

УДК 004.78.046

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.6>

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ DNS-СЕРВЕРА ТА DHCP-СЕРВЕРА

Кірюшин В. О. – магістр

Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій

ORCID ID: 0009-0002-2369-4108

Лемешко А. В. – доктор філософії, доцент,

доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій

ORCID ID: 0000-0001-8003-3168

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції

Національного університету біоресурсів і природокористування України

ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Рябокоть О. О. – магістр

Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій

ORCID ID: 0009-0001-1356-6033

Макаренко Є. О. – магістр

Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій

ORCID ID: 0009-0002-6666-3627

У статті розглянуто особливості DNS-серверів та DHCP-серверів. Наведено основні принципи роботи DNS-сервера та DHCP-сервера з IP-адресами. DNS і DHCP відносяться до архітектуру клієнт-сервер, і обидва сервери є важливими в службі IT-мережі для покращення та спрощення використання Інтернету. DNS складає деревину ієрархічну структуру, яка виводить повноцінне доменне ім'я за допомогою простору імен. DNS складається із трьох служб, де перший відповідає за ресурси і за простір імен, другий відповідає за сервери імен, третій за DNS-клієнтів. Ще одна служба який складає більш адміністративний простір, називають зоною DNS. DNS зони можна розділити на авторитетні та неавторитетні зони. Авторитетні DNS-сервер контролює відображення записів і відправляє певну і коректну інформацію до інших сервера, неавторитетний DNS-сервер не має місця для вхідних файлів і запам'ятовує лише попередній запит із раніше виконаних. DNS, використовуючи рекурсивний пошук, може надсилати запити на інший домен сервера, який має власну IP-адресу, і той самий запит буде повернуто. Сервер DHCP автоматизує налаштування та призначає IP-адресу та маску підмережі певному вузлу. У пулі не можна використовувати однакові типи адрес. За, яким принципом працюють протоколи IP-адрес в DHCP та від чого залежить MAC-адрес. Види режимів DHCP, які відносяться до системи клієнт-сервер. Для автоматичного розподілу IP-адрес в DHCP використовується функції DHCPDISCOVER, DHCPOFFER, DHCPREQUEST, DHCPACK. DHCPDISCOVER, DHCPOFFER, DHCPREQUEST, DHCPACK це етапи, які прив'язані до налаштування мережевих параметрів пристроїв у комп'ютерній мережі за допомогою протоколу DHCP. Перший етап DHCPDISCOVER більш пов'язаний для автоматичного налаштування мережевих параметрів пристроїв у комп'ютерній мережі, тобто пристрій DHCPDISCOVER надсилає запит до доступного DHCP-сервера для отримання IP-адреси. Другий етап DHCPOFFER більш пов'язаний з відповіддю DHCP-сервера на запити DHCPDISCOVER, тобто DHCP-сервер дозволяє вибрати IP-адресу й інші конфігурації. Третій етап DHCPREQUEST сягає на отримання підтвердження вибору однієї

або декількох IP-адрес від DHCP OFFER. Четвертий етап DHCP ACK, являється підтвердженням вже налаштованої конфігурації та IP-адреси.

Ключові слова: DNS-адреса, домене ім'я, ієрархія DNS, DHCP-адреса, IP-адреса, MAC-адреса.

Kiryushin V. O., Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Riabokon O. O., Makarenko Ye. O. Features of functionality of DNS-server and DHCP-server

The article compares the difference between a DNS server and a DHCP server. The basic principles of DNS server and DHCP server with IP addresses are considered. DNS and DHCP refer to the client-server architecture, and both servers are important in IT network service to improve and simplify the use of the Internet. DNS builds a hierarchical tree structure that resolves a fully qualified domain name using a namespace. DNS consists of three services, where the first is responsible for resources and namespaces, the second is responsible for name servers, and the third is for DNS clients. Another service that makes up a more administrative space is called the DNS zone. DNS zones can be divided into authoritative and non-authoritative zones. The authoritative DNS server controls the display of records and sends certain and correct information to other servers, the non-authoritative DNS server has no place for incoming files and remembers only the previous request from the previously executed ones. DNS, using recursive lookup, can query another server domain that has its own IP address and the same query will be returned. A DHCP server automates the configuration and assigns an IP address and subnet mask to a specific host. The same address types cannot be used in a pool. By what principle do the IP address protocols in DHCP work and what does the MAC address depend on. Types of DHCP modes related to the client-server system. DHCPDISCOVER, DHCP OFFER, DHCPREQUEST, DHCPACK functions are used for automatic distribution of IP addresses in DHCP. DHCPDISCOVER, DHCP OFFER, DHCPREQUEST, DHCPACK are steps that are related to configuring the network parameters of devices in a computer network using the DHCP protocol. The first stage of DHCPDISCOVER is more related to automatically configure the network parameters of devices on a computer network, that is, the DHCPDISCOVER device sends a request to an available DHCP server to obtain an IP address. The second stage of DHCP OFFER is more related to the DHCP server's response to DHCPDISCOVER requests, that is, the DHCP server allows you to choose an IP address and other configurations. The third stage of the DHCPREQUEST involves receiving confirmation of the selection of one or more IP addresses from the DHCP OFFER. The fourth stage, DHCPACK, is a confirmation of the already configured configuration and IP address

