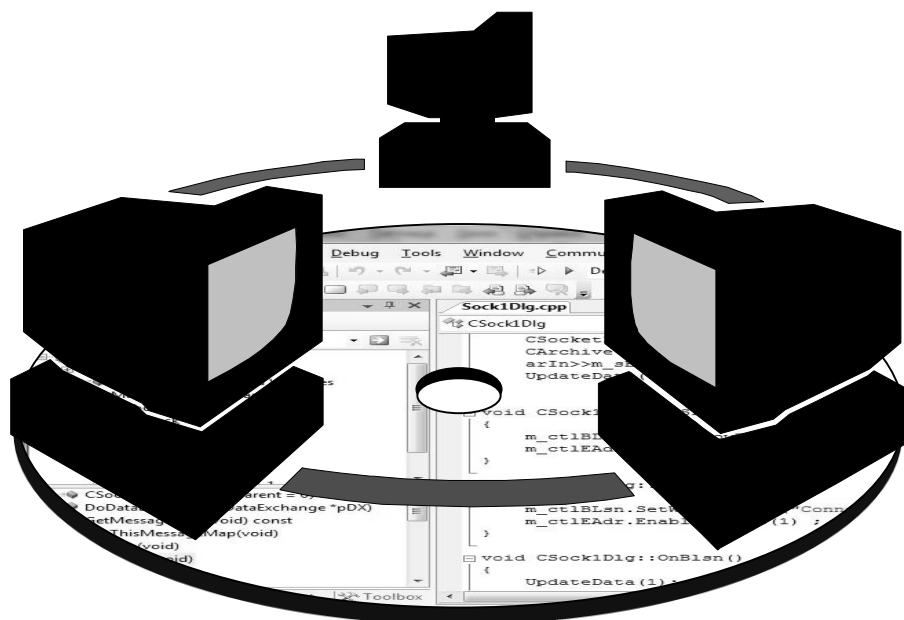


О. Д. Азаров, О. І. Черняк, Л. А. Савицька

Прикладне програмування у комп'ютерних мережах



**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет**

О. Д. Азаров, О. І. Черняк, Л. А. Савицька

Прикладне програмування у комп'ютерних мережах

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2016

УДК 681.3.062(075)

ББК 32.972.5

Ч-49

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 30.11 2015 р.)

Рецензенти:

В. П. Тарасенко, доктор технічних наук, професор НТУУ КПІ

Р. Н. Квєтний, доктор технічних наук, професор ВНТУ

І. Р. Арсенюк, кандидат технічних наук, доцент ВНТУ

Азаров О.Д.

А35 Прикладне програмування у комп'ютерних мережах : навчальний посібник / О. Д. Азаров, О. І. Черняк., Л. А. Савицька – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 130 с.

Посібник орієнтований на програмування в Windows. Для вивчення матеріалу посібника потрібно мати знання з програмування мовою Visual C++. Посібник розроблений відповідно до плану кафедри та програми дисципліни "Прикладне програмування у комп'ютерних мережах".

У навчальному посібнику подано теоретичні та практичні відомості з прикладного програмування у комп'ютерних мережах мовою Visual C++ на основі використання WinAPI. Розглянуто такі технології розробки мережових програм: перенаправлювач, поштові скриньки, іменовані канали, інтерфейс NetBIOS, сокети.

УДК 681.3.062(075)

