

Міністерство освіти і науки України

Буров Є.В., Митник М.М.

Комп'ютерні мережі

ПІДРУЧНИК

ТОМ ПЕРШИЙ

СЕРІЯ «КОМП'ЮТИНГ»

За загальною редакцією Лауреата державної премії

України в галузі науки і техніки, д.т.н., професора

Пасічника В.В.

Видавництво «Магнолія 2006»

Львів – 2024

УДК 004.7(075.8)

ББК 63

Відтворення цієї книги або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав будуть переслідуватися у судовому порядку

Затверджено вченою радою Тернопільського національного технічного університету

Рецензенти:

Карпінський Микола Петрович – д.т.н., професор

Марценюк Василь Петрович – д.т.н., професор

Буров Є.В.

Комп'ютерні мережі. Підручник. Том перший /Є.В. Буров, М.М. Митник/ Львів:Видавництво ПП «Магнолія 2006», 2024– 333 с.

Підручник «Комп'ютерні мережі» детально висвітлює головні принципи побудови, використання та адміністрування мережевих комп'ютерних систем. Матеріал підручника подано у шести частинах. У першій частині наведено базові принципи функціонування мережі, зокрема еталонну модель взаємодії відкритих систем, принципи передавання сигналів у кабельних середовищах передавання. У другій частині розглянуто протоколи та сервіси інтернет. Третя частина, яка є логічним продовження попередніх, присвячена вивченню конкретних мережевих вирішень для різних груп мережевих технологій. У четвертій частині розглянуто безпроводні мережі. Проблематиці безпеки даних присвячена шоста частина підручника. Автори детально розглядають головні принципи організації системи безпеки, протоколи захищеного передавання, структурні методи захисту, проблематику забезпечення анонімності користувачів. Остання частина підручника розглядає мережу як розподілений комп'ютер та присвячена технологіям віртуалізації, розподіленим обчисленням, грид системам.

Крім теоретичного матеріалу підручник містить питання для самоконтролю та лабораторні роботи для кожної частини курсу. Підручник призначено для вивчення курсу «Комп'ютерні мережі» студентами комп'ютерних спеціальностей.

ISBN 978-617-574-121-4

© Буров Є.В., Митник М.М., 2024

© «Магнолія 2006», 2024

Передмова наукового редактора серії підручників та навчальних посібників «КОМП'ЮТИНГ»

Шановний Читачу!

Розпочинаючи роботу над вступною статтею до другої черги крупного ініціативного освітньо-наукового проекту щодо видання серії україномовних посібників, підручників та монографій, які виходять у світ під узагальненим гаслом «COMPUTING», число книг якої вже перекрочило чотири десятки найменувань хочу щиро подякувати Тобі Вельмишановний Читачу, авторам, видавцю, фінансовим меценатам та спонсорам, котрі в результаті творчої, синергетичної взаємодії забезпечили успішність цього унікального вітчизняного інноваційного проекту.

Прошло майже десятиліття як у 2008-му році до друку було подано рукопис видання першого підручника серії «КОМП'ЮТИНГ» - «Сховища даних» за авторством професорів Н.Б. Шаховської та В.В. Пасічника. Нині, наприкінці 2017 року завершився перший етап проекту, світ побачили понад чотири десятки найменувань навчальних посібників, підручників та наукових монографій, що загалом стало не пересічною подією в українському освітньому, науковому та професійно-бізнесовому ІТ середовищі.

Нині можна впевнено стверджувати, що започаткований не чисельною групою ініціативних високо фахових викладачів та науковців кафедри інформаційних систем та мереж Львівської політехніки проект серії україномовних посібників, підручників та наукових монографій, об'єднаних проблематикою комп'ютерингу – успішно реалізований.

Автори та видавці «видали на гора» перших декілька десятків оригінальних україномовних видань, а це Вельмишановний Читачу в наш час, зовсім не мало.

Започаткування наступного (другого) етапу реалізації видавничого освітньо-наукового проекту співпадає з імплементацією сутнісних змін в системі середньої та вищої освіти України загалом і її інформаційно-технологічного сектору зокрема.