Key words: DNS Address, Domain Name, DNS Hierarchy, DHCP Address, IP Address, MAC Addresses.

Вступ. DNS-сервера досить доступний протокол, тому що через інтернет, хакери при злому домену, можуть залишити фейкову рекламу в якому може буде вірус, або може через IP-адрес сайту викрасти дані користувача який володіє веб-сайтом. Деякі хакери можуть мати при собі домен популярного сайту до якого користувачі часто звертаються, і за допомогою фейкового сайту хакери можуть отримати доступ до інформації користувача. DNS-сервера контролюється однією країною і однією організацією ICANN, який являється підприємницькою організацією, недолік в тому, якщо права зміняться в країні то і організація змінить свої обов'язки. DNS-сервера пов'язані між собою і утворюють ієрархію, в якому є головний DNS-сервер контролює інші DNS-сервера, тому можна назвати це недоліком, наприклад, якщо головний DNS-сервер вийшов з ладу, то інші DNS-сервера теж відключаються, тому що не зможуть відправити відповіді до головного DNS-сервер [1–3].

Постановка проблеми. Незалежно від DNS-сервера, недоліки DHCP-сервера більше пов'язана, до налаштування конфігурації, якщо сервера, які належать до однієї мережі не будуть налаштовані, і при цьому включені, то обладнання не буде, як слід працювати. Доступ до IP-адрес може прийти неавторизованим, оскільки DHCP-сервер у якому нема безпечного механізму для проходження автентифікації, користувач не зможе отримати доступ до облікових даних, так як ідентифікація буде належати іншим користувачам DHCP-сервера. При призначенні нової IP-адреси, перейменування не змінюється [4, 5].

Найбільш поширена проблема для DNS-сервера і DHCP-сервер являються DDoS-атаки. Під час атаки на DNS-сервера або DHCP-сервер, сервер може бути перезавантажений запитами, що може призвести до його несправності та відмови в обслуговуванні користувачів, підключених до мережі. У разі атаки на DHCP-сервер, клієнти можуть не отримувати IP-адреса та не мати змоги підключитись до мережі, та використовувати її ресурси. Атаки на DNS-сервер, можуть призвести до того, що користувачі не зможуть отримати доступ до веб-сайту сторінок, електронної пошти, та інших сервісів, які використовують імена доменів [6].

Мета дослідження. Метою даного дослідження є розкриття й аналіз різниць технологічних відмінностей DNS-сервера та DHCP-сервера з метою з'ясування їх ролей та важливості в комп'ютерній мережах та середі.

Об'єктом дослідження є DNS-сервер і DHCP-сервер, які забезпечують оптимальну роботу для комп'ютерних мереж.

Предметом дослідження є технологічні характеристики та функціональні відмінності між сервером DNS та сервером DHCP, і їх вплив на роботу мережі.

Методи дослідження полягає на вивчення наукових книг, статті, публікацій в соціальних мережах та технічних характеристиках, що стосуються до DNS-сервера та DHCP-сервера.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження над DNS, DHCP і IP проводили такі інострани вчені, як Deland-Han, Pradana, Dio Aditya, Ade Surya Budiman, Huchue, Schmon, Ralf Dolmans, Paul Vihieu, Volz, Bernie, Tomek Mrugalski, Carlos Jesus Bernardos, Paul, Arnob, H. M. Mohidul Islam, Shohrab Hossain, Husnu S. Narman, Ted Lemon, Stuart Cheshire, Moura, Giovane Cesar Moreira, Sebastian Castro, Wes Hardaker, Maarten Wullink, Cristian Hesselman, Aldaoud, Manar, Dawood Al-Abri, Ahmed Al-Maashri, Firdous Kausar [7-16].

