

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

Підручник

Вінниця
ВНТУ
2020

УДК 004.7 (075)

К63

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 19.12.2019 р.)

Автори:

**Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В., Орлова М. М.,
Тарасенко В. П.**

Підручник для студентів закладів вищої освіти, які навчаються за напрямом підготовки «Комп'ютерна інженерія» та «Програмна інженерія»

Рецензенти:

І. А. Жуков, доктор технічних наук, професор

Р. Н. Кветний, доктор технічних наук, професор

Л. Б. Ліщинська, доктор технічних наук, професор

Комп'ютерні мережі : підручник / [Азаров О. Д., Захарченко С. М.,
К63 Кадук О. В. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 378 с.

ISBN 978-966-641-808-4

Підручник складається з дев'яти розділів. Матеріал розташований в логічній послідовності, тому роботу з підручником доцільно починати з першого розділу. У кінці кожного розділу є питання для самоперевірки, що дозволяють самостійно перевірити ступінь засвоєння навчального матеріалу. Підручник призначений для студентів напряму підготовки 123 – «Комп'ютерна інженерія».

УДК 004.7 (075)

ISBN 978-966-641-808-4

© ВНТУ, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 БАЗОВІ ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ	8
1.1 Історія розвитку та класифікація комп'ютерних мереж	8
1.2 Основні компоненти комп'ютерних мереж та їх призначення ...	14
1.3 Адресація вузлів у мережі	15
1.4 Способи комутації.....	19
1.5 Моделі опису комп'ютерних мереж	24
1.6 Питання для самоперевірки	29
2 ФІЗИЧНИЙ РІВЕНЬ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ	30
2.1 Основні принципи передавання на фізичному рівні	30
2.2 Класифікація та характеристика каналів передавання даних	31
2.3 Типи кабельних систем	39
2.4 Методи передавання дискретних даних на фізичному рівні.....	44
2.5 Структуровані кабельні системи	57
2.6 Методи мультиплексування інформаційних потоків.....	58
2.7 Питання для самоперевірки	61
3 КАНАЛЬНИЙ РІВЕНЬ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ.....	64
3.1 Основні функції протоколів канального рівня	64
3.2 Класифікація протоколів канального рівня.....	69
3.3 Процедури передавання даних в інформаційному каналі за допомогою протоколу HDLC.....	77
3.4 Особливості реалізації канального рівня в локальних мережах .	84
3.5 Підрівень керування логічним каналом.....	87
3.6 Підрівень керування доступом до середовища передавання даних.....	89
3.7 Технологія Ethernet	97
3.8 Технологія Token Ring.....	106
3.9 Мережі FDDI	111
3.10 Основи функціонування комутаторів локальних мереж	115
3.11 Питання для самоперевірки	117
4 МЕРЕЖНИЙ РІВЕНЬ	120
4.1 Адресація комп'ютерів на мережному рівні на прикладі IP-адресації	120
4.2 Алгоритми маршрутизації потоків даних.....	123
4.3 Принципи реалізації протоколів мережного рівня на прикладі протоколу IPv4	130
4.4 Класифікація протоколів динамічної маршрутизації.....	133
4.5 Дистанційно-векторні протоколи маршрутизації.....	138
4.6 Протоколи маршрутизації з урахуванням стану каналу.....	142
4.7 Основи функціонування та конфігурування маршрутизаторів.	146

4.8	Особливості протоколу IPv6	152
4.9	Адресація в IPv6	158
4.10	Протоколи ICMPv4 та ICMPv6	162
4.11	Взаємодія протоколів IPv6 та IPv4	165
4.12	Питання для самоперевірки	169
5	ТРАНСПОРТНИЙ РІВЕНЬ	171
5.1	Базові принципи реалізації транспортного рівня	171
5.2	Протокол UDP	177
5.3	Протокол TCP	178
5.4	Модифікації протоколу TCP	193
5.5	Питання для самоперевірки	200
6	ПРОТОКОЛИ ВЕРХНІХ РІВНІВ	202
6.1	Протокол DHCP	202
6.2	Протокол DNS	208
6.3	Протоколи Telnet та SSH	214
6.4	Протоколи електронної пошти	218
6.5	Протоколи FTP та TFTP	221
6.6	Протокол HTTP	228
6.7	Протокол SNMP	235
6.8	Протокол NFS	238
6.9	Питання для самоперевірки	242
7	СУЧАСНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ	244
7.1	Інтернет речей	244
7.2	Основи хмарних технологій	253
7.3	Центри обробки даних	254
7.4	Технології віртуалізації	262
7.5	Програмно керовані мережі	266
7.6	Питання для самоперевірки	273
8	СУЧАСНІ ЦИФРОВІ МЕРЕЖІ	275
8.1	Ієрархія цифрових каналів	275
8.2	Плезіохронна технологія PDH	275
8.3	Синхронна технологія SDH	279
8.4	Мережі ISDN	285
8.5	Мережі Frame Relay	291
8.6	Мережі ATM	294
8.7	Технологія xDSL	308
8.8	Технологія MPLS	311
8.9	Питання для самоперевірки	317
9	БЕЗПРОВОДОВІ КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ	319
9.1	Покоління безпроводового зв'язку	319
9.2	Класифікація безпроводових комп'ютерних мереж	323
9.3	Основні принципи передавання в безпроводових каналах зв'язку	324
9.4	Локальні мережі WLAN	328

9.5	Мережі WIMAX	339
9.6	Технологія LTE	343
9.7	Стандарти мереж WPAN, WMAN та WRAN	347
9.8	Супутникові системи та мережі	349
9.9	Питання для самоперевірки	352
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....		354
ДОДАТКИ.....		357
ПРЕДМЕТНИЙ ВКАЗІВНИК, ЛАТИНСЬКИЙ АЛФАВІТ		373
ПРЕДМЕТНИЙ ВКАЗІВНИК, КИРИЛИЧНИЙ АЛФАВІТ		376

ВСТУП

Потреба у взаємодії з іншими людьми є однією з основних потреб людини. Спілкування так само важливе для людей, як повітря, вода, їжа і дах над головою. Протягом свого існування людство постійно винаходило та вдосконалювало шляхи комунікації, починаючи з тірольських співів та голубиної пошти і завершуючи мережею Інтернет. У сучасному світі за рахунок використання мереж ми пов'язані один з одним, як ніколи раніше. Люди можуть миттєво обмінюватись новинами, ідеями, спільно створювати нові проекти, грати в ігри з іншими людьми, що знаходяться на інших континентах. Комп'ютерні мережі широко застосовують промислові компанії, банки, державні й комерційні установи. Саме тому Білл Гейтс, один із засновників компанії Microsoft, назвав мережу Інтернет нервовою системою сучасної світової економіки.

Цей підручник є результатом творчої співпраці колективів кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та кафедри обчислювальної техніки Вінницького національного технічного університету і призначений, в першу чергу, для студентів спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія» при вивченні дисципліни «Комп'ютерні мережі».