В українській середній школі реалізується амбітний проект «Нова українська школа». Ми стаємо учасниками процесів запровадження викладання у школі предмету «Інформатика», починаючи з другого класу і вихід на профільну інформатично-технологічну освіту в старшій школі (10-12 –ий класи).

При цьому ми уважно відслідковуємо базові тенденції розвитку шкільної інформатичної освіти у світовому вимірі. У цьому контексті не можемо обійти увагою роботу групи освітян в рамках зазначеного проекту з розроблення системи сучасних вітчизняних шкільних освітніх стандартів з інформатики. Проект реалізовувався у 2016- 2017 роках на замовлення МОН України. Не буде зайвим навести ряд відомостей щодо зарубіжного досвіду запровадження шкільних освітніх стандартів з інформатики, які подані у підготовленому у вересні 2017 р. Оксаною Володимирівною Пасічник підсумковому аналітичному матеріалі.

«Шкільний предмет інформатика у різних країнах має як різне змістове наповнення, так і різне місце у навчальних планах та стандартах. Це пов'язано із динамічною історією викладання інформатики, а також зі змінами, які спостерігаються останніми роками. На початку впровадження цього навчального предмету в освітніх системах різних країн наприкінці 1980-х років, основна увага приділялась алгоритмічному мисленню та розвитку вмінь складати програми. З середини 1990х до початку 2000х років відбувалось зміщення у напрямку вивчення прикладних програм та опанування курсу інформаційних та комунікаційних технологій. У зв'язку з тим, що зазначені технології набували все більшого поширення та ставали інтуїтивно зрозумілішими, вивчення окремого предмету в школі втрачало актуальність, тож на початок 2010-х, в освітніх системах багатьох країн цей предмет був відсутнім, інтегрованим, або викладався факультативно.

Водночас, у переліку ключових компетентностей переважної більшості національних стандартів шкільної освіти присутня цифрова грамотність чи ІКТ-компетентність, як наскрізне вміння користуватися цифровими технологіями. Все очевиднішою стає необхідність вивчення не стільки конкретних програмних засобів чи технологій, як принципів їх функціонування та вміння створювати власне цифрове середовище, в тому числі програмуючи його під свої потреби.

За результатами дослідження, проведеного Вугт та Брумелгуса, інтеграція інформаційної грамотності в інші предмети в Нідерландах призвела до зникнення предмету на початку 2000х років, а у 2013 році знову почало розглядатись питання щодо повернення предмету в шкільні програми, надаючи йому оновленого змісту та ролі.

Слід зауважити, що у контексті шкільного предмету, інформатика у різних системах освіти також зустрічається під назвами ІКТ (інформаційні та комунікаційні технології у Чехії, Таїланді, Ісландії), комп'ютерні науки (США, Канада, програма міжнародного бакалаврату International Baccalaureate) та комп'ютеринг (Великобританія, Сингапур). У деяких

країнах виділяється окремий предмет під назвою програмування або кодування (Бельгія, Данія, Естонія, Іспанія, Фінляндія, Угорщина, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Словаччина). У ряді країн також використовуються такі терміни, як алгоритмічні застосунки (Греція), алгоритмічне розв'язування задач (Словаччина), розроблення алгоритмів та моделей даних (Угорщина), алгоритми та робототехніка (Tecnología, Programación y Robótica, Іспанія), інформатика та цифрові науки (Informatique et sciences du numérique, Франція). В Австралії та Новій Зеландії предмет запроваджується із назвою цифрові технології.

До прикладу, в Хорватії предметна галузь об'єднана із технологіями під загальною назвою технології та інформатика, в межах якої виділяється 4 складові: технічна творчість, світ техніки, інформаційні та комунікаційні технології та комп'ютерне розв'язування задач, а у Словаччині та Болгарії цей предмет об'єднано в одну групу із математикою. У Швейцарії інтегрований модуль має назву медіа та інформатика.

