


УДК 004.715

## Застосування технологій CIDR та VLSM для планування адресної системи мережі

I. С. Бобрікова , Т. М. Барабаш

Одеська Національна Академія Харчових технологій

 e-mail: bobrikova.irina@gmail.com

*В роботі проводилося дослідження спільного використання технологій CIDR та VLSM для планування адресної системи мережі. Використання протоколу CIDR дозволяє скоротити число записів у таблицях маршрутизації. Маска підмережі змінної довжини дозволяє більш ефективно використовувати виділений організації адресний простір протоколу IP. Успіх впровадження маски підмережі змінної довжини залежить від виконання трьох основних умов: протокол маршрутизації повинен переносити інформацію про маску підмережі в кожному повідомленні, всі маршрутизатори повинні підтримувати алгоритм передачі, заснований на технології «найбільшого збігу» (longest match), і IP адреси треба присвоювати відповідно до топології мережі. У роботі вивчалися особливості розрахунків точного розміру IP мережі за допомогою масок для ефективного використання адресного простору протоколу IPv4 та для зменшення кількості записів в таблицях маршрутизації. Для порівняння налаштовувалися різні протоколи маршрутизації: RIPv1, RIPv2, OSPF і EIGRP. Було промодельовано декілька варіантів схем з застосуванням протоколів CIDR та VLSM та проаналізовано переваги, які вони дають. Були відмічені особливості розрахунків по технології VLSM для ефективного використання адресного простору протоколу IPv4 та протоколу CIDR для зменшення кількості записів в таблицях маршрутизації. По результатам роботи були написані методичні вказівки для лабораторної роботи для студентів спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі». Моделювання виконувалось у середовищі Cisco Packet Tracer.*

**Ключові слова:** Протокол IPv4, Безкласова міждоменна маршрутизація; Маска підмережі змінної довжини.

© The Author(s) 2018. This article is an open access publication

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



### 1. Вступ

Класова IP адресація, навіть з використанням підмереж, не може задовольнити вимогу по масштабованості для Інтернет-співтовариства. Вже на початку 90-х років майже всі мережі класу B були розподілені. Додавання в Інтернет нових мереж класу C приводило до значного зростання таблиць маршрутів і перевантаженню маршрутизаторів. Використання безкласової адресації дозволило значною мірою вирішити виниклі проблеми.

Концепція безкласової міждоменної маршрутизації (Classless Inter - Domain Routing, CIDR) була офіційно документована у вересні 1993 року в RFC 1517, RFC 1518, RFC 1519 і RFC 1520. Її поява була викликана частими кризами в мережі Internet. Через недосконалість протоколів маршрутизації обмін повідомленнями про оновлення таблиць приводив до збоїв магістральних маршрутизаторів через перевантаження їх ресурсів при обробці великого обсягу службової інформації. Впровадження протоколу CIDR скоротило число записів у таблицях маршрутизації більш ніж вдвоє.

Дана технологія дозволяє реалізувати дві нові, не підтримувані раніше можливості:

– Відхід від традиційної концепції поділу адрес протоколу IP на класи. Це дозволяє більш ефективно

використовувати адресний простір протоколу IP версії 4.

– Об'єднання маршрутів. Обсяг маршрутної інформації в магістральних маршрутизаторах мережі Internet знижується за рахунок того, що один запис в таблиці маршрутизації може представляти сотні адрес.

Протокол CIDR дозволяє використовувати замість традиційних класів адрес протоколу IP узагальнений мережний префікс. Він служить для визначення кордону між номером мережі і номером хоста в IP-адресі (замість перевірки перших трьох байтів адреси для визначення його класу). Внаслідок цього дана технологія підтримує організацію мереж довільного розміру замість мереж зі стандартними мережними номерами, асоційованими з відповідними класами адрес.

Сукупність привласнених однією адресою масок підмереж можна визначити як маску підмережі змінної довжини (VLSM).

Маска підмережі змінної довжини дозволяє більш ефективно використовувати виділений організації адресний простір протоколу IP.

Методологія «найбільшого збігу» зводиться до наступного правила: маршрут в таблиці маршрутизації з довгим розширеним мережними префіксом описує менший набір одержувачів, ніж той же маршрут з коротким розширеним мережними префіксом. В

результаті маршрутизатор повинен вибирати при передачі трафіку маршрут з найдовшим розширеним мережним префіксом.

Сучасні протоколи маршрутизації, такі як OSPF і IS-IS, дозволяють використовувати маску підмережі змінної довжини. Це досягається за рахунок передачі маски підмережі в кожному повідомленні про оновлення маршрутів, так що кожна підмережу можна рекламувати з відповідною маскою.

## 2. Огляд останніх джерел досліджень і публікацій

Протокол *IP* і проблеми *IP*-адресації вивчало багато дослідників, наприклад: К. Пакет, Д.Тір, К.М. Бюхлер, Д. Пінгл, Й. Снейдер, В.Г. Оліфер, Н.А. Оліфер, М.В.Дібров, І. Руденко, Х. Остерлох, М.В. Кульгін та інші.