Теоретичні відомості, які описують визначення і функції DNS, DHCP, IP та MAC-адрес, вчені в своїх книгах, як Є. Бузова, В.А., (Данілова, В.В Шликов), В. В. Поліщука, (А. Г. Микитишин, Митник М. М., П. Д. Стухляк, В. В. Пасічник), Гончаренко Ю. О. Відомості про основні проблеми DNS і DHCP розглядають такі автори, як Трайдакало М. О. та Джунаїд Р. [16–22].

Виклад основного матеріалу дослідження. Сервер DNS може визначати та перевіряти доменні імена в числову IP-адресу. Саме серверні доменні імена є групою мережевих вузлів, які взаємодіють між собою і утворюють ієрархію в якому визначається рівень домену. Рівні домену поділяються на частини, кожна частина описує певний рівень, а всього їх три, і поділяються рівні через кореневий домен, це називається простором імен, що утворює деревинну структуру рівнів (рис. 1).

Перший рівень домену більш поділяється на зони, тому деякі ім'я можуть вказувати на територіальну приналежність даного ресурс. В домену першого рівня є три категорії імен:

- Загальні імена – com, edu, biz, на даний момент їх 21.
- Імена, які зареєстровані в відповідних країнах, називають двобуквеними, тобто домене ім'я, яке передбачається в Україні називають просто ua.
- ARPA зворотне домене ім'я яке виводить повне ім'я вузла IP-адреса.

Другий рівень домену відноситься до найменування унікального імені, в котрій комбінують букви за для легкого запам'ятовування і читання.

Третій рівень домену більш закріплений до ім'я другого рівня, тому певний суб'єкт може мати декілька адрес на базі основного найменування.

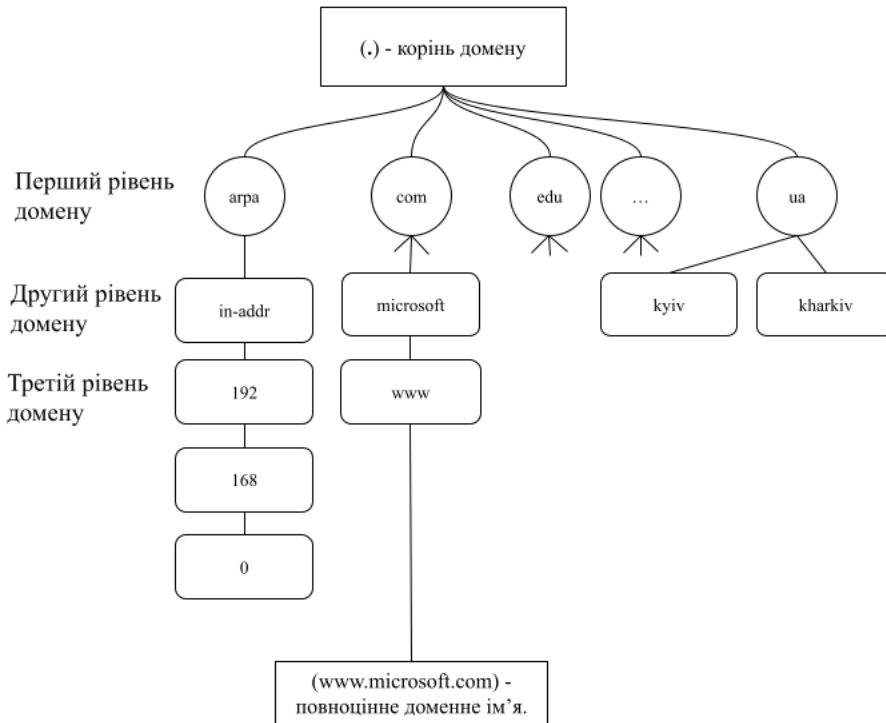


Рис. 1. Ієрархічна структура DNS

Серверні імена DNS відносяться до комп'ютерів, в яких зберігаються частини бази даних імен DNS, і за це все відповідає програмне забезпечення, в якому обробляються запити DNS-клієнтів на дозвіл та надає відповідь на отриманий запит (рис. 2).

