певним чином порушено, то може бути ініційовано повторну передачу даних.

Зв'язок комп'ютерів в мережі здійснюється не безпосередньо, а через різні комунікаційні пристрої - концентратори, комутатори, маршрутизатори, мости. Залежно від типу пристрою в ньому можуть бути реалізовані різні набори протоколів.

Розрізняють два типи протоколів Інтернету:

* **Прикладні протоколи** високого рівня, що відповідають за роботу служб Інтернету (веб, електронна пошта, FTP тощо). Зазвичай, постачаються разом з програмою-клієнтом, а самі поширені можуть бути втілені в операційну системи.
* **Базові протоколи** відповідають за фізичну пересилку електронних повідомлень будь-якого типу між комп'ютерами Інтернету. Зазвичай, втілені в операційну систему чи прошиті в мікросхеми комунікаційних пристроїв.

Якщо на комп’ютері ньому не встановлено підтримку базових протоколів, то він не може не зможе працювати в комп’ютерних мережах. В комп’ютері, який під’єднано до локальної чи глобальної мережі протоколи мають бути встановлені і обов’язково виконуватися. Проте, на конкретному комп'ютері можуть бути відсутніми програми-клієнти, які використовують певний прикладний протокол. Наприклад, може не працювати служба миттєвих повідомлень.

Набір мережних протоколів (правил) призначений для організації взаємодії вузлів в мережі називається **стеком протоколів**. Кожен протокол виконує притаманну для нього функцію і має бути сумісним з іншими протоколами. Протоколи працюють в мережі одночасно, отже робота протоколів повинна бути організована так, щоб не виникало конфліктів або незавершених операцій. Тому, стек протоколів розділяється на ієрархічні рівні, кожен з яких виконує конкретне завдання - підготовку, прийом, передачу даних і наступні дії з ними.

Кількість рівнів змінюється відповідно до конкретного стеку протоколів. Протоколи нижніх рівнів часто реалізуються комбінацією програмних і апаратних засобів, а протоколи верхніх рівнів, як правило, програмними засобами, що втілені в операційну систему комп’ютера.

Існує достатня кількість стеків протоколів, що широко застосовуються у мережах. Найбільш популярні стеки протоколів: TCP/IP, який використовується в мережі Інтернет і в багатьох мережах на основі ОС UNIX та Windows, IPX/SPX фірми Novell, NetBIOS/SMB, розроблений фірмами Microsoft і IBM, DECnet корпорації Digital Equipment, SNA фірми IBM і деякі інші.

## Стек протоколів TCP/IP

Популярним стеком протоколів є TCP/IP, що складається з назв двох найбільш важливих протоколів сімейства - Transmission Control Protocol (TCP) і Internet Protocol (IP). Протоколи TCP/IP поділяються на 4 рівня (рис.2). Просування інформації за цим стеком аналогічно потоку даних в моделі OSI (рис.3)