У національному звіті Королівської академії інженерії “Шлях інформатики у школах Великобританії: вимкнути чи перезавантажити?” окремою рекомендацією є уникнення використання терміну ІКТ (ICT), і розділення предметної області на такі аспекти, як цифрова грамотність (Digital Literacy), інформаційні технології (Information Technology) та інформатика (Computer Science). Наводиться цікава аналогія вивчення інформатики з мовною освітою, у якій можна виділити читання та письмо (базова грамотність), вивчення мови (принципи функціонування) та літератури (прикладні застосування).

Також хотілося би згадати термін, для якого, на жаль, наразі не вдається знайти україномовний відповідник – це computational thinking: розв'язання задач, проектування систем та розуміння людської поведінки, виходячи з базових понять інформатики. Вперше цей термін використав Сеймур Пеперт (математик, інформатик, педагог) ще у 1996 році, але актуалізація його дослідження та використання відбулася після виходу у світ статті Джанет Вінг у 2006.

Описове визначення та пояснення цього терміну виглядає так: процеси мислення, пов'язані з формулюванням проблеми та представленням її вирішення у такий спосіб, щоб його можна було реалізувати за допомогою комп'ютера.

Це поняття інкапсулює алгоритмічне мислення, декомпозицію, виявлення шаблонів та абстракцію. Декомпозицією є вміння розкладати задачу на складові елементи, оперуючи якими можна чітко пояснити процес виконавцеві, або записати його для власного подальшого використання. Виявлення шаблонів передбачає вміння знаходити тенденції, схожі елементи або відмінності, котрі дозволять робити прогнози. Узагальнення шаблонів та абстрагування означає вміння відкидати відомості, які не є значущими для розв'язання певної задачі, а також підсумовувати необхідну інформацію. Розроблення алгоритму є вмінням створювати покрокову стратегію для розв'язання задачі.

Часто до цих основних елементів додають такі характеристики, як творчість, експериментування, відлагодження, наполегливість та співпраця. Таке складене синтетичне означення обчислювального мислення виходить на ключову позицію при визначенні цілей вивчення предмету інформатики в освітніх системах різних країн.

У сучасному інформаційному суспільстві цифрова компетентність не обмежується базовими навичками роботи з типовими програмами, а проникнення інформаційних, комунікаційних та цифрових технологій у всі сфери діяльності людини означає, що розуміння принципів функціонування комп'ютерних систем та програм є основоположною складовою грамотності у 21 столітті. Це, а також прогнозований дефіцит ІТ-фахівців, який оцінюється у 756 тисяч осіб до 2020 року, спричинили до того, що зміст, роль та місце предмету інформатика, нині активно трансформується, і це відображається у відповідних стандартах освіти.

Зокрема, у 2010 було розпочато європейську кампанію з реалізації маніфесту е-навичок, одним із кроків якої є курикулярна реформа, що полягає в інтегруванні програмування у шкільні програми в 15 країнах, оновленні програм з інформатики, розробці стратегій оцифрування процесів функціонування шкіл, впровадженні у навчальні програми питань ІТ-безпеки та авторського права, тіснішої співпраці з професійною спільнотою.

Навесні 2009 року університет Альберти (Канада) додав інформатику як один з вибіркового вступних предметів, цей крок підтримали ряд університетів: Калгарі, Летбриджа, МакЮен. Це спричинило підвищення інтересу до предмету інформатики, як вибіркового на шкільному рівні.

З 2013 року відзначається європейський тиждень кодування, набула значного розмаху глобальна акція Години коду на основі ініціативи Code.Org, яка має на меті популяризацію інформатики у середніх школах.

Відповідно до даних звіту «Обчислювальне майбутнє. Комп'ютерне програмування та кодування – пріоритети, навчальні програми та Європейські ініціативи», що оновлений наприкінці 2015 року на основі опитувань 21 міністерства освіти європейських країн, у 16 країнах інформатика та кодування включені у навчальні стандарти на національному, регіональному чи локальному рівні. Спостерігається тенденція до виділення окремого предмету (якщо його не було раніше)

та його вивчення на раніших освітніх етапах (в тому числі у початковій школі). При цьому 12 країн виділяють окремий предмет кодування/комп'ютерингу на регіональному чи шкільному рівні, 13 країн інтегрують кодування у загальний курс інформаційних та комунікаційних технологій.