Етапи роботи DNS-сервера:

1. Користувач передає ім'я хоста до клієнта передачі файлів.
2. Через клієнт передачі файлів передає ім'я хоста до DNS-клієнта.
3. DNS-клієнт надсилає запит до DNS-сервера, де приймає ім'я хоста, і виділяє вже відому IP-адресу.
4. DNS-сервер надсилає відповідь у вигляді IP-адресу до DNS-клієнта.
5. DNS-клієнт передає IP-адресу до клієнту передачі файлів.
6. Вже отриманий IP-адрес використовується клієнтом, щоб надати доступ до серверної передачі файлів.

DNS-клієнт на самперед – це мережевий вузол, який звертається до DNS-серверу, щоб отримати дозвіл від імені вузлу до IP-адреси, і навпаки, IP-адреси до імені вузла. Зонаю DNS визначають певну частину DNS-імені в системі доменних імен, її ще називають адміністративною, тому що деякі компоненти DNS контролюються більш детально; DNS Зона може розбитися на різні зони, які будуть чітко контролювати області простору DNS-імен; зона DNS містить у собі кілька імені із третього рівня, і в одному сервері містяться декілька зон. Зона відповідає за реплікацію даних між серверами DNS, де кожна містить у собі певні одиниці ресурсних записів для відповідних доменів. DHCP відрізняється від DNS, але в DHCP може інтегрувати DNS при цьому використовувати динамічну реєстрацію для видання IP-адреса і домену до мережевих вузлів (рис. 3).