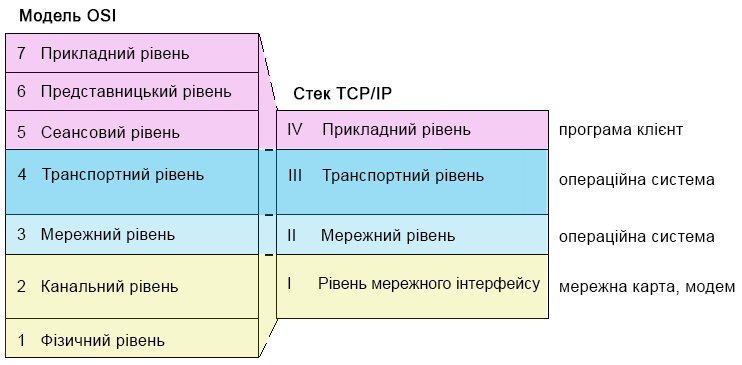


Рис.2. Рівні стеку протоколів TCP/IP

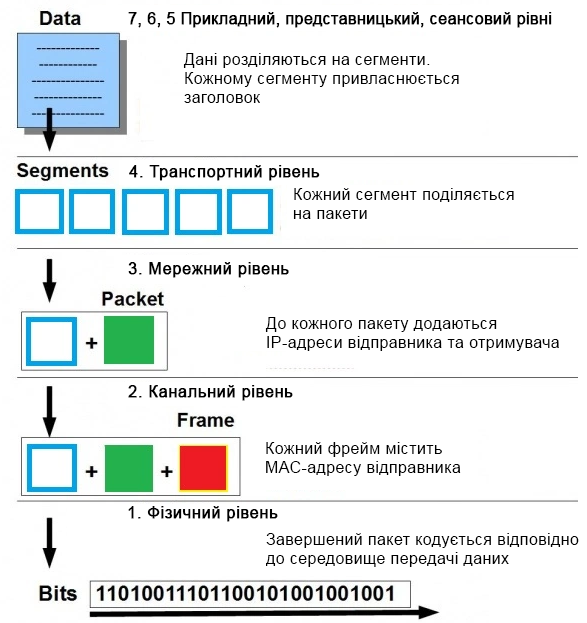


Рис.3. Просування даних в стеку протоколів TCP/IP

### Протоколи прикладного рівня

Верхній рівень називається прикладним. За довгі роки використання в мережах різних країн і організацій стек TCP/IP нагромадив велику кількість протоколів і сервісів прикладного рівня. До них відносяться такі популярні протоколи, як HTTP, HTTPS - для веб-служби; FTP, SFTP - для файлової служби; POP3, IMAP, SMTP - для поштової служби, MSNP24 - для Skype, XMPP - для WhatsApp. Прикладні протоколи певної служби чи сервісу постачаються разом з програмою-клієнтом і при інсталяції втілюються в операційну систему.

### Протоколи транспортного рівня

Керують передачею інформації. Основним завданням є контроль правильності передачі даних, а також забезпечення надійної доставки даних до призначеного комп’ютера.

Протокол отримує інформацію від протоколів прикладного рівня і розділяє її на окремі пакети. Для подальшої передачі пакет скеровується до наступного нижчого рівня (в межах цієї лекції - мережний) і далі по мережі до комп’ютера-приймача, звідки має надійти підтвердження про прийом пакету. Якщо пакет не дійшов, загубився або пошкодився, його буде надіслано ще раз.

У службовому заголовку пакету прописується номер пакету, загальна кількість пакетів, контрольна сума і інша важлива інформація. Після надходження пакетів до місця призначення, протокол транспортного рівня комп’ютера-приймача аналізує їх заголовки, об’єднує пакети до єдиного цілого.

Щоб запобігти спотворенню інформації при пакетуванні комп’ютер-відправник обчислює і вписує у заголовок контрольну суму. Комп’ютер-приймач за тим же алгоритмом зі свого боку обчислює контрольну суму для цього пакету і порівнює її з тою, що є у заголовку. Якщо значення не збігається, пакет вважається спотвореним і надсилається ще раз. Такий спосіб передачі інформації є доволі зручним і швидким.

* Самим поширеним і відомим є протокол **TCP (Transmission Control Protocol)**, який має давню історію, є одним з найперших транспортних протоколів і постійно вдосконалюється.
* Одним з перших транспортних протоколів є протокол **UDP (User Datagram Protocol)**, що досі використовується.
* До сучасних транспортних протоколів належить **SCTP (Stream Control Transmission Protocol**) - протокол передачі з керуванням потоку, що виконує функції і TCP і UDP, але об'єднує їх переваги, позбавляє недоліків і додає нові можливості.

### Протоколи мережного рівня

Здійснюють взаємодію конкретних комп’ютерів мережі, тобто визначають маршрути просування інформації всередині мережі. Такий процес називається **маршрутизацією**. На шляху між комп’ютером-клієнтом та комп’ютером-сервером може знаходитися кілька проміжних комп’ютерів, які називаються **маршрутизаторами**. Маршрутизатор визначає, які з’єднання на даний момент існують і є менш завантаженими для передачі пакету. Пакети одного повідомлення можуть передаватися різними шляхами і за неоднаковий час.

На вході до комп’ютера-приймача пакети накопичуються (буферизуються) і об’єднуються до єдиного цілого.

Самим поширеним і відомим є **ІРv4-протокол (InterNet Protocol)**, але у зв’язку з бурхливим зростанням кількості пристроїв для використання Інтернету (телефони, планшети, термінали) – постала проблема обмеження адресного простору. Протокол IP **IPv6** долає це за рахунок використання довжини адреси 128 біт замість 32. Тестування нового протоколу відбулося в 2008 році. Експеримент пройшов вдало і надав можливість для вироблення рекомендацій щодо подальшого вдосконалення цієї технології, її масового впровадження. Тестування проводилося протягом чотирьох років, було визнано успішним. У 2012 року відбувся Всесвітній запуск IPv6. Першою компанією, яка запровадила стандарт протоколу IPv6 на постійній основі, став Google. Сьогодні світові лідери у виробництві мережного обладнання Cisco та D-Link застосовують цей мережний стандарт у своїх маршрутизаторах на базовому рівні. У мобільних мережах стандарту LTE підтримка протоколу IPv6 є обов'язковою. IT-компанії Google, Facebook, Microsoft та Yahoo використовують IPv6 на своїх основних веб-ресурсах. Протокол набуває все більшого поширення в корпоративних мережах та при домашньому використанні.