Навчальна дисципліна «Комп'ютерні мережі» є однією з базових для підготовки бакалаврів. Метою викладання дисципліни є формування знань, умінь і навичок для проектування, налаштування, обслуговування та адміністрування сучасних комп'ютерних мереж. Під час вивчення дисципліни студенти отримують інформацію про сучасні принципи побудови комп'ютерних мереж, протоколи їх функціонування, досвід налаштування мережного обладнання. Основне завдання дисципліни «Комп'ютерні мережі» – дати студентам теоретичну та практичну підготовку в галузі проектування та експлуатації сучасних комп'ютерних мереж.

Цей підручник допоможе студентам засвоїти принципи функціонування комп'ютерних мереж та призначення найпоширеніших мережних протоколів; методи та засоби побудови й обслуговування сучасних комп'ютерних мереж різного виду та призначення; тенденції розвитку програмних та апаратних засобів комп'ютерних мереж. Практична частина підручника містить потужний лабораторний практикум і дозволить студентам отримати досвід проектування комп'ютерних мереж і налаштування мережевого обладнання.

Підручник складається з дев'яти розділів. Матеріал розташований в логічній послідовності, тому роботу з підручником доцільно починати з першого розділу. В кінці кожного розділу є питання для самоперевірки, які дозволяють самостійно перевірити ступінь засвоєння навчального матеріалу.

Перший розділ присвячено основним принципам та архітектурним рішенням побудови комп'ютерних мереж. У цьому розділі можна також ознайомитись з принципами адресації та методами комутації в сучасних мережах. Розглянуто ієрархічні моделі для опису комп'ютерних мереж.

У **другому розділі** розглянуто особливості реалізації фізичного рівня комп'ютерних мереж, зокрема структуру, класифікацію та характеристики каналів передавання даних, різновиди існуючих кабельних систем, проаналізовано їх переваги, недоліки та наведено рекомендації до застосування. Розглянуто сучасні методи передавання цифрових даних на фізичному рівні та способи мультиплексування потоків даних.

У **третьому розділі** описано технології реалізації каналного рівня сучасних комп'ютерних мереж, методи доступу до середовища та методи керування логічним каналом. Розглянуто особливості реалізації каналного рівня в локальних мережах на прикладі технологій Ethernet, Token Ring та FDDI. Описано основи функціонування комутаторів локальних мереж.

Четвертий розділ присвячено мережному рівню. Розглянуто принципи ієрархічної адресації та алгоритми маршрутизації потоків даних. Описано шляхи реалізації мережного рівня в сучасних мережах на прикладі протоколу IPv4. Розглянуто протоколи динамічної маршрутизації RIP та OSPF. Також описано основи роботи з мережною операційною системою на прикладі Cisco IOS. В кінці розділу розглянуто нову версію протоколу IP – IPv6 та методи його взаємодії з IPv4.

У **п'ятому розділі** розглянуто роботу транспортного рівня та особливості його реалізації на прикладі протоколів TCP та UDP. Описано механізми гарантованої передачі даних, методи керування потоками даних і боротьби з перевантаженнями.

У **шостому розділі** описано поширені протоколи верхнього рівня, зокрема протокол динамічного призначення адрес DHCP, протокол перетворення доменних імен DNS, протоколи віддаленого доступу Telnet та SSH, поштові протоколи POP та SMTP, протоколи передачі файлів FTP та TFTP, протокол гіпертекстових повідомлень HTTP та інші.

Сьомий розділ присвячено сучасним трендам розвитку комп'ютерних мереж, зокрема Інтернету речей, хмарним технологіям та центрам обробки даних, основам віртуалізації, програмно керованим мережам.

В **восьмому розділі** розглянуто методи реалізації сучасних цифрових мереж, зокрема існуючі ієрархії цифрових каналів PDH та SDH. Також описано технології віртуальних каналів Frame Relay та ATM і технологію багатопротокольної комутації по мітках MPLS.

Дев'ятий розділ присвячено опису технологій безпроводового зв'язку від персональних до глобальних.

Автори сподіваються, що підручник допоможе студентам поглибити свої знання в галузі комп'ютерних мереж і бажають успіхів у навчанні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Азаров О. Д. Комп'ютерні мережі / О. Д. Азаров, С. М. Захарченко, О. В. Кадук та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 370 с. ISBN 978-966-641-543-4
2. Джеймс Мартин. Архитектура и реализация АТМ / Джеймс Мартин, Кэтлин Кэвен Чапмен, Джо Лубен. – М. : Издательство «ЛЮРИ», 2000. – 214 с. ISBN 5-85582-068-8
3. Бірюков М. Л. Транспортні мережі телекомунікацій / М. Л. Бірюков, В. К. Стеклов, Б. Я. Костік. – К. : Техніка, 2005. – 312 с.
4. Буров Є. Комп'ютерні мережі / Буров Є. — Львів : Магнолія, 2006. — 262 с. — ISBN 966-8340-69-8
5. Зайченко О. Ю. Комп'ютерні мережі / О. Ю. Зайченко, Ю. П. Зайченко. – К. : Видавничий Дім «Слово», 2010. – 520 с. ISBN 978-966-194-050-4
6. Дикер П. Сети АТМ корпорации CISCO / Дикер П. – М. : Издательский дом «Кильямс», 2004. – 880 с. ISBN 5-8459-0632-6
7. Камер Д. Є. Сети TCP/IP, том 1. Принципы, протоколы и структура / Камер Д. Є. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 880 с. ISBN 5-8459-0419-6
8. Камер Д. Є. Сети TCP/IP, том 3. Разработка приложений типа клиент/сервер для Linux/POSIX / Д. Є. Камер, Д. Л. Стивенс. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 592 с.
9. Карташевский В. Г. Сети подвижной связи / В. Г. Карташевский, С. Н. Семенов, Т. В. Фирстов. – М. : Эко-Трендз, 2001. – 299 с. ISBN 5-88405-028-3
10. Кулаков Ю. О. Комп'ютерні мережі / Ю. О. Кулаков, Г. М. Луцький. – К. : Юніор, 2005. – 397 с. ISBN 966-7323-27-7
11. Кулаков Ю. О. Комп'ютерні мережі / Ю. О. Кулаков, І. А. Жуков. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 392 с.
12. Куроуз Дж. Компьютерные сети. Многоуровневая архитектура Интернета / Дж. Куроуз, К. Росс. – СПб. : Питер, 2016. – 912 с. ISBN 5-8046-0093-1.
13. Кульгин М. Компьютерные сети, практика построения. – СПб. : Питер. 2003. – 462 с. ISBN 5-94723-563-3.
14. Лаем Куин. Fast Ethernet / Лаем Куин, Ричард Рассел. – СПб. : Питер, 2008. – 788 с.
15. Назаров А. Н. АТМ : Технические решения создания сетей / А. Н. Назаров, И. А. Разживин, М. В. Симонов. – М. : Радио и связь, 2002. – 406 с. ISBN 978-5-93517-079-0
16. Ногл М. TCP/IP. Иллюстрированный учебник / М. Ногл. – М. : ДМК Пресс, 2001. – 480 с. ISBN 5-94074-044-8.