Сталий досвід присутності окремого інформативного предмету в навчальних планах з кінця 1980-х років мають такі країни, як Україна, Ізраїль, Польща, Литва, Словаччина, Кіпр. У школах багатьох країн протягом тривалого часу інформатика або не викладалась взагалі, або мала вигляд вибіркового предмету, спрямованого на оволодіння базовими інформаційними та комунікаційними технологіями. У деяких країнах паралельно існувала можливість обрати поглиблений курс програмування.

Підсумовуючи аналітичне опрацювання широкого спектру матеріалів національних стандартів шкільної освіти щодо стану та перспектив вивчення предмету інформатики можна сформулювати наступні висновки.

- Залежно від особливостей національних систем шкільної освіти, предмет може бути окремим чи інтегрованим, обов'язковим або вибіркоким, імовірно з різною реалізацією цієї варіативності на різних рівнях освіти.
- У більшості країн, які оновлювали стандарти освіти останніми роками, спостерігаємо зміщення від суто прикладних вмінь використовувати програмні засоби до глибшого розуміння принципів роботи та розробки програм та систем.
- Робиться важливий наголос на відповідальне та безпечне використання інформаційних технологій, а також розуміння потенційних переваг та ризиків їх поширення та використання з різними цілями.

Випускник школи XXI століття повинен бути компетентним учасником інформаційного суспільства, усвідомлюючи його особливості, принципи функціонування, переваги та ризики швидкозмінних інформаційних технологій, а також вміти творчо розв'язувати проблемні ситуації за допомогою цифрових пристроїв та програм».

Наша увага як ініціаторів видавничого освітньо-наукового проекту до шкільної складової у системі цифрової грамотності членів сучасного інформаційного суспільства є цілком закономірною. Адже, шкільна освіта закладає фундамент як для здобуття вищої освіти, так і загалом подальшого суспільного буття.

В умовах становлення та стрімкого розвитку суспільства знань і цифрових навичок невідворотно є якісна зміна підходів до визначення змісту вищої освіти, методів і форм оцінювання якості підготовки фахівців, набуття кваліфікації, яка відповідає б вимогам стейкхолдерів. Основне протиріччя сучасної системи освіти слід трактувати як протиріччя між високими темпами приросту обсягів знань і обмеженими можливостями їх сприйняття та засвоєння особою, членом цього ж суспільства знань. Це протиріччя невідворотно примушує як теоретиків, так і педагогів-практиків відмовитися від ідеального образу усебічно розвиненої особистості і перейти до нового ідеального образу особи з максимально розвинутими здібностями, яка вдосконалюється шляхом саморегуляції та самоосвіти впродовж всього життя. Інтеграція вищої освіти України у світову освітню систему є об'єктивним процесом, який сутнісно трансформує національну систему вищої освіти, ключовими складовими якої стають освітні програми та комплекси відповідних ступеневих компетентностей. Компетентнісний підхід до побудови освітніх програм у вищій школі, що реалізується в Україні відповідно до стратегії реформування національного освітнього простору складає основу студентоцентрованого навчання, базовим і системо твірним елементом якого є студент, слухач, учень, що прагнуть набути нових знань, умінь та навичок.

Інформатична освіта університетського рівня в цьому контексті не є виключенням. Саме таку парадигму ми прагнемо реалізувати в рамках другого етапу проекту видання книг освітньо-наукової серії КОМП'ЮТИНГ.

У вищій школі України з 2016 року імплементується нова номенклатура галузей знань та спеціальностей. В контексті наших професійних інтересів мова йде про галузь знань 12- «Інформаційні Технології» з шістьма спеціальностями: 121- програмна інженерія; 122 – комп'ютерні науки; 123 – комп'ютерна інженерія; 124 – системний аналіз; 125 – кібербезпека; 126 – інформаційні системи та технології.