ББК 32.972.5

© О. Азаров, О. Черняк, Л. Савицька, 2016

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ МЕРЕЖ І БЕЗПЕКА ДОСТУПУ	12
1.1 Мережева модель OSI.....	12
1.2 Характеристики транспортних протоколів	12
1.2.1 Режими передавання.....	13
1.2.2 Режими з'єднання	13
1.2.3 Надійність і порядок доставки повідомлень	13
1.2.4 Коректне завершення роботи.....	13
1.2.5 Широкомовне передавання.....	14
1.2.6 Багатоадресне передавання.....	14
1.2.7 Якість обслуговування	14
1.2.8 Фрагментарні повідомлення	14
1.2.9 Маршрутизація.....	14
1.2.10 Інші характеристики	14
1.3 Транспортні IP-протоколи, що підтримуються Windows	15
1.4 Безпека доступу	15
1.4.1 Дескриптори безпеки.....	15
1.4.2 Списки і записи керування доступом	16
1.4.3 Маркери доступу.....	16
1.4.4 Реквізити безпеки.....	17
1.5 Контрольні питання	17
2 ПРОГРАМУВАННЯ ФАЙЛІВ І ПОТОКІВ У WINAPI.....	18
2.1 Основи роботи з файлами у WinAPI.....	18
2.2 Основи роботи з потоками у WinAPI.....	21
2.3 Контрольні питання	23
3 ПЕРЕНАПРАВЛЮВАЧ.....	24
3.1 Універсальні правила іменування	24
3.2 Компонент мережевого доступу.....	24
3.3 Перенаправлювач	24
3.4 Постачальник декількох UNC.....	25
3.5 Протокол SMB.....	26
3.6 Приклади	26
3.7 Контрольні питання	27

4	ПОШТОВІ СКРИНЬКИ.....	
4.1	Подробиці впровадження поштових скриньок	28
4.2	Імена поштових скриньок.....	28
4.3	Розміри повідомлень	29
4.4	Компіляція програми у Microsoft Visual C++.....	29
4.5	Коди помилок	29
4.6	Архітектура поштових скриньок	30
4.7	Сервер поштових скриньок	30
4.8	Клієнт поштових скриньок.....	32
4.9	Додаткові АРІ-функції поштових скриньок.....	35
4.10	Контрольні питання	36
5	ІМЕНОВАНІ КАНАЛИ	37
5.1	Правила іменування каналів	37
5.2	Особливості програмування.....	38
5.3	Деталі реалізації сервера	38
5.4	Персоналізація	43
5.5	Деталі реалізації клієнта	44
5.6	Інші АРІ-виклики	47
5.7	Контрольні питання	51
6	ІНТЕРФЕЙС МЕРЕЖЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ NETBIOS	52
6.1	Номери LANА.....	52
6.2	Імена NetBIOS.....	57
6.3	Особливості NetBIOS.....	55
6.4	Основи програмування NetBIOS	55
6.5	Команди NetBIOS.....	57
6.6	Синхронний і асинхронний виклик.....	59
6.7	Приклад програми NetBIOS	59
6.8	Контрольні питання	60
7	ІНТЕРФЕЙС МЕРЕЖЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ WINSOCK	62
7.1	Ініціалізація Winsock.....	62
7.2	Інформація про протокол	63
7.3	Сокети Windows	66
7.4	Winsock і модель OSI.....	67
7.5	Використання адрес і перетворення імен	67
	7.5.1 Протокол ІР.....	67
	7.5.2 Протокол TCP.....	67
	7.5.3 Протокол UDP	67

7.5.4	Адресація	68
7.5.5	Спеціальні адреси	68
7.5.6	Номери портів	69
7.5.7	Порядок байтів	69
7.5.8	Перетворення імен	70
7.6	API-функції сервера	73
7.6.1	Функції зв'язування і прослуховування сокета	73
7.6.2	Функції приєднання сокета	75
7.7	API-функції клієнта	77
7.7.1	Функції встановлення з'єднання	78
7.8	Передавання даних	79
7.8.1	Термінові дані	81
7.8.2	Функції <i>recv</i> і <i>WSARecv</i>	82
7.9	Особливості передавання потоків даних	85
7.9.1	Комплексне введення-виведення	87
7.9.2	Завершення сеансу	87
7.9.3	Приклади	88
7.10	Протоколи, що не потребують з'єднання	93
7.10.1	Приймач	93
7.10.2	Передавач	95
7.10.3	Особливості протоколів, що не потребують з'єднання	96
7.10.4	Звільнення ресурсів сокета	97
7.10.5	Приклади	97
7.11	Додаткові функції Winsock 2	100
7.12	Контрольні питання	105
8	ОРГАНІЗАЦІЯ ВВЕДЕННЯ-ВИВЕДЕННЯ У СОКЕТАХ	107
8.1	Блокувальний режим введення	107
8.2	Неблокувальний режим введення	110
8.3	Моделі введення-виведення сокетів	111
8.3.1	Модель <i>select</i>	111
8.3.2	Модель <i>WSAAsynchSelect</i>	115
8.3.3	Модель <i>WSAEventSelect</i>	119
8.4	Контрольні питання	124
	ПІСЛЯМОВА	125
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС	126
	ГЛОСАРІЙ	128

ПЕРЕДМОВА

Даний посібник призначений для вивчення дисципліни "Прикладне програмування у комп'ютерних мережах".