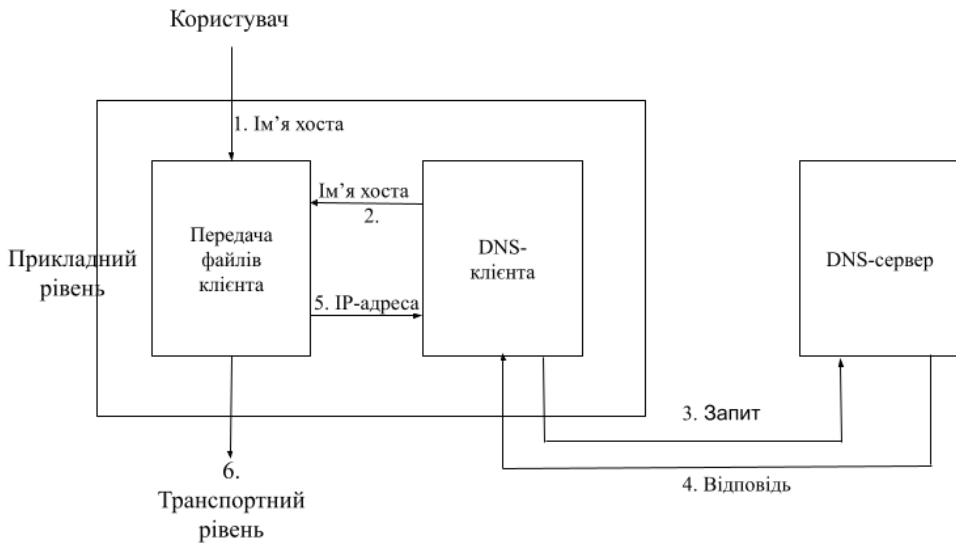


Рис. 2. Принципи роботи DNS-сервера

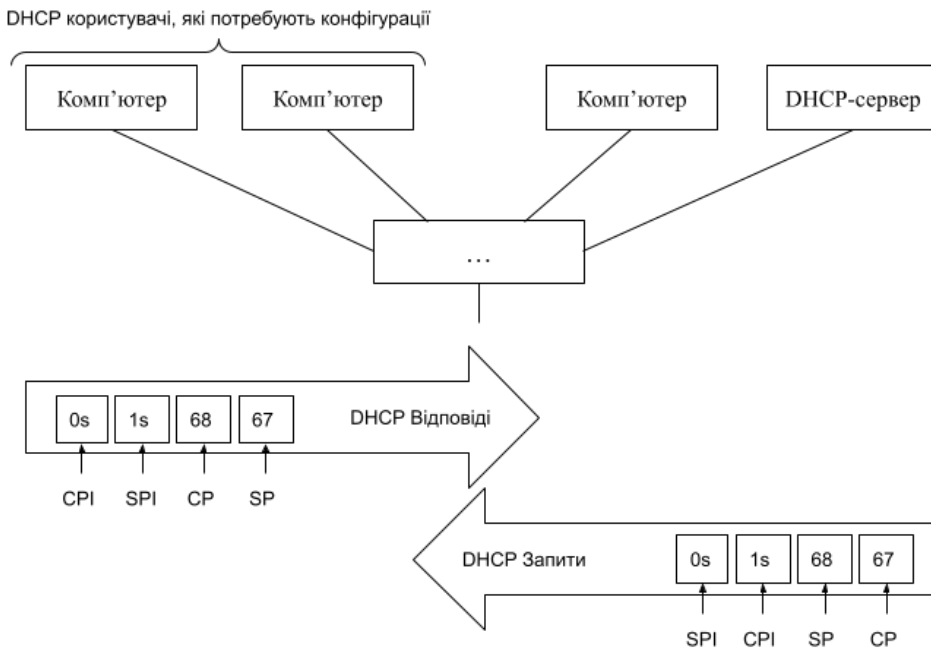


Рис. 3. Принципи роботи DHCP-сервера в мережевій структурі

Сама функція DHCP покращує та спрощує роботу IP-мережі, за такими принципами, як управління і налаштування для об'єднання мережеских вузлів. DHCP, містить у собі компоненти, які реалізують роботу даного сервера, це протокол, який надає через DHCP-сервер певні параметри конфігурації до певного вузла,

і механізм, який призначає між вузлами певну мережеву адресу, де СІР – це ІР-адреса користувача, SІР-ІР-адреса сервера. СР-порт користувача, SP-порт сервера. DHCP може працювати в трьох режимах: динамічному розподілі, автоматичному виділенні та статичному розподілі. У динамічному режимі, адміністратор призначає діапазон ІР-адрес на DHCP-сервері, а кожен клієнт повинен запитати ІР-адресу від сервера. Якщо термін оренди закінчується і не продовжується, DHCP-сервер може повернути адресу і призначити її іншому комп'ютеру.

У режимі автоматичного виділення, DHCP-сервер постійно призначатиме вільний ІР-адрес з діапазону, встановленого адміністратором, запитуючому комп'ютеру. Основна відмінність з динамічним режимом полягає у тому, що сервер зберігає записи минулих завдань ІР і намагається надати ту саму адресу із пулу, тому ж комп'ютеру для майбутніх підключень до мережі.

Протокол DHCP сконструйований з такою можливістю, що клієнт може надсилати запити до кількох серверів одночасно. Пул адрес DHCP залежить від групи ІР-адрес, у якій налаштована мережева конфігурація, оскільки сервер DHCP вибере кілька ІР-адрес із пулу для призначення користувачам DHCP (рис. 4). Клієнт DHCP, який потребує присвоєння адреси, надсилає широкомовний пакет DHCPDISCOVER для пошуку сервера. У пакеті міститься апаратна адреса клієнта. Один або кілька серверів DHCP оброблюють запити та відповідають пакетом DHCPOFFER, який містить запропоновану ІР-адресу та «час оренди». Після отримання пакетів DHCPOFFER клієнт обирає адресу для свого призначення, віддаючи перевагу адресі з найбільшим часом оренди. Після цього клієнт відправляє пакет DHCPREQUEST, з адресою вибраного сервера. Далі, вибір адреси клієнтом, який відправляє на підтвердження в вибраний сервер у пакеті DHCPACK і процес налагодження завершується. У пакеті DHCPACK містяться надані адреси та година оренди. Сервер позначає виділену адресу як зайняту, і до закінчення