Часовий відтинок, що пройшов з моменту виходу у світ першої книги освітньо-наукової серії КОМП'ЮТИНГ характеризується бурхливими процесами становлення, формування та стрімкого зростання інформаційного суспільства у всіх без винятку напрямках, профілях та аспектах. Не є виключенням в цьому потоці і освітня галузь, у якій відбувається активний пошук нових парадигм, концепцій, підходів. Якщо наприкінці 2010 року в україномовній «освітній» літературі та «наукових» публікаціях набув популярності феномен ІКТ (англ. ICT), який не зовсім коректно був привнесений в україномовне термінологічне середовище як інформаційно-комунікаційні технології замість оригінального подання, яке слід перекладати як «інформаційні та комунікаційні технології» (див. першоджерело, в якому вперше використано концепт), то для кінця 2017 року характерною ознакою та особливістю європейського освітнього простору є нове «народження» та запровадження до освітніх стандартів різних освітніх та освітньо-кваліфікаційних рівнів галузі комп'ютерингу

термінологічного концепту ТІС (англ. IST), який трактується як технології інформаційного суспільства (information societies technology).

Навіть перший побіжний погляд на здавалося б незначні «косметичні» уточнення трактування понять та концептів нашою думкою щодо їх глибинної тектонічної природи та сутнісних методологічних змін, які за цим невідворотно посліднують. Зверну увагу Шановного Читача на принципову інноваційну ознаку концепту ТІС (англ. IST), в якому інформаційні технології переводяться до розряду загальнолюдських та загально цивілізаційних. Пророче бачення видатного українського вченого В.І. Вернадського щодо високотехнологічного підґрунтя ноосферного шару сучасного світу знаходять своє методологічне, наукове та виробничо-технологічне втілення.

Основним завданням, яке ставиться перед виданнями освітньо-наукової серії КОМП'ЮТИНГ на другому (нинішньому) етапі її розгортання, є якомога повніше, змістовніше та яскравіше подання нашої професійної галузі КОМП'ЮТИНГу в трактуванні ТЕХНОЛОГІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА, розуміючи, що такими технологіями у сучасному світі є саме комп'ютерні інформаційні технології. Цей процес цілком відповідає нинішньому тренду, який фіксується появою таких інформаційно-технологічних інновацій, якими є хмарні обчислення (Cloud Computing), інтернет речей (IoT), розумні міста (SC), розумні регіони (SR), системи штучного інтелекту, технології кібербезпеки та великих за обсягом даних (Big Data), а також нового освітньо-наукового напрямку «Науки про дані» (Data Science), який покликаний опікатися дослідженням процесів аналізу даних та знань.

Нове «дихання», яке отримує ініційований групою небайдужих ІТ фахівців, - освітян, бізнесменів, науковців видавничий проект серії КОМП'ЮТИНГ має надійне творче підґрунтя та добру верифіковану часом традицію. Бажаю Тобі Шановний Читачу ще тривалий час мати потребу та можливість успішно розвиватись в галузі КОМП'ЮТИНГу, активно опрацьовуючи все нові і нові видання цієї без перебільшення унікальної освітньо-наукової серії.

З глибокою повагою,

д.т.н., професор

Володимир Пасічник

Вступне слово авторів

Науково-технічна революція, пов'язана з впровадженням інформаційних технологій на базі комп'ютерної техніки та програмних систем призвела до фундаментальних змін у способах функціонування та зростанню ефективності усіх галузей економіки. При цьому важливим джерелом зростання продуктивності праці є можливість швидкого отримання релевантної інформації. Сучасна людина постійно знаходиться в інформаційному просторі і має доступ до всіх знань, накопичених людством. Такі зміни у функціонуванні суспільства значною мірою відбулися завдяки розвитку комп'ютерних мереж. Знання принципів роботи та обмежень мережевих технологій необхідно для правильного розуміння та ефективного використання сучасних інформаційних технологій.

Галузь мережевих технологій відноситься до найбільш динамічних галузей техніки. На сьогодні продовжується зростання кількісних параметрів мереж та ступеня використання мережевих інформаційних технологій у різних областях техніки, багато з галузей економіки переходять на способи функціонування, в основі яких лежить використання інформаційних технологій та комп'ютерних мереж. Водночас, подальше поширення використання мережевих технологій призвело не лише до позитивних змін, а й до появи нових викликів та загроз.