Дисципліна "Прикладне програмування у комп'ютерних мережах" вивчається на останньому курсі навчання студентами спеціальітету денної та заочної форм навчання, а також магістрами. Дисципліна базується на вивченні таких дисциплін: "Програмування", "Системне програмування", "Системне програмне забезпечення", "Візуальне програмування", "Інженерія програмного забезпечення", "Основи комп'ютерних систем та мереж". Дисципліна є завершальною у підготовці спеціалістів зі спеціальності "Комп'ютерні системи та мережі".

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні освоїти такі теоретичні питання: інформаційну структуру протоколів обміну даними, аспекти клієнт-серверної організації програмного забезпечення, основи організації комп'ютерних мереж, аспекти обмеження доступу до ресурсів, аспекти програмування файлів і потоків, аспекти роботи поштових скриньок, аспекти роботи іменованих каналів, властивості і особливості інтерфейсу NetBIOS, принципи організації обміну даними за допомогою інтерфейсу прикладного програмування WINSOCK, аспекти використання адрес комп'ютерів та портів, види встановлення з'єднань між комп'ютерами та відповідні протоколи, технологію введення-виведення інформації у WINSOCK, мовні засоби, що застосовуються при створенні прикладних програм для роботи у мережах, переваги та недоліки технологій прикладного програмування у мережах.

Крім того, студенти повинні вміти створювати програми для роботи у мережі на основі потокового та дайтаграмного передавання інформації з використанням поштових скриньок, іменованих каналів, інтерфейсу прикладного програмування NetBIOS та сокетів. Студенти також повинні вміти створювати клієнт-серверні програми з використанням синхронного і асинхронного режимів роботи функцій.

Для успішного вивчення матеріалу даного посібника необхідно мати знання принципів організації комп'ютерних мереж та техніки програмування мовою C++, а також мати практичні навички з програмування у середовищі Visual C++.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

У посібнику викладено теоретичні і практичні основи створення прикладних програм, що дозволяють обмінюватись інформацією між комп'ютерами, розташованими у мережі. В основу даного посібника покладено матеріали, подані у [1]. Всі приклади програм у посібнику написані мовою Visual C++ і являють собою консольні програми (*console applications*). Принципи будови операційної системи (*operation system*) WINDOWS та техніка створення програм для роботи в ній, знання яких необхідні для вивчення матеріалу посібника, описані в [2]. Принципи організації роботи комп'ютерних мереж (*computer network*) з використанням протоколу TCP/IP описані в [3]. Техніка програмування мовою Visual C++ описана в [4–7]. Для отримання практичних навичок з програмування у середовищі Visual C++ можна порекомендувати [8].

Посібник складається з восьми розділів.

У першому розділі коротко розглянуто аспекти організації мереж і безпеки доступу. Приділено увагу таким питанням, як мережева модель OSI, характеристики транспортних протоколів, мережеві протоколи, що підтримуються Windows, та механізми безпеки.

У другому розділі описано основні функції для роботи з файлами у WinAPI та їх параметри.

У подальших розділах вивчаються технології мережевого програмування на основі бібліотеки WinAPI. Кожен розділ описує окрему технологію.

У третьому розділі описано технологію перенаправлювача (*redirector*), що є компонентом операційної системи Windows і дозволяє програмам обмінюватись інформацією у мережі за допомогою вбудованих служб файлової системи, так званої мережевої операційної системи (*network operating system, NOS*).

