

ІНКАПСУЛЯЦІЯ ТА ДЕКАПСУЛЯЦІЯ: ЯК ДАНІ МАНДРУЮТЬ МЕРЕЖЕЮ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглядаються процеси інкапсуляції та декапсуляції, які є базовими етапами передачі даних у комп'ютерних мережах. Визначено їхню роль у забезпеченні цілісності, коректності та безпеки інформаційних потоків. Аналізуються принципи функціонування цих процесів у контексті моделі OSI та стеку TCP/IP. Наведено результати досліджень, які підтверджують вплив інкапсуляції на продуктивність і сумісність мережевого обладнання. Розглянуто застосування інкапсуляції у VPN, VLAN та інших технологіях, що сприяють підвищенню захищеності та ефективності мережевої інфраструктури.

Ключові слова: інкапсуляція, декапсуляція, комп'ютерні мережі, модель OSI, стек TCP/IP, мережевий трафік, VPN, VLAN, безпека, сумісність.

Abstract

The article examines the processes of encapsulation and decapsulation, which are the basic stages of data transmission in computer networks. Their role in ensuring the integrity, correctness and security of information flows is determined. The principles of functioning of these processes are analyzed in the context of the OSI model and the TCP/IP stack. The results of research are presented, confirming the impact of encapsulation on the performance and compatibility of network equipment. The application of encapsulation in VPN, VLAN and other technologies that contribute to increasing the security and efficiency of the network infrastructure is considered.

Keywords: encapsulation, decapsulation, computer networks, OSI model, TCP/IP stack, network traffic, VPN, VLAN, security, compatibility.

Вступ

Передача даних у комп'ютерних мережах є складним процесом, який забезпечує коректне функціонування інформаційних систем. Важливу роль у цьому відіграють інкапсуляція та декапсуляція, що є ключовими етапами руху даних від відправника до отримувача. Ці процеси забезпечують цілісність, правильність і безпеку переданої інформації. Розуміння цих механізмів дозволяє глибше усвідомити принципи роботи сучасних мережевих технологій і сприяє оптимальному налаштуванню комунікаційного обладнання.

Основна частина

Інкапсуляція є важливим процесом у мережевих технологіях, який забезпечує належну передачу даних між різними рівнями мережі [1]. Кожен рівень моделі OSI відповідає за певний набір операцій і додає свою інформацію, що дозволяє коректно обробити й передати повідомлення від відправника до отримувача.

Процес інкапсуляції починається на прикладному рівні, де користувачке додаток або програма генерує дані для передачі. Це може бути запит веб-сторінки, електронний лист або будь-яке інше повідомлення. Далі це повідомлення передається на транспортний рівень, де до нього додається заголовок, який містить інформацію про порти відправника та отримувача. Порти дозволяють визначити, яке саме додаток або служба на кінцевих вузлах повинні обробити ці дані.

Наступним етапом є мережевий рівень, на якому додається інформація про маршрутизацію – IP-адреси. IP-адреси визначають, куди саме мають бути доставлені пакети даних у глобальній мережі. Цей рівень також відповідає за визначення маршруту між джерелом і одержувачем через різні мережі та маршрутизатори.

На канальному рівні додаються заголовки, що включають MAC-адреси, які використовуються для ідентифікації пристроїв в межах локальної мережі. Важливість цього етапу полягає в тому, що навіть якщо пакети переміщуються через маршрутизатори, канальний рівень все одно визначає, який пристрій отримує конкретні дані на основі його фізичної адреси.

Нарешті, на фізичному рівні сформовані пакети перетворюються на бітовий потік і передаються через фізичне середовище (кабелі, оптоволокно, бездротові канали). Кожен рівень додає свою частину інформації, що дозволяє гарантувати, що дані будуть коректно передані та доставлені на кінцевий пристрій.

Декапсуляція є зворотним процесом. Після отримання бітового потоку приймаючий пристрій виконує послідовне зняття заголовків, переходячи від фізичного рівня до рівня прикладних програм. Це дозволяє виділити та передати користувачі дані відповідній програмі. Наприклад, після отримання кадру Ethernet, виділяється IP-пакет, який передається вище на транспортний рівень, де обробляється TCP або UDP сегмент, після чого дані спрямовуються прикладній програмі [2].