Зокрема, зростає популярність безпроводних мереж, в основі якої лежить бурхливий розвиток Інтернету речей та автономних мобільних обчислень. Відбулася революція в індустрії розваг і у способах поширення контенту, перехід на потокові трансляції, інтерактивне телебачення, та вибір контенту користувачем. В основі таких змін лежить доступність широкопasmового доступу та зростання кількості користувачів Інтернет. Зі зростанням популярності соціальних мереж, переходом на використання мережевих технологій у платіжних системах та в електронній комерції зростає загроза несанкціонованого доступу та використання особистих даних, порушення приватності користувачів. Це вимагає розробки більш ефективних засобів та технологій захисту мережевих комунікацій. На рівні провайдерів мережевих послуг з метою ефективнішого використання ресурсів поширюється тенденція їх віртуалізації, перехід до використання хмаркових сервісів, грид-технологій.

Підручник складається з шести частин, поданих у двох томах. У частині «Головні принципи побудови комп'ютерних мереж» наведено класифікацію мережевих технологій, розглянуто еталонну модель взаємодії відкритих систем, детально проаналізовано особливості реалізації фізичного рівня мережі – середовищ передавання та каналу передавання даних. Дано також загальну характеристику функцій протоколів вищих рівнів.

Частину «Протоколи та сервіси Інтернет» присвячено висвітленню принципів роботи протокольного стеку TCP/IP. Розглянуто структуру мережі Інтернет, призначення та принципи функціонування головних протоколів, маршрутизацію та її налаштування, мережевий сервіс імен DNS.

У частині «Мережеві вирішення та технології» розглянуто технології інтерфейсних, локальних та глобальних мереж, структуровані кабельні системи, засоби сполучення мереж, а також проблематику адміністрування, та забезпечення якості обслуговування у мережах.

Частину «Безпроводні мережі» присвячено принципам організації та технологіям безпроводних мереж. Охарактеризовані безпроводне середовище передавання, методи модуляції та кодування у цьому середовищі. Розглянуто найбільш вживані вирішення безпроводних мереж: NFC, Bluetooth, ZigBee та мережі Інтернету речей, WiFi, Wimax, стільникові мережі, супутникові мережі.

У частині «Безпека даних у комп'ютерних мережах» розглянуто загальні принципи організації системи безпеки, протоколи захищених передавань, структурні вирішення захисту такі як VPN та DMZ, методи захисту приватності та анонімності в Інтернет.

Завершується книга частиною «Віртуалізація та операційні системи комп'ютерних мереж» в якій розглянуто принципи віртуалізації систем збереження даних, служби каталогів, архітектури розподілених обчислень, віртуалізації платформ, хмаркових та грид-технологій.

Проблематика комп'ютерних мереж – це курс опанування якого потребує набуття ґрунтовних теоретичних знань та умінь їх застосовувати для вирішення практичних задач. Тому у підручнику значна увага приділена виконанню лабораторних робіт. При цьому використано програмний пакет для моделювання та вивчення мережевих технологій Cisco Packet Tracer.

Значний обсяг підручника пояснюється різноманіттям мережевих вирішень та технологій, та бажанням забезпечити рівень викладення деталей необхідний для розуміння основ та практичного використання набутих знань у майбутньому.

В основу книги покладено досвід багаторічного викладання курсу «Комп'ютерні мережі» у Національному університеті «Львівська політехніка» та Тернопільському Національному технічному університеті імені Івана Пулюя.

На завершення автори висловлюють подяку науковому редактору серії «Комп'ютинг» професору кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» Володимиру Пасічнику та завідувачу кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій Тернопільського Національного технічного університету імені Івана Пулюя Андрію Микитишину за підтримку у вирішенні організаційних питань та критичні зауваження по ходу роботи.