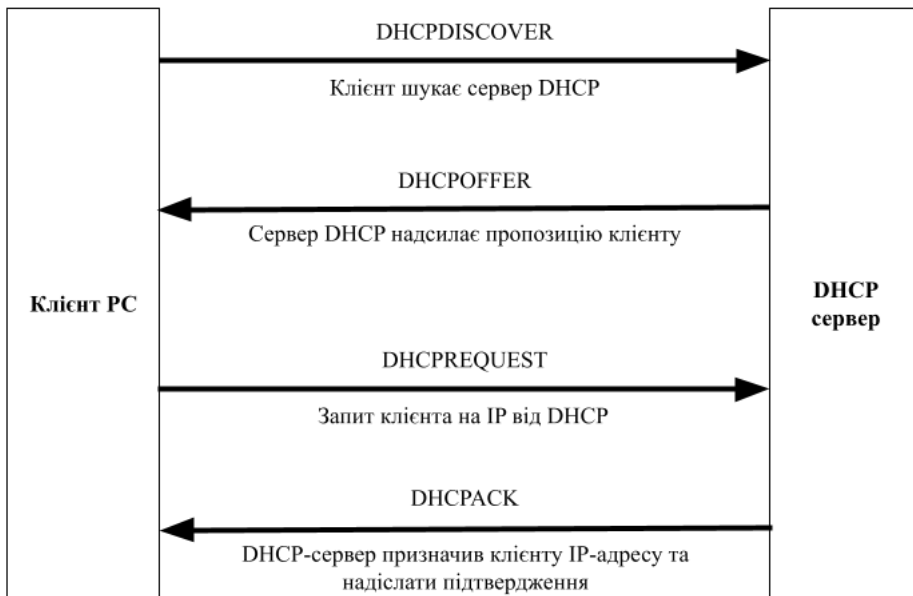


Рис. 4. Принцип роботи автоматичного призначення IP-адреси

терміну оренди іншому клієнту цю адресу не можна буде присвоїти. Клієнт залишається лише налаштувати свої параметри відповідно до даних і може приступати до роботи в мережі.

У режимі статичного розподілу, сервер DHCP призначає IP-адреси виключно на основі таблиці MAC-адрес, заповненої вручну адміністратором. Якщо MAC-адрес комп'ютера не зазначено в таблиці, то йому не буде призначена мережева адреса. IP являється інтернет-протоколом, від якого присвоюють пристрою, який підключений до мережі, і кожен пристрій використовує свою призначену IP-адресу для зв'язку з іншими пристроями, які теж підключені до однієї мережі. Тому IP-адреса використовується, як ідентифікатор пристрою даної мережі. IP-адреса може виглядати, як мережева адреса, так і адреса вузлу. Протокол IP-адреса поділяється на два типи версій, IPv4 та IPv6. Протокол IPv4 найбільш популярніша, тому що більш легка в застосуванні; четверта версія IP являється 32-розрядною адресую, яка складається з чотирьох чисел, і між цими числами лежить крапка, яка виконує функцію розділення. Протокол IPv6 являється 128-розрядною адресую з 8 блоків, які розділені двокрапкою; протокол IPv6 містить простий заголовок, так і надає великий простір.

Маска адреси – це підмережа, яка представляється в двійковому форматі, і описує частину протоколу IP-адреси для розрізнення комп'ютерних мереж; за допомогою маски адреси, комп'ютери можуть спілкуватися один з одним у двійковому форматі, якщо комп'ютери підключені до однієї мережі. За виявленням IP-адреси та маскою адреси виходить повністю настроєна конфігурація, який називається MAC-адресом. DNS-сервер може підтримувати протокол UDP і TCP але підключається до порту 53, який відповідає на запити користувачів, тоді як DHCP-сервер підтримує тільки один протокол UDP з двома портами, 67 який відповідає за сервер і 68 призначений для користувача (табл. 1).

Таблиця 1

Різниця в функціональності DNS, DHCP серверів

DNS-сервер	DHCP-сервер
Система доменних імен	Протокол динамічної конфігурація вузлів
Підтримує UDP і TCP	Протокол UDP, підтримується за допомогою DHCP
Працює на порту 53 .	Працює від портів 67, 68
Відповідає на запити суб'єкта	Відповідає за призначення тимчасової оренди IP-адреси до суб'єкта
Децентралізована система, яка відповідає за ієрархічним розподілом та збереженням інформації	Централізована система, яка відповідає за надання IP-адреси з пулу до суб'єкта

Реалізація DNS-сервера постає від запитів користувачів в основі вводу IP-адреси або домену імені сайту, і отримання результату від відповіді запиту. В DHCP-сервер зовсім по іншому, DHCP дає тимчасові IP-адреси користувачам тим самим орендує IP-адресу, і продовження терміну оренди, якщо користувач заплатив. DNS-сервер, який знаходиться в центральному управлінні, перерозподіляє повноваження доменних імен, тобто люба інформація, яка не знаходиться але входить до складу DNS-сервера, розподіляється на ієрархію, яка поділяється на основну і звичайну, де основна інформація залишається на місці, а звичайна

інформація відправляється в інше місце. Залежно від DNS-сервера, DHCP-сервер являється центральною системою від якого інформація обробляється та подається у вигляді IP-адреси до користувача який знаходиться в мережі.