Станом на серпень 2024 року статистика Google показує, що доступність IPv6 серед глобальної бази користувачів становить близько 42–47% залежно від дня тижня (вище у вихідні). Використання нерівномірне в різних країнах та в різних інтернет-провайдерів.

Виникає резонне питання: якщо протокол TCP/IPv6 має таку кількість переваг у порівнянні з попередником, чому б просто не перейти на нього всім світом? Основна перешкода лежить у сфері фінансів та тимчасових параметрів. Для повномасштабного використання нової технології потрібні серйозні інвестиції у програмно-технічну модернізацію комп'ютерного парку всіх провайдерів.

### Протоколи фізичного рівня

Протоколи фізичного рівня реалізовано в пристроях, які відповідають за комунікаційний зв’язок – модемах чи мережних картах. Ці протоколи описують середовище передачі даних (кабель, оптоволокно або радіоканал), фізичні характеристики середовища і принцип передачі (поділ каналів, модуляцію, амплітуду сигналів, частоту сигналів, спосіб синхронізації передачі, час очікування відповіді і максимальну відстань). Визначається, яким чином передаються пакети даних, включаючи кодування (тобто спеціальні послідовності бітів, що визначають початок і кінець пакету даних).

До протоколів мережного рівня відносяться MAC, Ethernet, Wi-Fi, DSL, PPP, SLIP

## Процес передачі інформації

Процес обміну повідомленнями між двома абонентами комп’ютерної мережі називається **комунікацією,** а мережа відповідно комунікаційною. Абонентами можуть бути комп’ютери, мобільні пристрої (телефони, планшети), сегменти локальних мереж. До завдань передачі даних відносяться:

* Визначення потоків і відповідних маршрутів.
* Фіксація маршрутів в конфігураціях мережних пристроїв.
* Розпізнавання потоків і передача даних між інтерфейсами одного пристрою.
* .Об’єднання та розділення потоків даних.

**Комутація** - це процес з'єднання різних абонентів комунікаційної мережі через транзитні вузли. Основним призначенням вузлів комутації є прийом, аналіз, вибір маршруту та скерування потоку даних за визначеним напрямом.

Як правило, в мережах загального доступу неможливо надати для кожної пари абонентів власну фізичну лінію зв'язку, якою вони могли б монопольно «володіти» і використовувати у будь-який час. Тому, в мережах завжди застосовується певний спосіб комутації абонентів, який забезпечує розподіл наявних фізичних каналів між кількома сеансами зв'язку і між абонентами мережі.

Пристрій, який виконує комутаційні функції називається комутатором. Комутатором може бути як спеціалізований пристрій (Switch), так і універсальний комп'ютер з вбудованим програмним механізмом комутації.

Кожен абонент сполучено з комутаторами індивідуальною лінією зв'язку, яка закріплена за цим абонентом. Лінії зв'язку, що об’єднують комутатори використовуються спільно кількома абонентами.

Серед багатьох можливих підходів до вирішення завдання комутації абонентів в мережах виділяють два: комутацію каналів і комутацію пакетів. При цьому існують традиційні сфери застосування кожної з технік комутації, наприклад, телефонні мережі будувалися і продовжують будуватися з використанням техніки комутації каналів, а комп'ютерні мережі в переважній більшості засновані на техніці комутації пакетів.

### Мережі з комутацією каналів

Мережі з комутацією каналів широко поширені у традиційних телефонних мережах для передачі мовних повідомлень. Тут між двома пристроями (абонентами) спочатку створюється канал зв'язку, а потім здійснюється обмін даними (інформаційний потік). Відповідно, глобальною ознакою потоку є пара адрес (телефонних номерів) абонентів, що зв'язуються між собою (рис.4).