17. Оглтри Т. Модернизация и ремонт сетей / Т. Оглтри. – М. : Издательский дом «Вильяис», 2005 – 1328с. ISBN 5-8459-0688-1.
18. Одом Уэндел. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-105: маршрутизация и коммутация, академическое издание. / О. Уэндел – СПб. : ООО «Диалектика», 2018. – 1008 с. ISBN 978-5-9909446-5-7.
19. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : [учебник для ВУЗов] / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2018. – 992 с. ISBN 978-5-496-01967-5.
20. Палмер М. Проектирование и внедрение компьютерных сетей. Учебный курс. / М. Палмер, Р. Б. Синклер. – СПб. : БХВ, 2004. – 752 с. ISBN 5-94157-374-X.
21. Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / Рошан П., Лиэри Дж. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с. ISBN 5-8459-0701-2.
22. Семенов Ю. А. Протоколы Интернет / Ю. А. Семенов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2005. – 1100 с. ISBN 5-93517-044-2.
23. Степунин А. Н. Мобильная связь на пути к 6G. в 2-х т. / А. Н. Степунин, А. Д. Николаев. – 2-е изд. – Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. – 796 с. ISBN 978-5-9729-0192-0
24. Стивенс У. Р. Протоколы TCP/IP. Практическое руководство / У. Р. Стивенс. – СПб. : «Невский проспект» – «БХВ-Петербург», 2003. – 672 с. ISBN 5-7940-0093-7.
25. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети / В. Столлингс. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с. ISBN 5-8459-0409-9.
26. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных / В. Столлингс. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2002. – 928 с. ISBN 5-8459-0311-4.
27. Столлингс В. Передача данных / В. Столлингс. – СПб. : Питер, 2004. – 750 с. ISBN 5-94723-647-8.
28. Столлингс В. Современные компьютерные сети / В. Столлингс. – СПб. : Питер, 2003. – 783 с. ISBN 5-947233-27-4.
29. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб. : Питер, 2015. – 960 с. ISBN 5-318-00492-X.
30. Титтель Э. ISDN просто и доступно / Эд Титтель, Стив Джейс, Дэвид Пискителло, Лайза Пфайфер. – М. : Издательство «ЛОРИ», 1999. – 282 с. ISBN: 0-12-691412-5.
31. Тихвинский В. О. Сети мобильной связи LTE : технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, О. Б. Юрчук. – М. : ЭкоТрендз, 2010. – 284 с. ISBN 978-98595-032-8.
32. Уолтон Ш. Создание сетевых приложений в среде Linux. Руководство разработчика / Шон Уолтон. – М. : СПб. – Киев : «Вильямс». 2001. – 464 с. ISBN 5-8459-0193-6.

33. Хелд Г. Технологии передачи данных / Г. Хелд. – К. : Спб. : Питер, БХВ-Петербург, 2003. – 720 с. ISBN 5-94723-472-6 .

34. Шмалько А. В. Цифровые сети связи : основы планирования и построения / А. В. Шмалько. – М. : Эко-Трендз, 2001. – 282 с. ISBN 5-88405-032-1.

35. Филимонов А. Ю. Построение мультисервисных сетей Ethernet / А. Ю. Филимонов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2007. – 592 с. ISBN 978-5-9775-0007-4.

36. Stallings William. Data and Computer Communication / William Stallings. – 1999. – 810 p. ISBN-10: 0130843709.

37. Stallings William. Computer Networking with Internet Protocols and Technology / William Stallings. – 2004. – 640 p. ISBN 10 9780131410985.

38. Thurwachter Jr. Data and telecommunication : systems and applications / Jr. Thurwachter, N. Charles. – 2000. – 630 p. ISBN 10: 0137939108.

ДОДАТКИ

Додаток А

Стандартизація мереж

На сьогодні існує ціла низка міжнародних і національних організацій, які займаються розробкою стандартів, рекомендацій та архітектур для комп'ютерних мереж і систем комунікацій. Залежно від статусу організації розрізняють такі види стандартів:

- стандарти окремих компаній та фірм (наприклад, стек протоколу DECnet, фірми Digital Equipment тощо);
- стандарти спеціальних комітетів, об'єднань та форумів, які створюються декількома фірмами, наприклад, стандарти технології АТМ, розроблені спеціально створеним об'єднанням АТМ Форум, стандарти союзу Fast Ethernet та інші;
- національні стандарти, наприклад, мережа FDDI, яка розроблена Американським національним інститутом стандартизації ANSI;
- міжнародні стандарти, наприклад, модель і стек комунікаційних протоколів Міжнародної організації стандартизації ISO, численні стандарти Міжнародного союзу електрозв'язку МСЕ, зокрема стандарти на мережі з комутацією пакетів X.25, мережі Frame Relay, ISDN, модеми і багато інших.

Деякі стандарти, розвиваючись, можуть переходити з однієї категорії в іншу.

Розглянемо найбільш важливі міжнародні та національні організації.

Міжнародна організація зі стандартизації **ISO** (International Organization for Standardization), яка на сьогодні об'єднує 163 держави, створена в 1946 році. Сфера діяльності ISO стосується стандартизації в усіх галузях, крім електротехніки та електроніки, які відносять до компетенції Міжнародної електротехнічної комісії (IEC – International Electrotechnical Commission). Крім стандартизації ця організація займається проблемами сертифікації. ISO є домінуючою організацією зі стандартизації в галузі інформаційних технологій і розробила та затвердила безліч стандартів, зокрема для мережних технологій. Документи, які прийнято ISO, мають статус міжнародного стандарту і позначаються номером, наприклад, ISO 10026. Цій організації належить розробка еталонної моделі взаємодії відкритих систем OSI (Open System Interconnection) – абстрактної мережної моделі для комунікацій і розробки мережних протоколів, яка подає мережу як сукупність рівнів, кожний з яких визначає і обслуговує свою частину взаємодії кінцевих станцій та передавання даних через мережу.

Міжнародний союз телекомунікацій (електрозв'язку) **ITU** (International Telecommunication Union) – провідна організація з розробки стандартів та рекомендацій для телефонних і телекомунікаційних служб, яка також регулює питання міжнародного використання радіочастот (розподілення радіочастот за призначенням і для окремих держав). В ITU, який є органом ООН, на сьогодні входить майже 200 держав і більше 700 представників

різних асоціацій та бізнес-структур. До грудня 1992 року мав назву Міжнародного консультативного комітету з телефонії та телеграфії (МККТТ, ССІТТ – Consultative Committee for International Telephone and Telegraph). Стандарти (згідно з термінологією ІТУ – рекомендації) не є обов'язковими, але широко підтримуються, оскільки полегшують взаємодію між мережами зв'язку і дозволяють провайдерам надавати послуги в усьому світі.

ІТУ має 3 комітети (сектори), які виконують основну роботу даного союзу:

- **Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)** – сектор стандартизації телекомунікації (електрозв'язку) – складається з 14 дослідницьких груп за окремими напрямками роботи й вивчає та досліджує технічні та робочі питання, виконує розробку та адаптацію більш ефективних методів роботи і взаємодії користувачів телекомунікаційних мереж;
- **Radiocommunication Sector (ITU-R)** – сектор радіозв'язку – займається розподіленням частотного спектра та орбіт супутникового зв'язку;
- **Telecommunication Development Sector (ITU-D)** – сектор розвитку електрозв'язку – створений для забезпечення доступу до найбільш вагомих розробок в галузі телекомунікацій та інформаційної інфраструктури.