У четвертому розділі описано технологію поштових скриньок, що має клієнт-серверну архітектуру і використовує перенаправлювач. Технологія поштових скриньок реалізує простий однонаправлений механізм міжпроцесного зв'язку без встановлення з'єднання. Поштові скриньки дозволяють здійснювати передавання інформації від клієнта до сервера без забезпечення надійності передавання і цілісності даних.

У п'ятому розділі описано технологію іменованих каналів. Іменовані канали – це простий механізм зв'язку між процесами (*interprocess communication, IPC*), підтримуваний у Windows. Іменовані канали

забезпечують надійне одностороннє і двостороннє передавання даних між процесами на одному або на різних комп'ютерах у режимі потоку байтів (*byte stream*) або у режимі потоку повідомлень (*message stream*).

У шостому розділі описано основні аспекти інтерфейсу прикладного мережевого програмування NetBIOS. Спочатку даний інтерфейс був орієнтований на протокол NetBEUI, що фактично вже не використовується. Проте велика популярність NetBIOS привела до того, що була введена підтримка даного інтерфейсу і у протокол TCP/IP. Крім того, знати інтерфейс NetBIOS корисно ще й тому, що всі імена у мережі є іменами NetBIOS. Інтерфейс NetBIOS оснований на використанні єдиної функції Netbios, що має один параметр – вказівник на структуру типу NCB. Дана структура використовується для задання команд, режимів, параметрів і даних роботи функції Netbios.

Сьомий і восьмий розділи присвячено сучасному інтерфейсу програмування мережевих програм (*network applications*) – Winsock. Winsock – це не протокол, а інтерфейс прикладного програмування мережевих взаємодій, реалізований на всіх платформах Windows. У даних розділах описано характеристики протоколів, що підтримуються Windows і, у свою чергу, підтримують інтерфейс Winsock. Описано режими сокетів, алгоритм встановлення з'єднання та функції, необхідні для встановлення з'єднання і виконання обміну, а також моделі введення-виведення.

У кожному розділі наводяться приклади програм, що демонструють використання відповідних технологій та контрольні питання для самоперевірки. У текстах програм зустрічається символ ↵. Цей символ позначає перенесення рядка програми на Visual C++ з метою форматування тексту у Microsoft Word.

Для самостійної роботи з вивчення мережевого програмування за допомогою даного посібника бажано мати доступ до комп'ютерної мережі і можливість виконувати програми хоча б на двох комп'ютерах у мережі, а також відповідний дозвіл або права адміністратора. Проте, можна виконувати мережеві програми і на одному комп'ютері. Для цього потрібно у програмах вказувати локальну адресу (*local address*). На комп'ютері повинна бути встановлена операційна система Windows 98 або більш високої версії. Крім того, повинно бути встановлене середовище програмування Visual Studio 6.0 або більш високої версії. Якщо на комп'ютері встановлені програми чи працюють служби, що обмежують можливість обміну інформацією у мережі, то потрібно зняти ці обмеження за допомогою встановлення відповідних параметрів або тимчасово відключити обмежувальні програмні засоби.

ВСТУП

Мережеве програмування є однією з центральних задач при розробці бізнес-програм, оскільки потреба в ефективній і безпечній взаємодії різних комп'ютерів, що знаходяться в одній будівлі або розкидані по всьому світу, залишається основною для успішної діяльності більшості організацій.

З самого початку технології мережевого програмування були орієнтовані на використання у UNIX-подібних операційних системах. Широке використання операційної системи Windows і зростання ролі комп'ютерних мереж змусило Microsoft розробити інструментарій мережевого програмування (*network programming*) для своєї операційної системи. Слід відзначити, що свої засоби мережевого програмування Microsoft свідомо розробляла схожими на вже відомі в UNIX. Це розумна політика лідера інформаційного ринку, що дозволила значно спростити перенесення мережевих програм з однієї операційної системи на іншу.

У даному посібнику описані основні технології мережевого програмування, доступ до яких надає бібліотека WinAPI. Бібліотека WinAPI є основним інструментальним засобом Microsoft, призначеним для створення ефективних Windows-програм. Всі технології більш високого рівня, такі як MFC, DOT NET базуються на даній бібліотеці. Тому освоєння принципів використання WinAPI дозволить не тільки створювати високоефективні програми, але й краще розуміти концепцію і особливості мережевого програмування технологій більш високого рівня.