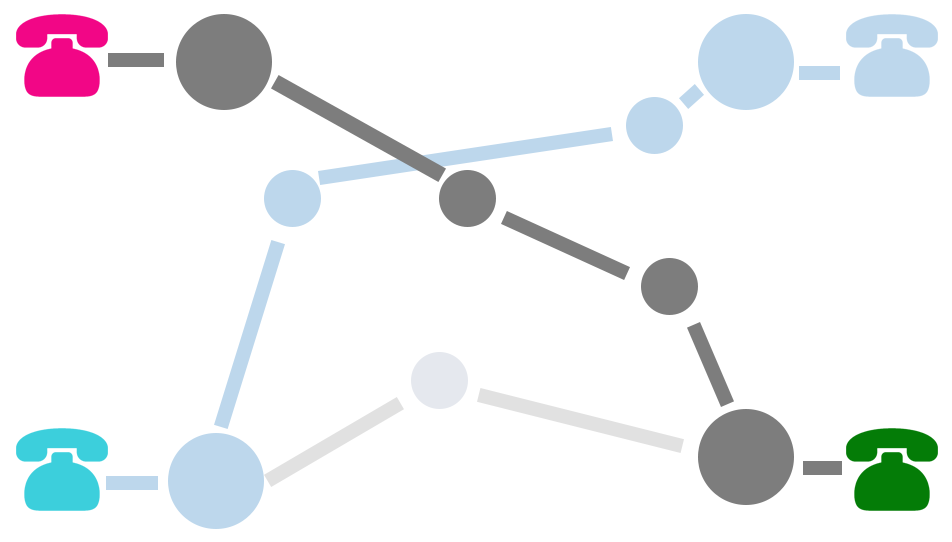


Рис.4. Мережа з комутацією каналів

Однією з особливостей мереж з комутацією каналів є поняття елементарного каналу.

Елементарний канал (або просто канал) - це базова технічна характеристика мережі з комутацією каналів, що представляє собою деяке фіксоване в межах даного типу мереж значення пропускної здатності. Будь-яка лінія зв'язку в мережі з комутацією каналів має пропускну здатність, кратну елементарного каналу, прийнятому для даного типу мережі.

У традиційних телефонних мережах величина швидкості елементарного каналу дорівнює 64 Кбіт/с, що достатньо для якісної цифрової передачі голосу. Такий голосовий канал називають елементарним каналом цифрових телефонних мереж.

Комутацію (з'єднання) елементарних каналів, називають складеним каналом, що створюється тимчасово на період сеансу зв'язку двох абонентів.

На час сеансу зв'язку все елементарні канали, що входять в складений канал, надходять у виключне користування абонентів, для яких був створений цей складений канал.

Після закінчення сеансу зв'язку елементарні канали, що входили до відповідного складеного каналу, оголошуються вільними і повертаються до пулу розподілених ресурсів для використання іншими абонентами.

Щоб уникнути будь-яких можливих проблем значна частина роботи по організації інформаційного обміну виконується заздалегідь, ще до того, як почнеться власне передача даних. Спочатку, за заданою адресою перевіряється доступність необхідних елементарних каналів на всьому шляху від відправника до адресата. Обмін інформацією відбувається в реальному часу, часові затримки при проходженні інформації по мережі є мінімальними. У разі надмірного навантаження, певна частина інформації блокується або скидається.

Основним недоліком мережі з комутацією каналів є низький коефіцієнт використання пропускної здатності ліній зв'язку.

### Мережі з комутацією пакетів

В мережі з комутацією пакетів інформація, що призначена для передачі до іншого комп’ютера поділяється на невеликі частини фіксованої структури і довжини (пакети), які передаються послідовно до найближчого транзитного вузла як тільки звільняється будь-який канал в потрібному напрямку.

Кожний пакет має заголовок, в якому міститься адреса одержувача і маршрут проходження по мережі. Наявність адреси в кожному пакеті є важливою особливістю, оскільки кожен пакет може бути оброблений комутатором незалежно від інших пакетів, що складають мережний трафік. Крім заголовка у пакета присутній кінцевий блок, де міститься контрольна сума, що потрібна для перевірки цілісності інформації. Пакет, що надійшов з помилкою буде надіслано ще раз.

Мала довжина пакету запобігає блокуванню ліній зв'язку, не дозволяє одному користувачеві захоплювати канал зв'язку на довгий час.