Кожні 4 роки розробляються та приймаються нові стандарти, оновлюються старі рекомендації, створюються нові та ліквідуються старі дослідницькі групи. Найбільш відомим стандартом, який розроблено комітетом ССІТТ, є стандарт мережі X.25.

Європейська асоціація виробників комп'ютерів **ЕСМА** (European Computer Manufacturers Association) – некомерційна організація, яка була створена групою європейських компаній, але пізніше, завдяки входженню до її складу представників таких компаній, як IBM, Digital, AT&T, British Telecom і Toshiba, стала міжнародною організацією. І хоча ЕСМА розробляє стандарти інформаційних технологій для Європи, вони часто передаються в ISO для затвердження їх як міжнародних.

Європейський інститут зі стандартизації у сфері телекомунікацій **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute) – незалежна некомерційна організація, яка реалізує стандартизацію в телекомунікаційній промисловості в Європі. Цією організацією були стандартизовані: система сотового зв'язку GSM та система професійного мобільного радіозв'язку TETRA. Крім того є одним з розробників системи 3GPP.

Інститут інженерів з електротехніки та електроніки **IEEE** (Institute of Electrical and Electronics Engineers) – міжнародна некомерційна асоціація професіоналів, членами якої є окремі інженери та спеціалісти, а не компанії. Створена у 1884 році і на сьогодні об'єднує майже 400 тисяч індивідуальних членів більш ніж зі 170 країн. IEEE видає більше 100 наукових журналів, 40 журналів для спеціалістів. Головна мета IEEE – розвиток науко-

вої діяльності в комп'ютерній техніці, інформатиці, телекомунікації, електроніці та електротехніці, інформаційна підтримка спеціалістів з цих напрямків. Комітет IEEE 802 (Computer Society Local Network Committee, Project 802) спеціалізується на питаннях, пов'язаних з локальними мережами, розробив і випустив цілу низку стандартів (IEEE 802.x), які в подальшому були прийняті і опубліковані ISO як міжнародні стандарти (ISO 8802.x). На сьогодні в групу стандартів IEEE 802.x входять не тільки стандарти для локальних мереж, а й ті, що присвячені іншим питанням, наприклад, безпеці, кабельним модемам тощо.

Американський національний інститут стандартів **ANSI** (American National Standards Institute) – некомерційна неурядова організація, яка розробляє та публікує стандарти для промисловості країни. Інформаційними технологіями займаються комітети:

- **JTC1 TAG** – технічна консультативна група (**Technical Advisory Group**), яка представляє позицію США щодо стандартів в ISO;
- **ASC X.3**, який розробляє 90% стандартів США у сфері інформаційних технологій; підкомітет X.3 відповідає за стандартизацію технології **FDDI** (Fiber Distributed Digital Interface);
- **ASC T.1** – добровільний орган стандартизації для телекомунікаційної галузі США, який розробляє національні телекомунікаційні стандарти;
- **ASC X.12** – група відповідає за стандарти, які відносять до електронного обміну даними (EDI – Electronic Data Interchange) на території США.

Національні організації стандартизації інших країн:

Франція – Французька асоціація зі стандартизації AFNOR (Association Francaise Normalisation);

Великобританія – Британський інститут стандартів BSI (Britain Standard Institute);

Німеччина – Німецький інститут стандартів DIN (Deutsches Institut fur Normung e.V.);

Канада – Канадська асоціація стандартизації CSA (Canadian Standards Association);

Японія – Японський комітет промислових (галузевих) стандартів JISC (Japanese Industrial Standards Committee).

Найбільш відомим стандартом з мережних комунікацій є технологія FDDI.

Асоціація електронної промисловості **EIA** (Electronic Industries Alliance) – національна комерційна асоціація США, яка представляє американських виробників електронного обладнання в різноманітних організаціях зі стандартизації. EIA розроблено та опубліковано цілу низку стандартів, що стосуються фізичних комунікаційних інтерфейсів, електричних сигналів, кабельної системи, а також описують різні способи з'єднання

комп'ютерів з іншими електронними пристроями, наприклад, стандарти RS-232 (Recommended Standard 232), RS-422, RS-449.

Співтовариство Internet **ISOC** (Internet Society) – міжнародна професійна освітня організація, основною метою якої є забезпечення відкритого розвитку, еволюції та використання Internet як глобальної комунікаційної інфраструктури в усьому світі. Під керуванням ISOC працює організація **IAB** (Internet Activities Board, а з 1992 року – Internet Architecture Board), яка займається розробкою та розглядом стандартів і напрямків розвитку мережі Internet, а також її адмініструванням. IAB має два підкомітети, у кожного з яких є свій виконавчий комітет:

- науково-дослідницький – **IRTF** (Internet Research Task Force);
- інженерний (законодавчий) – **IETF** (Internet Engineering Task Force).

IRTF – робочий підкомітет, який займається достроковими дослідницькими проектами, тобто вирішенням науково-дослідницьких проблем. Виконавчий комітет **IRSG** (Internet Research Steering Group) займається вивченням проблем Internet науково-дослідницького характеру.

IETF – основна робоча структура Internet, яка відповідає за вирішення інженерних задач і за розробку стандартів для мережі та приймає документи **RFC (Request for Comments)**. Виконавчий комітет **IESG Internet Engineering Steering Group** призначений для вивчення інженерних проблем Internet.

Кожний з підкомітетів має певну кількість робочих груп, які є мобільними структурами і створюються для вирішення конкретної інженерної задачі. В IETF існує певна практика прийняття проекту RFC, що базується на необхідності розгляду декількох незалежних реалізацій запропонованого стандарту.

Всі прийняті IETF стандарти RFC (а також інші матеріали, що заслуговують уваги) доступні усередині Internet через електронну пошту, файлові сервери тощо. Деякі з документів RFC, запропоновані IAB, прийняті як стандарти Internet. До них належать документи, в яких описані протоколи TCP/IP, SNMP тощо.

Адміністративна група мережі Internet **IANA** (Internet Assigned Numbers Authority) займається розподіленням адрес мереж, атрибутів тощо, а також виконує контроль за унікальністю адрес та ідентифікаторів.

В Internet також існує організація, яка відповідає за поширення технічної інформації про служби мережі, реєстрацію та підключення користувачів до мережі, призначення IP-адрес і доменних імен, а також підтримку бази даних RFC. Ця організація називається Центром мережної інформації **NIC** (Network Information Center). Спочатку це був єдиний центр, на сьогодні існує багато таких центрів на рівні локальних, регіональних і національних мереж.

ATM Forum – консорціум компаній-виробників комунікаційного обладнання для мереж ATM. Формально не є організацією зі стандартизації. Створено спеціально для розробки та стандартизації обладнання й розроб-

ки протоколів для мереж АТМ. Документи, що випускаються цією організацією, називаються угодами з реалізації.

Frame Relay Forum – організація, яка об'єднує виробників комунікаційного обладнання для мереж Frame Relay.