ЗМІСТ

Частина 1. Головні принципи побудови комп'ютерних мереж	12
Розділ 1. Історія розвитку та класифікація комп'ютерних мереж	13
1.1. Історія та перспективи розвитку комп'ютерних мереж та розподілених інформаційних систем	13
1.2. Класифікація комп'ютерних мереж	16
1.3. Стандартизація та життєвий цикл мережевих технологій	17
Розділ 2. Головні архітектурні принципи побудови комп'ютерних мереж	22
2.1. Еталонна модель взаємодії відкритих систем	22
2.2. Стандарт ISO/IEC 7498.	25
2.3. Інкапсуляція даних у мережевих сполученнях	28
2.4. Типи мережевих сполучень та методи комутації	29
Розділ 3. Середовища передавання в комп'ютерних мережах	33
3.1. Загальна характеристика та порівняння середовищ передавання	33
3.2. Коаксіальний кабель	33
3.3. Волоконно-оптичний кабель	35
3.4. Скручена пара	42
Розділ 4. Сигнали та коди комп'ютерних мереж	51
4.1. Ланка передавання даних	51
4.2. Формування сигналу даних. Модуляція та мультиплексування	51
4.3. Синхронізація передавання даних	53
4.4. Схеми кодування та приклади кодів	54
Розділ 5. Протоколи фізичного та каналного рівнів. Методи доступу до спільного середовища передавання	57
5.1. Структура протоколів фізичного та каналного рівнів та їх функції	57
5.2. Протоколи керування доступом до середовища	59
Розділ 6. Протоколи керування передаванням у каналі зв'язку	69
6.1. Модель логічного каналу та головні функції протоколу рівня LLC	69
6.2. Протокол X-modem	69
6.3. Протокол HDLC	71
Розділ 7. Загальна характеристика функцій та протоколів вищих рівнів	78
7.1. Протоколи мережевого рівня	78
7.2. Протоколи сеансового рівня	80
7.3. Протоколи рівня відображення	85
7.4. Призначення та функції протоколів прикладного рівня	91
Лабораторна робота 1. Використання аналізатору протоколів для аналізу реалізації архітектурних принципів побудови КМ	98
Лабораторна робота 2. Обжимання кабелів скрученої пари дротів з дотриманням стандартів TIA/EIA 568 A/B	100
Лабораторна робота 3. Проектування комп'ютерної мережі в Cisco Packet Tracer	103
Частина 2. Протоколи та сервіси інтернет	107
Розділ 1. Принципи побудови мережі Інтернет та протокольний стек TCP/IP	108
1.1. Загальна характеристика та історія розвитку протокольного стеку TCP/IP	108
1.2. Адресація у мережі інтернет	108
1.3. Структура протокольного стеку TCP/IP	110

1.4. Протокол IPv4	111
1.5. Класи мережеских адрес та маски підмереж	113
1.6. Діагностика та повідомлення про помилки – протокол ICMP	120
1.7. Визначення MAC адреси – протокол ARP	122
1.8. Транспортні протоколи UDP та TCP	123
Розділ 2. Інші протоколи стеку TCP/IP	129
2.1. Підтримка роботи груп – протокол IGMP	129
2.2. Трансляція мережеских адрес – NAT	130
2.3. Передавання у двоточкових ланках – протоколи SLIP та PPP	131
2.4. Автоматизація налаштування мережі – протоколи RARP, BOOTP, DHCP	132
2.5. Підтримка ізохронних потоків та резервування ресурсів – протоколи RTP, RTCP, RSVP	134
Розділ 3. Маршрутизація в мережі Інтернет	138
3.1. Загальні принципи організації маршрутизації	138
3.2. Автономні системи	140
3.3. Протоколи маршрутизації	141
3.4. Зовнішня маршрутизація та маршрутна політика	147
3.5. Будова та робота маршрутизатора	147
Розділ 4. Протокол IPv6	150
4.1. Причини розробки IPv6 та головні його відмінності від IPv4	150
4.2. Структура мережі IPv6	152
4.3. Адреси протоколу IPv6	152
4.4. Формат заголовків IPv6	155
4.5. Порядок роботи мережі та протокол ICMPv6	156
4.6. Додаткові особливості IPv6	157
4.7. Проблеми переходу інтернет на IPv6	158
Розділ 5. Мережеский сервіс імен DNS	160
5.1. Призначення та загальна характеристика сервісу імен DNS	160
5.2. Структура доменів та принципи адресації в DNS	161
5.3. Робота DNS з обслуговування запитів	162
5.4. Структура бази даних DNS	164
5.5. Програмні реалізації та налаштування DNS	167
5.6. Історія, версії та перспективи розвитку DNS	168
5.7. Безпека функціонування та атаки DNS	169
Розділ 6. Сервіси термінального доступу, електронної пошти та передавання файлів	172
6.1. Сервіси термінального доступу	172
6.2. Електронна пошта	172
6.3. Сервіси передавання файлів	180
Лабораторна робота 1. Дослідження роботи та налаштування протоколів стеку TCP/IP	182
Лабораторна робота 2. Налаштування та моделювання комутованих мереж в Cisco Packet Tracer	187
Робота 2.1. Підключення комутатора до мережеских пристроїв	187
Робота 2.2. Підключення комутатора до локальної мережі	188
Робота 2.3. Налаштування початкової конфігурації комутатора	190
Робота 2.4. Базове налаштування комутатора з використанням інтерфейсу командного рядка	192
Лабораторна робота 3. Побудова та налаштування мереж з маршрутизаторами у середовищі Cisco Packet Tracer	196