Технічний документ *RFC-791* [1] присвячений повному опису протоколу *IP*, який забезпечує передачу блоків даних, названих дейтаграмами між відправником та одержувачем. Проте протокол *IP* не виключає можливість втрати даних, оскільки в протоколі відсутні механізми підвищення достовірності передачі даних.

У роботі [10] розглядається методи для ідентифікації кінцевих пристроїв у мережі та проблеми які це спонукають. Головним рішенням для ідентифікації є присвоєння адреси як мережі, так і пристроям у цій мережі. Ця адреса розбивається на дві частини. Перша частина адреси ідентифікує мережу, в якій розташовується пристрій. Друга частина однозначно ідентифікує сам пристрій. Така схема створює дворівневу адресну ієрархію. Зі збільшенням кількості користувачів виникав дефіцит номерів адрес мереж при необхідності їх збільшення і ріст таблиць маршрутизації

Згідно [11], методами для вирішення проблем недостатці адрес и збільшення кількості записів в таблицях є:

1. Маски підмереж – використовуються для добавлення додаткового рівня ієрархії у *IP*-адресу, за допомогою чого збільшується кількість мережеских адрес, які можна отримати з однієї *IP*-адреси.

2. Розподіл адрес приватних мереж – такому випадку замість *IP*- адреси, пов'язаних з мережевою картою, компанії можуть використовувати приватні *IP*-адреси.

3. Трансляція мережеских адрес – дозволяє організації підключатися до *Internet* з використанням адреси, пов'язаної з мережевою картою, не вимагаючи при цьому перепризначення приватних адрес, які вже існують.

4. Ієрархічна адресація – це застосування структури адреси таким чином, що для групових адрес використовуються самі ліві біти.

5. Маски підмереж змінної довжини (англ. *Variable-Length Subnet Mask, VLSM*) – забезпечують багаторівневу *IP*-адресацію підмережі в одній мережі.

6. Безкласова міждомена маршрутизація (англ. *Classless Inter Domain Routing, CIDR*) – припускає розміщення адрес, яких бракує для *ISP IP*-адресу в суміжних блоках з урахуванням географії.

Згідно [9], найефективнішими методами для вирішення проблем, які спонукають *IP*- адресацію є технологія *CIDR* і технологія *VLSM*.

Документ [5] формулює, яким чином в мережах, що складаються з декількох підмереж, можна використовувати більше однієї маски підмережі. У ситуації, коли в розподіленій *IP*-мережі призначається декілька масок підмереж, вона розглядається як мережа з масками підмереж змінної довжини, так як в цьому випадку розширені мережескі префікси в різних подсетях мають різну довжину.

Дослідник Кульгін М.В. у своїй роботі [10] проводить розподілення адресного простору для префіксу /22. В ході розподілення явно видно, що застосування єдиної маски підмережі істотно впливає на ефективність використання адресного простору, адже номер і розмір під мережі фіксовані.

В роботі [6] автор добре показав приклад рекурсивного розподілення підмереж, розробив стратегію виділення підмереж, виділення під мереж для однієї адреси і об'єднання маршрутів за допомогою *VLSM*. В ході проведеної роботи виявилися обов'язкові вимоги, для вдалого впровадження маски під мережі змінної довжини:

- протокол маршрутизації повинен переносити інформацію про маску підмережі в кожному повідомленні;

- всі маршрутизатори зобов'язані підтримувати алгоритм передачі, що ґрунтується на технології найбільшого збігу (*longestmatch*);

- адреси повинні присвоюватися відповідно до існуючої топологією мережі.

В роботах [9, 11] розгорнуто представлені переваги використання *VLSM*:

- ефективний розподіл адресних блоків;

- можливість використання підсумованих маршрутів;

- невелике число записів у таблицях маршрутизації;

- більш ефективна маршрутизація;

- використання значно менших обчислювальних можливостей маршрутизатора ;

- швидка збіжність мережі при змінах в її структурі;

- спрощений пошук і усунення помилок.

Значний внесок у розвиток технології *CIDR* зробили американські вчені, а саме: *Robert M. Hinden*, який досліджував проблему недостатці *IP*-адрес і розробив документ *RFC-1517* «Заява про застосовність для реалізації безкласової доменної маршрутизації *CIDR*» [2]; *Yakov Rekhter* розробив *RFC-1518* «Архітектура розподілу *IP*-адрес для *CIDR*» [3]; *Vince Fuller, Tony Li, Jessica (JieYun) Yu, Kannan Varadhan* які розробили *RFC-1519* [4].

## 3. Постановка завдання

Метою даної роботи є дослідження та аналіз сумісної роботи технологій *CIDR* та *VLSM* за допомогою створення моделі мережі у програмі *Cisco Packet Tracer*. В даному прикладі на роутерах налаштований протокол динамічної маршрутизації *EIGRP*.

*CIDR* дозволяє маршрутизаторам агрегувати або підсумовувати інформацію про маршрути. Вони роблять це шляхом використання маски замість класів адрес для визначення мережної частини *IP* адреси. Це скорочує розміри таблиць маршрутів, так як використовується лише одна адреса і маска для представлення маршрутів до багатьох підмереж.