MPLS Forum – консорціум, який об'єднує організації, що займаються розробкою принципів побудови та протоколів мереж MPLS, організації віртуальних мереж на основі MPLS.

У квітні 2005 року три організації – АТМ Forum, Frame Relay Forum та MPLS Forum – об'єднались в один **MFA Forum** (MPLS–Frame Relay–АТМ Forum), який з 2007 року називається **IP/MPLS Forum**. У квітні 2009 року IP/MPLS Forum ввійшов до консорціуму **Broadband Forum (BBF)**, який існує з 1994 р.

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Стандартизовані типи модуляції

Абревіатура	Type of signal modulation	Тип модуляції
$\pi/4$ QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	$\pi/4$ четвірково-фазова маніпуляція
ADM	Adaptive Delta Modulation	адаптивна дельта-модуляція
AFM	Amplitude-Frequency Modulation	амплітудно-частотна модуляція
APM	Amplitude Phase Modulation	амплітудно-фазова модуляція
BFSK	Binary Frequency Shift Keying	двійкова частотна маніпуляція
BPSK	Binary Phase Shift Keying	відносна фазова маніпуляція
CAP	Carrierless AM-PM	амплітудно-фазова модуляція без несучої
CDM	Companded Delta Modulation	комплементна дельта-модуляція
DFSK	Double Frequency Shift Keying	двійкова частотна маніпуляція
DM	Delta Modulation	дельта-модуляція
DPM	Differential Phase Modulation	диференціальна фазова модуляція
FM	Frequency Modulation	частотна модуляція
FM-PM	Frequency Modulation-Phase Modulation	частотно-фазова модуляція
FSK	Frequency Shift Keying	частотна маніпуляція
MFSK	Multiple or Multilevel FSK	багатократна або багаторівнева частотна маніпуляція
PAM	Phase Amplitude Modulation, Pulse-Amplitude Modulation	амплітудно-фазова модуляція, амплітудно-імпульсна модуляція АІМ
PM	Phase Modulation	фазова модуляція
PSK	Phase Shift Keying	фазова маніпуляція
QAM N N=4 (16, 32, 64, 128)	Quadrature Amplitude Modulation	квадратично-амплітудна модуляція
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	квадратично-фазова маніпуляція
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying	Четвірково-фазова маніпуляція

Таблиця Б.2 – Стандартні протоколи модемів

Рекомендація	Швидкість передавання біт/с	Режим передавання	Дуплекс/ напівдуплекс	Модуляція	Тип лінії
V.17(fax)	14400,9600, 7200, 1200	синхронний	дуплекс	СКК128. 64, 32, 16	комутована
V.21	300	синхронний/асинхронний	дуплекс	FM	комутована, виділена
V.22	1200,6	синхронний/асинхронний	напівдуплекс	QPSK, BPSK	комутована, виділена
V.22bis	2400,12	синхронний/асинхронний	дуплекс	QAM I 6, QAM 4	комутована
V.23	1200,6	синхронний/асинхронний	дуплекс	ЧМ	комутована
V.26	2400	синхронний	дуплекс	QPSK	виділена
V.26bis	2400,12	синхронний	дуплекс	QPSK, BPSK	комутована
V.26ter	2400,12	синхронний/асинхронний	дуплекс	QPSK, BPSK	комутована
V.27(fax)	4800	синхронний	будь-який		вид.
V.27bis(fax)	4800, 2400	синхронний	будь-який	BPSK, QPSK	вид.
V.27ter(fax)	4800, 2400	синхронний	дуплекс	ОФМ8, QPSK	комутована
V.29(fax)	9600, 7200, 4800	синхронний	будь-який	QAM I 6, QAM 4	виділена.
V.32	9600, 4800, 2400	синхронний/асинхронний	дуплекс	СКК32. 16. QAM 4, BPSK	комутована
V.32bis	14400, 12000, 9600. 7200, 4800	синхронний	дуплекс	СКК128, 64.32. 16	комутована
V.32ter	19200, 16800	синхронний	дуплекс	СКК 256, 512	комутована
V.33	14400, 12000	синхронний	дуплекс	СКК128, 64	виділена
V.34	28800, 26400, 24000,21600, 19200, 16800. 14400, 12000. 9600, 7200. 4800, 2400	синхронний	дуплекс	багатовимірні СКК	комутована, виділена
V.34bis (V.34+)	33600	синхронний	дуплекс	багатовимірні СКК	комутована, виділена
V.90	56000 (пр.напр), 33600 (зв.напр.)	асинхронний	дуплекс		
V.92	56000 (пр.напр), 48600 (зв.напр.)	асинхронний	дуплекс		
Bel103j	300	синхронний/асинхронний	дуплекс	FM	комутована
Be11202	1200	синхронний/синхронний	дуплекс	FM	комутована виділена

Bel1208	4800		дуплекс		комутована
Bell212a	1200		дуплекс		комутована
HST	300, 450/4800, 7200, 9600, 12000, 14400, 16800	Синхронний	асиметричний дуплекс		комутована
ZyX	7200, 9600, 12000, 14400, 16800, 19200	синхронний.	дуплекс	СКК,256	комутована
PEP	19600	синхронний	дуплекс	511×СКК 64	комутована

СКК – сигнально-кодова конструкція;
 FM – частотна модуляція;
 BPSK – відносна фазова модуляція;
 QPSK – квадратично-фазова модуляція;
 QAM – квадратично-амплітудна модуляція;
 bis та ter означають, відповідно, другу та третю модифікації протоколів.

Додаток В

Таблиця В.1 – Перелік робочих груп IEEE 802.x

Назва	Опис
IEEE 802.1	Об'єднання мереж, керування мережними пристроями та їх взаємодія.
IEEE 802.2	Керування логічним передаванням даних (Logical Link Control, LLC).
IEEE 802.3	Технологія Ethernet з методом доступу CSMA/CD.
IEEE 802.4	Локальна мережа з методом доступу «маркерна шина» (Token Bus).
IEEE 802.5	Локальна мережа з методом доступу «маркерне кільце» (Token Ring).
IEEE 802.6	Мережі мегаполісів (MAN).
IEEE 802.7	Технічна консультативна група широкосмугового передавання по коаксіальному кабелю.
IEEE 802.8	Технічна консультативна група з оптоволоконних мереж.
IEEE 802.9	Інтегровані мережі передавання голосу і даних.
IEEE 802.10	Мережна безпека.
IEEE 802.11	Безпроводові локальні мережі.
IEEE 802.12	Локальні мережі з доступом на вимогу з пріоритетами.
IEEE 802.13	Офіційно не використовується.
IEEE 802.14	Кабельні модеми.
IEEE 802.15	Безпроводові персональні мережі (Wireless Area Personal Network, WPAN): <ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.15.1 – мережі Bluetooth; • взаємодія стандартів IEEE 802.15 і IEEE 802.11; • IEEE 802.15.3 – мережі High-Rate WPAN; • IEEE 802.15.4 – мережі ZigBee (Low Rate Wireless Personal Area Network); • IEEE 802.15.5 – технологія Mesh networking для WPAN.
IEEE 802.16	Безпроводова міська мережа WIMAX.
IEEE 802.17	Еластичне кільце пакетів.
IEEE 802.18	Технічна консультативна група з радіорегулювання.
IEEE 802.19	Технічна консультативна група з взаємодії мереж.
IEEE 802.20	Мобільний широкосмуговий безпроводовий доступ.
IEEE 802.21	Технологія Media Independent Handoff.
IEEE 802.22	Регіональні безпроводові мережі (Wireless Regional Area Network).
IEEE 802.23	Робоча група надзвичайних сервісів.
IEEE 802.24	Smart Grid TAG. Інтелектуальні мережі.
IEEE 802.25	Omni-Range Area Network. Інтерфейс мобільного зв'язку