При розробці мережевих програм Windows найчастіше використовуються сокети, проте для ефективної організації обміну інформацією між комп'ютерами потрібно вміти використовувати також інші програмні засоби мережевого програмування. У даному посібнику розглянуто основний набір таких засобів, що надається фірмою Microsoft у рамках середовища програмування Visual C++. Для обміну інформацією між комп'ютерами Microsoft надає такі основні засоби: перенаправлювач, поштові скриньки (*mailslots*), іменовані канали (*named pipes*), інтерфейс прикладного програмування NetBIOS, інтерфейс прикладного програмування WINSOCK. Кожен з цих засобів ефективний у відповідних випадках – саме тому Microsoft внесла їх всіх до Visual Studio.

Перенаправлювач є основною складовою (*basic component*) набору засобів Windows, що відповідає за роботу з дисками, файлами і папками на віддалених комп'ютерах. Перенаправлювач працює над транспортними протоколами і здійснює перенаправлення запитів файлової системи на віддалений комп'ютер, забезпечуючи при цьому досить ефективний механізм захисту від несанкціонованого доступу (*access protection*), оснований на дескрипторах безпеки. Це дозволяє програмам використовувати для доступу до файлів через мережу і роботи з ними звичайні API-функції для роботи з файлами (типу CreateFile, ReadFile і WriteFile). У даному посібнику докладно розглядається використання перенаправлювача для передавання запитів введення-виведення (*input-output query*) на віддалені пристрої (*removed devices*) (саме на цьому заснований зв'язок у технологіях поштових скриньок і іменованих каналів). Перенаправлювач – найбільш простий механізм, ефективний у випадках, коли не потрібно підтримувати надійний обмін і забезпечувати цілісність передаваної інформації.

Поштові скриньки використовують перенаправлювач і є засобом швидкого одностороннього обміну (*one-directional exchange*) інформацією за рахунок можливості записування її у спеціально створений розділ пам'яті віддаленого комп'ютера. Цей розділ і називається, власне, поштовою скринькою. Поштові скриньки реалізують клієнт-серверну архітектуру і дозволяють клієнтському процесу передавати повідомлення одному чи декільком серверним процесам. Вони також дозволяють передавати повідомлення між процесами на тому самому комп'ютері чи на різних комп'ютерах у мережі.

Розробка програм, що використовують поштові скриньки, не вимагає знання таких мережевих транспортних протоколів (*network transport protocols*), як TCP/IP чи IPX. Оскільки поштові скриньки засновані на архітектурі широкомовлення (*broadcasting architecture*), вони не гарантують надійне передавання даних, але корисні, коли доставка даних не є життєво важливою.

Іменовані канали (*named pipes*) також використовують перенаправлювач. Вони надають можливість двостороннього як синхронного, так і асинхронного обміну інформацією. Розробка програм, що працюють з іменованими каналами, не є складною і не вимагає

особливих знань механізму роботи основних мережових протоколів (network protocols) (таких як TCP/IP або IPX). Деталі роботи протоколів приховані від програми, оскільки для обміну даними між процесами через мережу іменовані канали використовують перенаправлювач мережі Microsoft. До прикладів використання іменованих каналів можна віднести розробку системи керування даними, що дозволяє виконувати трансакції тільки певній групі користувачів.

Інтерфейс NetBIOS надає можливість швидкого і надійного обміну інформацією. Network Basic Input/Output System (NetBIOS) – стандартний інтерфейс прикладного програмування (*application programming interface, API*), розроблений Sytek Corporation для IBM у 1983 р. NetBIOS визначає програмний інтерфейс для мережевого зв'язку, але не обумовлює фізичний спосіб передавання даних мережею. У 1985 р. IBM спробувала сформувати цілісний протокол – створила NetBIOS Extended User Interface (NetBEUI), інтегрований з інтерфейсом NetBIOS. Програмний інтерфейс NetBIOS незабаром набув такої популярності, що постачальники програмного забезпечення почали реалізовувати його для інших протоколів, таких як TCP/IP і IPX/SPX. У даний час NetBIOS використовують платформи і програми в усьому світі, а також компоненти Windows.