Робота 3.1. Підключення маршрутизатора до мережевих пристроїв	196
Робота 3.2. Налаштування початкової конфігурації маршрутизатора	198
Робота 3.3. Налаштування маршрутизатора за допомогою діалогового режиму	200
Робота 3.4. Налаштування статичних маршрутів	203
Робота 3.5. Налаштування маршрутів за замовчуванням	204
Робота 3.6. Налаштування динамічної маршрутизації	207
Лабораторна робота 4. Налаштування сервісу DHCP у середовищі Cisco Packet Tracer.	211
Частина 3. Мережеві вирішення та технології	213
Розділ 1. Структурні вирішення комп'ютерних мереж	214
1.1. Кабельні вирішення комп'ютерних мереж	214
1.2. Типові структурні вирішення	217
Розділ 2. Інтерфейсні мережі	226
2.1. Шини вводу-виводу комп'ютера	226
2.2. Шина USB	227
2.3. Інтерфейс Thunderbolt	233
2.4. Технологія SCSI	235
Розділ 3. Технології локальних мереж	241
3.1. Локальна мережа Ethernet	241
3.2. Локальна мережа Token Ring	248
3.3. Мережа Fibre Channel	253
Розділ 4. Об'єднання мереж та технології комутуваних мереж	256
4.1. Активні засоби для сполучення комп'ютерних мереж	256
4.2. Технології комутації локальних мереж	261
Розділ 5. Глобальні мережі та технології доступу до них	274
5.1. Технології глобальних мереж (WAN)	274
5.2. Технології доступу до глобальних мереж	287
Розділ 6. Адміністрування, керування та забезпечення якості передавання у комп'ютерних мережах	290
6.1. Адміністрування та керування у комп'ютерних мережах	290
6.2. Забезпечення якості обслуговування	299
Лабораторна робота 1. Дослідження систем мережевого керування на базі протоколів SNMP та RMON	310
Лабораторна робота 2. Моделювання VLAN у середовищі Cisco Packet Tracer	317
Робота 2.1. Створення VLAN і призначення портів комутатора	317
Робота 2.2. Налаштування магістральних портів для з'єднання комутаторів	319
Робота 2.3. Налаштування класичної маршрутизації між VLAN	324
Робота 2.4. Налаштування магістральної маршрутизації між VLAN	327
Робота 2.5. Налаштування домену VTP	330

Буров Є.В., Митник М.М.

КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

Підручник

Том перший

Формат 70x100/16. Папір друк. №2. Гарнітура Times New Roman
Умовн. друк. арк. 27,06

ПП «Магнолія 2006»

м. Львів-53, 79053, Україна, тел.+380503701957

e-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції: серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавництва «Магнолія 2006»