Таблиця В.2 – Поточний список стандартів IEEE 802.1

Назва	Опис
IEEE 802.1b	Керування локальними/регіональними мережами (LAN/MAN).
IEEE 802.1D	Об'єднання локальних мереж за допомогою MAC мостів (містить стандарти 802.1p, 802.12e, 802.1j, 802.6k, 802.1t і 802.1w).
IEEE 802.1e	Стандарт на протоколи системного навантаження (System Load Protocol) для локальних і регіональних мереж.
IEEE 802.1f	Інформація про загальні визначення та процедури керування IEEE 802.
IEEE 802.1G	Віддалені MAC-мости.
IEEE 802.1H	Правила організації MAC-мостів в мережах Ethernet.
IEEE 802.1p	Доповнення до логіки MAC-мостів LAN та MAN для забезпечення пріоритетизації трафіку та динамічної багатоадресної фільтрації.
IEEE 802.1Q	Віртуальні мережі (VLAN).
IEEE 802.1r	Передавання нестандартних атрибутів за допомогою GARP-протоколу.
IEEE 802.1s	Multiple Spanning Trees. Застосування алгоритму Spanning Trees (STP) для VLAN (внесено в 802.1Q).
IEEE 802.1v	Класифікація VLAN за протоколами і портами (внесено в 802.1Q).
IEEE 802.1w	Протокол RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) на заміну STP (внесено в 802.1Q).
IEEE 802.1X	Контроль доступу та аутентифікації на основі порту, що обмежує права неавторизованих станцій, підключених до комутатора.
IEEE 802.1AB	Протокол LLDP – незалежний протокол для ідентифікації та передавання пристроями їх параметрів і можливостей.
IEEE 802.1ad	Використання VLAN понад існуючої VLAN (доповнення до 802.1Q).
IEEE 802.1AE	Безпека MAC (MACSec) MACsec дозволяє ідентифікувати неавторизовані підключення до LAN і вилучати їх з комунікації в мережі.
IEEE 802.1af	Media Access Control (MAC) Key Security.
IEEE 802.1ag	Керування помилками з'єднання (Connectivity Fault Management). Цей стандарт полегшить виявлення і перевірку маршрутів через мости та LAN 802.1.
IEEE 802.1ah	Мости опорних провайдерських мереж (PBB – Provider Backbone Bridge).
IEEE 802.1aj	Двопортові пристрої (TPMR – Two Port MAC Relay), які є більш простими, ніж VLAN-мости.
IEEE 802.1ak	Протокол Multiple Registration Protocol (MRP), розрахований на великі мережі для збільшення їх швидкості та пропускної спроможності.

IEEE 802.1ap	Визначення Management Information Base (MIB) для VLAN-мостів.
IEEE 802.1aq	Стандарт визначає алгоритми обчислення найкоротшого маршруту і підтримку VLAN за допомогою ідентифікаторів VLAN (VID), які прив'язані до топології мережі (SPB – Shortest Path Bridging – для невеликих VLAN і SPBB – Shortest Path Backbone Bridging – для великих PBB).
IEEE 802.1AR	Secure Device Identity (DevID) – визначає унікальні ідентифікатори модуля, а також керування і криптографічні прив'язки станції до її ідентифікаторів.
IEEE 802.1AS	Визначає процедури і протокол синхронізації для аудіо- та відеозастосувань і реконфігурування мережі при відмові її елементів (Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks).
IEEE 802.1Qat	Розширення протоколу Ethernet для резервування смуги пропускання (SRP – Stream Reservation Protocol).
IEEE 802.1Qau	Congestion Management.
IEEE 802.1Qav	Forwarding and Queuing Enhancements for Time-sensitive Streams.
IEEE 802.1Qaw	Протокол керування втратами для підтвердження передавання та ізоляції маршруту, де виникли втрати (Management of Data-Driven and Data-Dependent Connectivity Faults).
IEEE 802.1Qay	Provider Backbone Bridge Traffic Engineering (PBB-TE).
IEEE 802.1Qaz	Розширення механізму вибору маршруту передавання для підтримки виділення смуги пропускання для конкретних класів трафіку (Enhanced Transmission Selection).
IEEE 802.1BA	Визначає профілі, що вибирають конфігурацію, протоколи мостів, станцій і мереж для передавання аудіо- та відеотрафіку.

Таблиця В.3 – Поточний список стандартів IEEE 802.3

Назва	Опис
IEEE 802.3	10BASE5 10 Мбіт/с з використанням товстого коаксіального кабелю.
IEEE 802.3a	10BASE2 10 Мбіт/с з використанням тонкого коаксіального кабелю.
IEEE 802.3b	10BROAD36.
IEEE 802.3c	10 Мбіт/с, специфікації повторювача.
IEEE 802.3d	FOIRL (Fiber-Optic Inter-Repeater Link, оптоволоконні лінії між повторювачами).
IEEE 802.3e	1BASE5 або StarLAN.
IEEE 802.3i	10BASE-T 10 Мбіт/с з використанням скрученої пари (категорія 3).
IEEE 802.3j	10BASE-F 10 Мбіт/с з використанням оптоволоконна.
IEEE 802.3u	100BASE-TX, 100BASE-T4, 100BASE-FX Fast Ethernet, 100 Мбіт/с, автоузгодження швидкостей (сумісність з IEEE 802.3i).
IEEE 802.3x	Підтримка дуплексного зв'язку; сумісність зі стандартом DIX.
IEEE 802.3y	100BASE-T2 100 Мбіт/с з використанням низькоякісної скрученої пари.
IEEE 802.3z	1000BASE-X GigabitEthernet з використанням оптоволоконного кабелю; 1 Гбіт/с.
IEEE 802.3-1998	Версія, що містить в собі всі попередні стандарти з виправленими помилками.
IEEE 802.3ab	1000BASE-T GigabitEthernet з використанням скрученої пари; 1 Гбіт/с.
IEEE 802.3ac	Збільшення максимального розміру кадру до 1522 байтів (для підтримки інформації про VLAN стандарту IEEE 802.1Q і пріоритету стандарту IEEE 802.1p).
IEEE 802.3ad	Агрегація каналів
IEEE 802.3-2002	Версія, що містить в собі всі попередні стандарти з виправленими помилками.
IEEE 802.3ae	10 Гбіт/с Ethernet з використанням оптоволоконного кабелю: 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW.
IEEE 802.3af	PoE – електроживлення через Ethernet (Power over Ethernet).
IEEE 802.3ah	Ethernet in the First Mile («Перша миля»).
IEEE 802.3ak	10GBASE-CX4 10 Gbit/s.