Сокети є сучасним ширококорозповсюдженим інструментом мережевого програмування, що забезпечує можливість двонаправленого надійного передавання інформації у режимі встановлення зв'язку або швидкого передавання інформації без встановлення зв'язку. Інтерфейс Winsock розроблено на основі Berkeley Sockets (BSD) на платформах UNIX, що працює з багатьма мережевими протоколами. У середовищі Windows даний інтерфейс став повністю незалежним від мережових протоколів. За допомогою бібліотеки ws2-32.lib середовище програмування Visual C++ надає великий набір типів і функцій WinAPI для тонкого керування параметрами передавання інформації у мережі.

У посібнику розглянуті основні аспекти всіх перерахованих технологій мережевого програмування та наведені конкретні приклади програм, що реалізують дані технології.

ПІСЛЯМОВА

У даному посібнику описано широкий спектр технологій прикладного мережевого програмування в операційній системі Windows. Розглянуто перенаправлювач, поштові скриньки, іменовані канали та інтерфейс NetBIOS. Найбільшу увагу приділено інтерфейсу мережевого програмування Winsock.

Надано інформацію про перенаправлювач Windows, який дозволяє програмам одержувати доступ мережею до ресурсів файлової системи Windows. Описано, як за допомогою перенаправлювача здійснюється обмін інформацією у мережі і як при цьому використовується система безпеки Windows.

Розглянуто принципи мережевого програмування з використанням поштових скриньок. Розглянуто переваги і недоліки даного підходу.

Детально розглянуто використання технології іменованих каналів для мережевого програмування. Технологія іменованих каналів надає просту архітектуру "клієнт-сервер" для надійного передавання даних з використанням перенаправлювача Windows. Основна перевага іменованих каналів полягає у тому, що вони дозволяють скористатися вбудованими можливостями захисту операційної системи Windows.

Розглянуто основи NetBIOS – потужного прикладного інтерфейсу мережевого програмування. Одна з його сильних сторін – незалежність від протоколу: програми можуть працювати через протоколи TCP/IP, NetBEUI, IPX/SPX та інші. NetBIOS дозволяє здійснювати обмін як із встановленням логічного з'єднання, так і без нього. Значна перевага NetBIOS перед сокетом – єдиний спосіб вирішення і реєстрації імен. Програма NetBIOS потребує тільки імені NetBIOS, тоді як програма Winsock, реалізуючи різні протоколи, повинна знати схему адресації кожного з них.

Найбільшу частину посібника присвячено популярній технології мережевого програмування – сокетам. У рамках створення WinAPI-програм розглянуто технологію Winsock. Winsock – це інтерфейс прикладного програмування мережевих взаємодій, реалізований на всіх платформах Windows. Інтерфейс Winsock розроблено на основі Berkeley (BSD) Sockets на платформах UNIX, що працює з багатьма мережевими протоколами. У середовищі Windows даний інтерфейс став повністю незалежним від мережевих протоколів. У розділі, присвяченому сокетам, описано характеристики протоколів, що підтримуються Windows і, у свою чергу, підтримують інтерфейс Winsock. Описано режими сокетів, алгоритм

встановлення з'єднання та функції, необхідні для встановлення з'єднання і виконання обміну. При написанні даного посібника використано матеріали з [1, 2].

Microsoft продовжує розвивати технології мережевого програмування. У рамках програмного середовища Visual C++ запропоновано класи сокетів MFC. Бібліотека MFC є об'єктно-орієнтованою надбудовою над WinAPI, призначеною для спрощення програмування за рахунок використання класів, що інкапсулюють функції більш високого рівня. У MFC сокет – це об'єкт відповідного класу. Існує два класи сокетів MFC: CAsyncSocket і похідний від нього CSocket. Клас CAsyncSocket містить функції, що виконують обмін інформацією між комп'ютерами у асинхронному режимі, а клас CSocket призначений для обміну у синхронному режимі. Детальнішу інформацію про технологію програмування за допомогою сокетів MFC можна отримати у [3, 4].