Висновки. Підсумовуючи, DNS-сервер та DHCP-сервер кожен використовує свої техніки для зручності роботи з мережею або інтернетом. DNS-сервер усуває складні числові IP-адреси і використовує більш зручний формат для читання, перетворюючи його у домене ім'я. DHCP-сервер по більшій частині скорочує у мережі, трудовий процес конфігурації, який виконується вручну, і на даний момент процес конфігурації виконується автоматично. Основна різниця між цими протоколами відбувається в їх функціональності. DNS дозволяє вирішувати доменні імена в IP-адресі, тоді як DHCP забезпечує автоматичне налаштування параметрів мережі для комп'ютерів. Обидва протоколи є маленькі для роботи в комп'ютерних мережах і можуть стати об'єктом атаки, наприклад DDoS-атаки, що може призвести до перерви в робочій мережі та знизити її продуктивність. Для автоматичного призначення IP-адреси використовується запити DHCPDISCOVER від яких можна отримати декілька пропозицій від серверів. Для вибору адреси клієнт відправляє відповідь у пакеті DHCPREQUEST з ідентифікатором вибраного сервера. Інші сервери перевіряють цей пакет і позначають ваші пропозиції як відкинуті на основі ідентифікатора сервера. Цим забезпечується вільність запропонованих IP-адрес для інших клієнтів. У випадку, якщо сервер не може прийняти конфігурацію від клієнта, він відправляє пакет DHCPNAK, який сигналізує про відмову у підтвердженні. Це змушує клієнта розпочати процес узгодження заново. Цей механізм дозволяє забезпечити коректну роботу мережі та підтримувати її стабільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Буров Євген. Книга «Комп'ютерні мережі». 1999. 130–132.
2. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Навчальний посібник для вищих навчальних закладах «Магнолія 2006». Книга 1-ша «Комп'ютерні мережі». 2013. 133–142.
3. Гончаренко Ю.О. Система веб-інтерфейсу для роботи з мережевими каталогами. Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного ступеня «бакалавр». спец. 123 «Комп'ютерна інженерія». ЧНУ ім. Петра Могили. 2022. 20–23.
4. Данілов В. А., Шликов В. В. Протокол DHCP. Телемедицина та комп'ютерні мережі: Лабораторний практикум cisco packet tracer. Навчальний посібник для студентів спеціальності 163 «Біомедична інженерія». 2021. 27–31.
5. Поліщук В.В. Адміністрування комп'ютерних мереж. Методичне видання. 2019. 35–39.
6. Garcia, E., & Martinez, L. Аналіз продуктивності серверів DNS та DHCP. Збірка матеріалів Міжнародної конференції з мережевих технологій (ICN). 2018. 103–115.
7. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022.
8. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, (1). 2023,
9. Новіченко Є.О. Актуальні засади створення алгоритмів обробки інформації для логістичних центрів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (1). 2023.

10. Зайцев Є.О. Smart засоби визначення аварійних станів у розподільних електричних мережах міст. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, (5). 2022.
11. Петрова О. Аналіз вразливостей мережі DNS і DHCP у контексті атак типу DoS. Журнал «Мережеві технології та безпека». 2(15). 2021. 78–87.
12. Марченко Т.М. Аналіз і порівняльна оцінка переваг та недоліків використання DNS та DHCP в корпоративних мережах. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в сучасному світі». 2020. 45–51.
13. Мартинова О. Принципи роботи та порівняння TCP та UDP. Мережеві технології та безпека. 3(15). 2021. 34–41.
14. Петренко В. Розподільча служба DHCP: Огляд та основні принципи роботи. Комп'ютерна безпека та захист інформації. 2022. 1(20). 34–42.
15. Кравченко І. Принципи та функції DHCP-сервера в мережах. Мережеві технології та безпека. 3(14). 2020. 42–51.
16. Марченко О. Аналіз і заходи захисту від DoS-атак в мережах DNS і DHCP. Комп'ютерні комунікації та мережі. 1(16). 2023. 68–77.
17. Михайлов В. Застосування TCP та UDP у сучасних мережах зв'язку. Інформаційні технології та кібербезпека. 2(20). 2022. 52–59.
18. Петренко В. Роль та функціональність DNS-сервера в мережах. Інформаційні технології і кібербезпека. 2(18). 2022. 34–41.
19. Черниш О. Огляд та функціональні аспекти роботи DNS-сервера. Технічні науки та технології. 1(19). 2023. 56–63.
20. Черниш О. DHCP-сервер: Роль та можливості в сучасних мережах. Журнал комп'ютерних наук. 4(28). 2022. 90–97.
21. Aldaoud, Manar, Dawood Al-Abri, Ahmed Al-Maashri and Firdous Kausar. «Інструменти DHCP-атаки: аналіз». Журнал комп'ютерної вірусології та методів злову. 2021. 1–11.
22. Шевченко О. DNS і DHCP: Порівняння та відмінності у функціональності. Інженерія інформаційної безпеки. 1(13). 2022. 38–45.