IEEE 802.3-2005	Версія, що містить в собі всі попередні стандарти з виправленими помилками.
IEEE 802.3an	10GBASE-T 10 Gbit/s Ethernet з використанням неекранованої скрученої пари (UTP).
IEEE 802.3ap	Ethernet (1 and 10 Gbit/s).
IEEE 802.3aq	10GBASE-LRM 10 Gbit/s (1,250 МБайт/с) Ethernet з використанням мультимодового оптоволокна.
IEEE 802.3ar	Congestion management
IEEE 802.3as	Розширення кадру.
IEEE 802.3at	Покращення живлення через Ethernet.
IEEE 802.3au	Вимоги ізоляції для живлення через Ethernet (802.3-2005/Cor 1).
IEEE 802.3av	10 Gbit/s EPON.
IEEE 802.3ax	Link aggregation з 802.3 в IEEE 802.1
IEEE 802.3ay	Оновлення базового стандарту.

Таблиця В.4 – Поточний перелік стандартів IEEE 802.11

Назва	Рік прийняття	Опис
IEEE 802.11	1997	Початковий стандарт передавання зі швидкістю 1Мбіт/с та 2Мбіт/с в частотному діапазоні 2,4 ГГц.
IEEE 802.11a	1999	Стандарт передавання зі швидкістю 54 Мбіт/с, частотний діапазон 5 ГГц.
IEEE 802.11b	1999	Модифікація 802.11 для підтримки швидкості 5,5 Мбіт/с та 11 Мбіт/с.
IEEE 802.11c	2001	Процедури мережних мостів (внесено в стандарт IEEE 802.1D).
IEEE 802.11d	2001	Розширення 802.11 для регулювання роботи в нових інформаційних галузях (країнах), тобто, інтернаціональні роумінгові розширення.
IEEE 802.11e	2005	Підтримка функцій забезпечення якості обслуговування QoS (Quality of Service).
IEEE 802.11F	2003	Рекомендація протоколу взаємодії між точками доступу Inter-Access Point Protocol (відкликано 2006 р.).
IEEE 802.11g	2003	Розширення стандарту IEEE 802.11b, передавання зі швидкістю 54 Мбіт/с на відстань до 50 м, частотний діапазон 2,4 ГГц.
IEEE 802.11h	2004	Зміни частотного діапазону 5 ГГц стандарту 802.11a для сумісності з європейськими вимогами.
IEEE 802.11i	2004	Розширенні функцій безпеки (WPA2). Розвиток стандарту IEEE 802.11a. Базується на концепції захищеної мережі, компонентами якої є аутентифікація (за допомогою стандарту IEEE 802.1X разом з сервером RADIUS) та технологія шифрування TKIP.
IEEE 802.11j	2004	Модифікації відповідно до вимог Японії.
IEEE 802.11k		Розширення 802.11 для підвищення продуктивності LAN за рахунок введення процедур керування радіоресурсами.
IEEE 802.11l		Зарезервовано.
IEEE 802.11m		Підтримка стандарту 802.11, що не ввійшла в інші розділи.
IEEE 802.11n	2009	Високошвидкісні локальні мережі Wi-Fi 4. Припускається підвищення номінальної швидкості передавання до 600 Мбіт/с на відстань до 100 м за рахунок більш раціонального використання частотного діапазону (2,4–2,5 ГГц або 5 ГГц), технології MIMO, а також удосконалених механізмів керування на фізичному рівні.
IEEE 802.11o		Зарезервовано.
IEEE 802.11p		WAVE (Wireless Access for the Vehicular Environment) – стандарт мобільного доступу до мережі з транспортних засобів.
IEEE 802.11q		Зарезервовано (не плутати зі стандартом IEEE 802.11Q).
IEEE 802.11r		Стандарт швидкого роумінгу, який забезпечує прискорення процедури передавання клієнтів між зонами обслуговування (радіокомірками).

IEEE 802.11s		Розширена зона обслуговування для мереж з топологією mesh (Extended Service Set Mesh Network) – багатозв’язні Mesh-мережі, в яких реалізований принцип самоорганізації.
IEEE 802.11T		Рекомендація WPP (Wireless Performance Prediction), методи тестів за вимірів безпроводового обладнання.
IEEE 802.11u		Взаємодія з мережами інших стандартів (не 802.11), наприклад, сотовими.
IEEE 802.11v		Керування безпроводовими мережами.
IEEE 802.11x		Зарезервовано і не буде використовуватись (не плутати зі стандартом IEEE 802.11X).
IEEE 802.11X		Стандарт захисту безпроводових мереж, які сумісні зі стандартом IEEE 802.11, містить протокол розширеної аутентифікації EAP, протокол захисту транспортного рівня TLS (Transport Level Security), сервер RADIUS.
IEEE 802.11y		Додатковий стандарт зв’язку для частотного діапазону 3,65–3,7 ГГц зі швидкістю передавання даних 54 Мбіт/с на відстань до 5 км (в відкритому середовищі, без перешкод).
IEEE 802.11w		Стандарт захисту безпроводових мереж на рівні керування доступом до середовища.
IEEE 802.11ac	2014	Wi-Fi 5. Стандарт передавання зі швидкістю до 6,77 Гбіт/с для пристроїв з 8 антенами зі зниженим енергоспоживанням.
IEEE 802.11ad	2014	Модифікація стандарту IEEE 802.11ac, передавання зі швидкістю до 7 Гбіт/с, функціонує в частотному діапазоні 60 ГГц, яка не вимагає ліцензування. Стандарт описує технологію WiGig.
IEEE 802.11ah	2017	Має також назву Wi-Fi HaLow і працює в неліцензованому частотному діапазоні 900 МГц, що дозволяє передавати дані, не враховуючи перешкоди, зі швидкістю від 100 Кбіт/с до 340 Мбіт/с (з використанням 4 потоків).
IEEE 802.11ay	2019	Розширення стандарту IEEE 802.11ad зі збільшенням частотного діапазону в 4 рази та використанням MIMO з 4 потоками. Другий стандарт, який регламентує технологію WiGig.
IEEE 802.11ax	2019	Wi-Fi 6. Новий стандарт, який визначає швидкість передавання до 10,7 Гбіт/с.
IEEE 802.11az	2021	Перспективний стандарт, який знаходиться на стадії розробки.