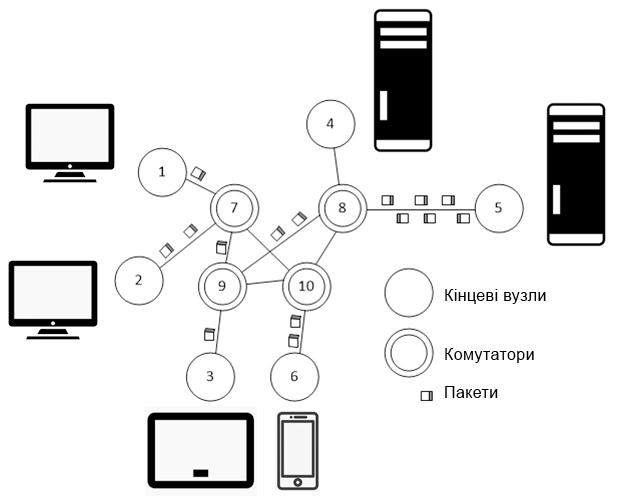


Рис.5. Мережа з комутацією пакетів

Подібно до мереж з комутацією каналів, в мережах з комутацією пакетів для кожного з потоків вручну або автоматично визначається маршрут, що фіксується в параметрах комутаторів. Пакети, потрапляючи на комутатор, обробляються і надсилаються за визначеним маршрутом.

Невизначеність і асинхронність переміщення даних в мережах з комутацією пакетів висуває особливі вимоги до роботи комутаторів в таких мережах. Комутатори в мережах з комутацією пакетів мають внутрішню буферну пам'ять для тимчасового зберігання пакетів. Буфери потрібні для узгодження швидкостей передачі даних в лініях зв'язку, , а також для узгодження швидкості надходження пакетів зі швидкістю їх комутації.

Мережа з комутацією пакетів принципово різниться від мереж з комутацією каналів тим, що кінцеві пристрої не взаємодіють в реальному масштабі часу, надмірне навантаження не скидається, а лише збільшує час доставки. Основним недоліком є збільшений час доставки пакетів.

## Контрольні питання

1. Для чого призначені протоколи Інтернет?
2. З якою метою створено еталонну модель OSI?
3. Перелічити рівні протоколів еталонної моделі OSI (Open Systems Interconnection).
4. Узагальнено описати роботу протоколів за моделлю OSI.
5. Що називають стеком протоколів?
6. Які функції покладено на стек протоколів TCP/IP?
7. Перелічити рівні стеку протоколів TCP/IP.
8. Які функції покладаються на прикладні мережні протоколи?
9. Для чого потрібні прикладні протоколи і як вони постачаються?
10. За що відповідають базові мережні протоколи?
11. Які функції покладено на транспортний та мережний протоколи? Де вони зберігаються?
12. Коротко порівняти поведінку інформаційного потоку в мережах з комутацією каналів та комутацією пакетів.
13. Яким чином здійснюється комутація каналів?
14. Коротко пояснити передачу інформації в мережі з комутацією пакетів.
15. Яким чином формується МАС-адреса і де вона прописана?
16. Як ІР-адреса ідентифікує певний вузол в Інтернеті?
17. Що представляють собою рівні доменної адреси?
18. Пояснити призначення різних рівнів доменної адреси
19. Яким функції покладаються на службу DNS?
20. Коротко пояснити яким чином зшукається відповідність доменної адреси ресурсу до ІР-адреси сервера.
21. Пояснити поведінку запиту, після введення доменної адреси.

## Література

1. Мережна модель OSI (Open System Interconnection) <https://itandlife.ru/technology/computer-networks/setevaya-model-osi-open-system-interconnection/>
2. Протоколи TCP/IP <https://www.xelent.ru/blog/vvedenie-v-protokoly-tcp-ip/>
3. Протоколи HTTP и HTTPS <https://docs.microsoft.com/ru-ru/azure/rtos/netx-duo/netx-duo-web-http/chapter1>
4. Що таке протокол TCP? <https://uk.education-wiki.com/8671802-what-is-tcp-protocol>
5. Можливості мережного протоколу IPv6 <https://omnilink.ua/mozhlyvosti-merezhevoho-protokolu-ipv6/>
6. Комутація каналів та пакетів в мережах передачі даних - <https://evileg.com/uk/post/37/>
7. Адресація в ІР-мережах - <http://citforum.ru/nets/ip/glava_3.shtml>
8. Як знайти МАС-адресу комп’ютера - <https://windows-school.ru/blog/kak_najti_mac_adres/2020-04-22-610>
9. IP-адреса – визначення та опис <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-an-ip-address>
10. Дізнатися про власну IP-адресу <https://2ip.ua/ua/>
11. Що таке доменні адреси - <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Understanding_domain_names>
12. DNS-сервер <https://selectel.ru/blog/dns-server/>
13. Що таке домен <https://hostiq.ua/info/what-is-domain/>
14. Засади служби DNS <https://1cloud.ru/help/dns/dns_basics>
15. Як функціонує DNS <https://hostiq.ua/blog/how-does-dns-work/>