REFERENCES:

1. Burov, Y. (1999). Book "Computer Networks". Pages 130–132 [in Ukrainian].
2. Mykytyshyn, A. G., Mytnik, M. M., Stukhlyak, P. D., Pasichnyk, V. V. (2013). Textbook for higher educational institutions "Computer Networks". Book 1. Pages 133–142 [in Ukrainian].
3. Honcharenko, Yu.O. (2022). Web Interface System for Working with Network Directories. Bachelor's thesis. ChNU named after Petro Mohyla. Pages 20–23 [in Ukrainian].
4. Danilov, V. A., Shlykov, V. V. (2021). DHCP Protocol. Telematics and Computer Networks: Cisco Packet Tracer Lab Manual for Students of Biomedical Engineering. Pages 27–31 [in Ukrainian].
5. Polischuk, V. V. (2019). Network Administration. Methodical publication. Pages 35–39 [in Ukrainian].
6. Garcia, E., & Martinez, L. (2018). Analysis of DNS and DHCP Server Performance. Proceedings of the International Conference on Networking (ICN), 103–115 [in Ukrainian].
7. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. (2022) Efektyvnist funktsionuvannya kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. Tavriyskiy naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky, (6) [in Ukrainian].
8. Tsyvyk O.S. (2023) Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, (1) [in Ukrainian].

9. Novichenko Ye.O. (2023) Aktualni zasady stvorennia alhorytmiv obrobky informatsii dlia lohistychnykh tsestriv. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, (1) [in Ukrainian].
 10. Zaitsev Ye.O. (2022) Smart zasoby vyznachennia avariinykh staniv u rozpodilnykh elektrychnykh merezhakh mist. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, (5) [in Ukrainian].
 11. Petrova, O. (2021). Analysis of Vulnerabilities in DNS and DHCP Networks in the Context of DoS Attacks. *Journal of "Network Technologies and Security"*, 2 (15), 78–87 [in Ukrainian].
 12. Marchenko, T.M. (2020). Analysis and Comparative Evaluation of the Advantages and Disadvantages of Using DNS and DHCP in Corporate Networks. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Information Technologies in the Modern World"*, 45–51 [in Ukrainian].
 13. Martynova, O. (2021). Principles of Operation and Comparison of TCP and UDP. *Journal of "Network Technologies and Security"*, 3 (15), 34–41 [in Ukrainian].
 14. Petrenko, V. (2022). DHCP Service Overview and Basic Operation Principles. *Journal of "Computer Security and Information Protection"*, 1 (20), 34–42 [in Ukrainian].
 15. Kravchenko, I. (2020). Principles and Functions of DHCP Server in Networks. *Journal of "Network Technologies and Security"*, 3 (14), 42–51 [in Ukrainian].
 16. Marchenko, O. (2023). Analysis and Measures to Protect Against DoS Attacks in DNS and DHCP Networks. *Journal of "Computer Communications and Networks"*, 1 (16), 68–77 [in Ukrainian].
 17. Mykhailov, V. (2022). Application of TCP and UDP in Modern Communication Networks. *Journal of "Information Technologies and Cybersecurity"*, 2 (20), 52–59 [in Ukrainian].
 18. Petrenko, V. (2022). The Role and Functionality of DNS Servers in Networks. *Journal of "Information Technologies and Cybersecurity"*, 2(18), 34–41 [in Ukrainian].
 19. Chernish, O. (2023). Overview and Functional Aspects of DNS Server Operation. *Journal of "Technical Sciences and Technologies"*, 1(19), 56–63 [in Ukrainian].
 20. Chernish, O. (2022). DHCP Server: Role and Capabilities in Modern Networks. *Journal of "Computer Sciences"*, 4(28), 90–97 [in Ukrainian].
 21. Aldaoud, M., Al-Abri, D., Al-Maashri, A., & Kausar, F. (2021). Tools for DHCP Attacks: An Analysis. *Journal of "Computer Virology and Hacking Methods"*, 1–11 [in Ukrainian].
 22. Shevchenko, O. (2022). DNS and DHCP: Comparison and Differences in Functionality. *Journal of "Information Security Engineering"*, 1 (13), 38–45 [in Ukrainian].
-