ПРЕДМЕТНИЙ ВКАЗІВНИК, ЛАТИНСЬКИЙ АЛФАВІТ

A

access point, 15, 88, 329
actuator, 245
ADSL, 308
ALG, 168
ALOHA, 10, 93
AMI, 55
анусаст-адреса, 158
ARP, 18
ASK, 47
ATM, 294
ARPANET, 9

B

B8ZS, 47, 55
bandwidth, 30, 134
BSS, 329
BGP, 137
big data, 247
bit stuffing, 77
BOOTP, 202
broadcast-адреса, 18, 100

C

CDM, 59
CDP, 56
CLI, 147
cloud computing, 253
CoAP, 251
control plane, 266
CRC, 83
CSMA, 94
CSMA/CA, 94, 332
CSMA/CD, 94
CTS, 333

D

data center, 254
data plane, 266
DCCP, 199
DCE, 31, 292

DCF, 332

DDS, 250

DHCP, 160, 202

DNS, 18, 208

Domain Name System, 208

DSL, 307

DSSS, 324

DTE, 31, 292

E

E1, 275

EGP, 136

EIGRP, 138,

eMBB, 321

Ethernet, 97

EUI-64, 16, 160

ESS, 329

Extranet, 14

F

Fast Ethernet, 101, 103

FDDI, 111

FDM, 58

FHSS, 324

Frame Relay, 291

FSK, 48

FTP, 221

G

Gigabit Ethernet, 101, 104

Global unicast, 159

GSM, 319

H

HDB3, 55

HDLC, 71

HTTP, 228

hub, 13, 100

I

IaaS, 254

IBSS, 329
ICMP, 162
ICMPv6, 162
IEEE 802.1, 87,
IEEE 802.11, 330
IEEE 802.2, 87
IEEE 802.3, 101,
IGP, 136
Internet of Things, 244
Intranet, 14
IoE, 244
IOS, 147
IoT, 244
IP, 130
IPv4, 130
IPv6, 152
IP-адреса, 120
ISDN, 285
IS-IS, 138
ISO, 25

L

LAN, 9, 11
Link-local address, 159
LLC, 26, 85
Loopback address, 121, 159
LTE, 320, 343

M

M2M, 248
M2P, 248
MAC-адреса, 16, 161
MAC, 85
MAN, 9
management plane, 266
MBWA, 348
MIMO, 335
MLT-3, 56
MMF, 43
mMTC, 321
MPLS, 310
MPTCP, 195
MQTT, 251
MTU, 65

multicast-адреса, 18, 100, 158

N

NetBIOS, 15
NFS, 238
NRZ, 53
NRZI, 53

O

OFDM, 321
OpenFlow, 268
OSI, 25
OSPF, 137, 143

P

P2P, 248
PaaS, 253
PAN, 11
PAM-5, 56
PCF, 332
PDH, 275
PDU, 27
POP3, 221
PPP, 82
PSK, 48
publisher-subscriber, 249

Q

QoS, 298

R

RFID-мітка, 245
RIP, 135, 137
router, 15, 27
RTS, 333
RZ, 54

S

SAN, 11,
SaaS, 253
SCTP, 199
SDH, 279
SDN, 267
SLAAC, 160

sliding window, 81
slot time, 98
SMF, 43
SMTP, 219
SNMP, 235
SOAP, 252
SONET, 275, 279
split horizon, 141
SSL, 27
SSH, 214
STP, 39
stuffing, 71
switch, 28

T

T1, 276
TCM, 49
TCP, 178
TCP/IP, 28
TDM, 58
Telnet, 214
TFTP, 221
Token Ring, 106
triggered update, 141
throughput, 30
TTL, 132

U

UDP, 177
URLLC, 321
unicast-адреса, 18, 99
unique local address, 159
UTP, 39, 40
UWB, 347

V

VMM, 262

W

WAN, 11
WDM, 60
WIMAX, 339
WLAN, 328
WMAN, 347

WMN, 336
WPAN, 347
WRAN, 347

X

xDSL, 307
XMPP, 250
XTP, 199

ПРЕДМЕТНИЙ ВКАЗІВНИК, КИРИЛИЧНИЙ АЛФАВІТ

А

автономна система, 136
актуатор, 245
алгоритм Беллмана-Форда, 127
алгоритм Дейкстри, 125
алгоритм маршрутизації, 123
алфавітно-цифрова адреса, 15
асинхронні протоколи, 69

Б

базова зона обслуговування, 329
безпроводова комп'ютерна мережа, 319
біт-стаффінг, 77
брокер, 249

В

віртуальний канал, 292
віртуальна машина, 262
видаєць-підписник, 249
власна віртуалізація, 263

Г

гіпервізор, 262
групові адреси, 18, 100, 158

Д

декапсуляція, 171
дистанційно-векторний протокол, 137
дуплексні канали, 36

З

загальнодоступна мережа, 13

І

ієрархічна адреса, 16
ієрархічна модель, 24
інкапсуляція, 171
ітеративний запит, 210

К

кадр Е1, 277
кадр Т1, 277
кадр Ethernet, 99
клієнт-серверна архітектура, 12
коаксіальний кабель, 41
коди стану НТТР, 231
кодування, 44
 логічне, 44
 фізичне, 47
комутатор, 15, 115
комутація, 19
 віртуальних каналів, 21
 дейтограм, 21
 з проміжним зберіганням, 20
 каналів, 19
 пакетів, 20
 повідомлень, 20
концентратор, 15, 100

М

манчестерський код, 55
маршрут, 123
маршрутизатор, 15, 130
маршрутна петля, 140
маска підмережі, 123
мережа SDH/SONET, 275, 279
мережа радіодоступу, 345
мережна технологія, 9
метод НТТР, 229
метрика, 134
миттєве оновлення, 141

модель ATM, 295
модель OSI, 25
модель TCP/IP, 28
модем, 49
модуляція, 47
 амплітудна, 47
 частотна, 48
 фазова, 48
 трелліс, 49
мультиплексування, 58
 частотне, 58
 часове, 59
 за довжиною хвилі, 60
 кодове, 60
 ортогональне частотне, 326

Н

напівдуплексні канали, 36

О

однорангова мережа, 11
оптоволоконний кабель, 42

П

паравіртуалізація, 264
персональні адреси, 18
плезіохронна технологія, 275
повна віртуалізація, 263
подвійний стек, 166
порт протокольний, 173
потенціальний код, 53
поштовий клієнт, 218
пропускна спроможність, 30
протокол, 24
протокол з урахуванням стану ка-
налу, 142
протокол передавання даних, 65
протокольний стек, 25

Р

рекурсивний запит, 210
розподілений режим DCF, 332
розщеплення горизонту, 141

С

сенсор, 245
симплексні канали, 36
синхронні протоколи, 69
скремблювання, 46
скручена пара, 39
СКС, 57
смуга пропускання, 134
стаффінг, 71

Т

тимчасове утримання від змін, 141
топология, 12
 повнозв'язна, 12
 комірчата, 12
 кільцева, 12
 зіркоподібна, 12
 ієрархічна зірка, 13
 загальна шина, 13
 змішана, 13
тунелювання, 166

Ц

ЦОД, 254
циклічний код, 75
цифрова адреса, 16

Ш

широкомовна адреса, 18, 100
шлюз, 28, 168

Навчальне видання

**Азаров Олексій Дмитрович
Захарченко Сергій Михайлович
Кадук Олександр Володимирович
Орлова Марія Миколаївна
Тарасенко Володимир Петрович**

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

Підручник

Рукопис оформив *С. Захарченко*

Редактор *В. Дружиніна*

Оригінал-макет підготував *О. Ткачук*

Підписано до друку 13.07.2020.
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 22,68.
Наклад пр. Зам. № 2020-076.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.