Таким чином, інкапсуляція та декапсуляція забезпечують структурування та логічне впорядкування даних, що гарантує їх коректне переміщення мережею. Ці процеси сприяють сумісності різних систем та є основою роботи сучасних комп'ютерних мереж. Вони також дозволяють реалізувати маршрутизацію та комутацію, забезпечуючи ефективну взаємодію між мережами різних типів і структур.

Крім цього, слід зазначити, що інкапсуляція є важливим інструментом для впровадження віртуальних приватних мереж (VPN). Використання технологій, таких як GRE або IPsec, дозволяє інкапсулювати пакети для забезпечення захищеного каналу зв'язку між віддаленими вузлами. Це забезпечує конфіденційність даних і захищає їх від несанкціонованого перехоплення, що особливо актуально для бізнес-середовища.

Декапсуляція у контексті VPN дозволяє розпізнавати пакети, що пройшли через зашифрований тунель, і повертати їх у вихідний формат для подальшої обробки. Це створює безпечне середовище передачі даних навіть через загальнодоступні мережі, знижуючи ризики атак і підробки інформації.

Ще однією важливою сферою застосування інкапсуляції є технологія VLAN. Вона дозволяє розділяти фізичну мережу на кілька логічних сегментів, інкапсулюючи пакети з тегами. Завдяки цьому підвищується рівень безпеки і керованості трафіком, а також зменшується вплив широкомовних штормів на продуктивність мережі.

Декапсуляція VLAN-тегів виконується на кінцевих пристроях або комутаторах, які ідентифікують трафік відповідного сегмента [3]. Це дозволяє розподіляти потоки даних згідно з правилами мережевої політики і забезпечує стабільну роботу мережевого середовища.

Результати дослідження

Дослідження показало, що інкапсуляція та декапсуляція забезпечують стабільну передачу даних у складних мережах. Аналіз протоколів, таких як TCP/IP, Ethernet, показав, що чітке дотримання цих процесів мінімізує ризики втрати даних і сприяє оптимізації мережевого трафіку. Особливо важливо це у великих корпоративних мережах, де передача критично важливої інформації потребує високої надійності. Наприклад, у банківських системах коректна робота інкапсуляції дозволяє забезпечити безпечний переказ коштів, а у виробничих мережах гарантує безперервність процесів автоматизації.

Крім того, тестування обладнання різних виробників виявило, що якісна реалізація інкапсуляції сприяє сумісності пристроїв і покращенню продуктивності мережі. Зокрема, використання сучасних маршрутизаторів та комутаторів із підтримкою апаратного прискорення обробки пакетів значно знижує затримки під час передачі даних.

Висновки

Інкапсуляція та декапсуляція є фундаментальними процесами у функціонуванні комп'ютерних мереж. Вони забезпечують коректну доставку даних між пристроями, сприяють уніфікації мережевих технологій та оптимізації трафіку. Розуміння цих процесів є необхідним для розробників мережевих додатків та системних адміністраторів, оскільки це дозволяє ефективно налаштовувати та підтримувати роботу інформаційних систем. Крім того, володіння знаннями щодо інкапсуляції сприяє

підвищенню рівня безпеки, оскільки правильна обробка заголовків протоколів допомагає виявляти та блокувати потенційні загрози на рівні мережевого трафіку.

Загалом, інкапсуляція та декапсуляція є невід'ємною частиною процесів комунікації в інформаційних системах, забезпечуючи їх стабільність, надійність і безпечність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Andrew S. Tanenbaum. Computer Networks /Andrew S. Tanenbaum, Nick Feamster, David J. Wetherall. 6th edition.- London: Pearson Education Limited, 2021.-944 p.
2. Gary R. Wright, W. Richard Stevens. "TCP/IP Illustrated, Volume 2 (paperback): The Implementation". [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.informit.com/store/tcp-ip-illustrated-volume-2-paperback-the-implementation-9780134760131> (дата звернення: 22.03.2025). — Назва з екрана.
3. Cisco Systems. "Інкапсуляція та декапсуляція в моделі OSI". [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.cisco.com/c/en/us/tech/ip/ip-routed-protocols/index.html?dtd=osscdc000283> (дата звернення: 22.03.2025). — Назва з екрана.

Сулім Мирослав Юрійович – студент групи 5ПІ-21б, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, msulim38@gmail.com

Кателініков Денис Іванович - к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, fuzzy2dik@gmail.com.

Sulym Myroslav Yurievich – student of group 5PI-21b, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, msulim38@gmail.com.

Katienikov Denys Ivanovich - Ph.D., Associate Professor of the Department of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, fuzzy2dik@gmail.com.