Програмування за допомогою сокетів в UNIX-подібних системах описано у [5]. Для професійного програмування мережевого обміну інформацією потрібно більш детальне вивчення будови мереж. Для цього можна порекомендувати [3].

Останнім часом широкої популярності набула нова платформа програмування Microsoft, що отримала назву ".NET" (DOT NET). У рамках даної платформи спеціально для мережевого і розподіленого програмування розроблено мову C#, що є модифікацією мови C++. Тому для вивчення C# найкраще мати досвід з програмування на C++ [3]. Тим, хто знайомий з C++, для вивчення мови C# можна порекомендувати [6]. У даній книзі описана розробка програм мовою C# для платформи DOT NET, а також аспекти мережевого програмування. Для більш детального вивчення технології програмування у мережах з використанням сокетів та інших засобів платформи DOT NET можна порекомендувати [7, 8].

Даний посібник є основним для вивчення дисципліни "Прикладне програмування у комп'ютерних мережах". Проте вивчення цієї дисципліни потребує наявності базових знань як з програмного, так і з апаратного забезпечення засобів сучасної цифрової техніки. Для отримання базової підготовки існує велика кількість широко відомих літературних джерел. Для отримання знань з передових досягнень у галузі побудови засобів цифрової техніки можна запропонувати наукові роботи [9, 10, 11].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОПИС

1. Джонс Э. Программирование в сетях Microsoft Windows. Мастер-класс. / Э. Джонс, Дж. Оланд ; пер. с англ. – СПб. : Питер; М. : Издательско-торговый дом "Русская редакция", 2005. – 608 с. : ил.
2. Грегори К. Использование Visual C++ 6. Специальное издание. / К. Грегори ; пер. с англ. – К. : Диалектика, 2000. – 816 с. : ил.
3. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник. / О. Д. Азаров, С. М. Захарченко, О. В. Кадук, М. М. Орлова, В. П. Тарасенко – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 500 с.
4. Николенко Д. В. Самоучитель по Visual C++ 6.0. / Д. В. Николенко – СПб. : "Наука и техника", 2001. – 367 с. : ил.
5. Снейдер Й. Эффективное программирование TCP/IP. Библиотека программиста. / Й. Снейдер ; пер. с англ. – СПб. : "Питер", 2001. – 320 с. : ил.
6. Нэш Т. C# 2008: ускоренный курс для профессионалов. Т. Нэш ; пер. с англ. – М. : ООО "И. Д. Вильямс", 2008. – 576 с. : ил.
7. Кровчик Э. .NET. Сетевое программирование для профессионалов. / Э. Кровчик, В. Кумар, Н. Лагари и др. ; пер. с англ. – М. : Издательство "ЛОРИ", 2007. – 400 с. : ил.
8. Лёве Дж. Создание служб Windows Communication Foundation. / Дж. Лёве – СПб. : Питер, 2008. – 592 с. : ил.
9. Азаров О. Д. Повнофункціональна побітова потокова арифметика зі зменшеними витратами обладнання. : монографія / О. Д. Азаров, О. І. Черняк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 200 с.
10. Азаров О. Д. Структурна організація побітового додавання і віднімання кодів золоттої 1-пропорції із врахуванням знаків / О. Д. Азаров, О. І. Черняк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. Вінницький національний технічний університет – 2011. – № 3(22). С. 13–16.
11. Азаров О. Д. Метод побудови швидкодіючих фібоначчівських лічильників / О. Д. Азаров, О. І. Черняк // Проблеми інформатизації та управління – 2014. – № 2(46). – С 5–8.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Азаров Олексій Дмитрович
Черняк Олександр Іванович
Савицька Людмила Анатоліївна**

ПРИКЛАДНЕ ПРОГРАМУВАННЯ У КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено О. Черняком

Підписано до друку
Формат 29,7×42 ¼ . Папір офсетний.
Гарнітура TimesNewRoman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад 75 пр. Зам. № 2016-

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432)59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.