Без *CIDR* і агрегації маршрутів маршрутизатор повинен містити індивідуальну інформацію для всіх підмереж.

*Supernetting* це практика використання бітової маски для угруповання декількох класових мереж у вигляді одної мережної адреси. *Supernetting* бере біти з мережної порції маски, а *subnetting* бере біти з порції маски, що відноситься до хосту. *Supernetting* і агрегування маршрутів є інверсним поняттям стосовно *subnetting*.

Для роботи *CIDR* необхідне виконання трьох основних умов:

1. протокол маршрутизації повинен у своїх службових повідомленнях передавати додаткову інформацію про мережний префікс;
2. всі маршрутизатори повинні підтримувати алгоритм передачі відповідно до принципу «найбільшого збігу»;
3. для виконання об'єднання маршрутів адреси повинні присвоюватися відповідно до наявної мережної топології

Якщо адреси не відповідають топології, то узагальнення адресної інформації не може бути

виконано, і розмір таблиць маршрутизації не буде зменшуватись. Цей постулат є основоположним при розгляді технології безкласової маршрутизації (*CIDR*).

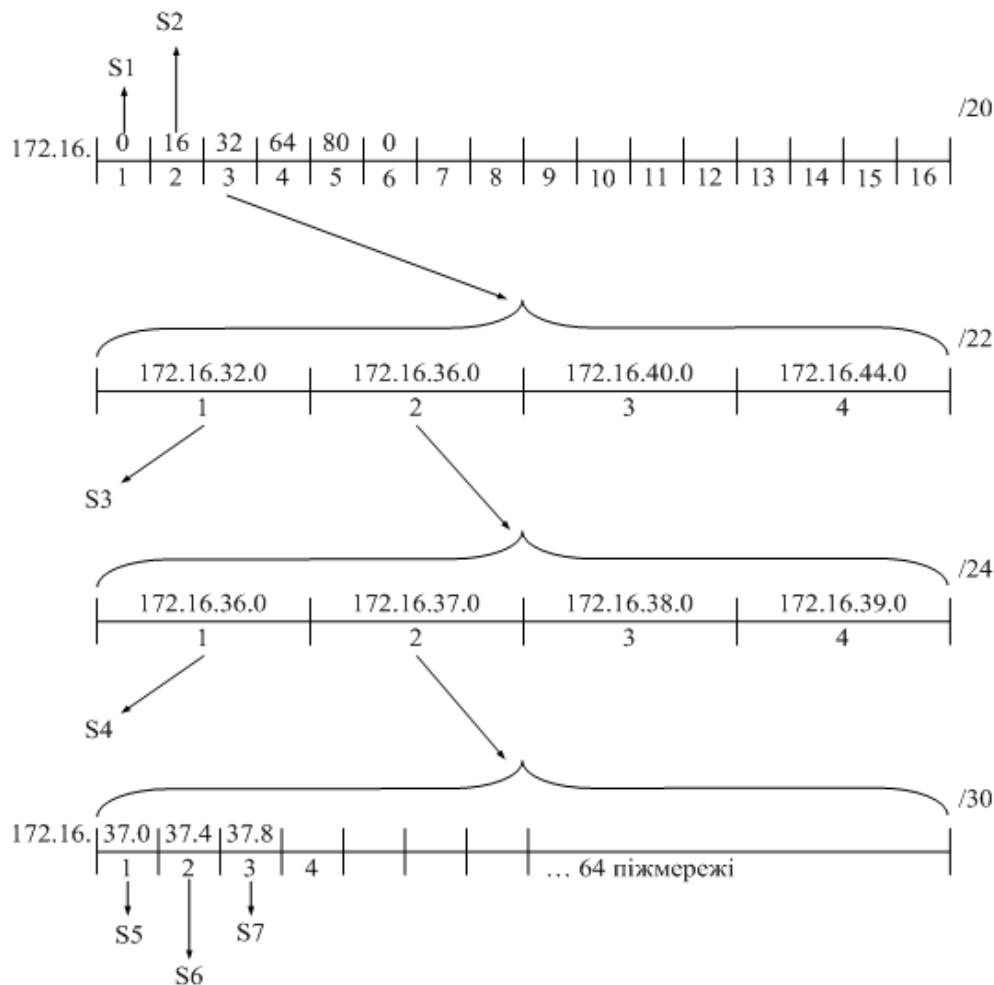
#### 4. Основний матеріал і результати

Перед провайдерами завжди стоїть завдання виділяти адресний простір своїм клієнтам. І зазвичай клієнтові потрібно виділити стільки адрес, скільки він вимагає. Тобто провайдер повинен з того адресного простору, яке він отримав в своє розпорядження від провайдера більш високого рівня, вміти "нарізати" блоки адрес в точній відповідності з вимогами кожного клієнта.

Нехай у провайдера є мережа класу В 172.16.0.0/16. Він повинен "нарізати" з неї блоки для чотирьох клієнтів, двом по 3000 адреса, одному тисячі і одному 200 адрес. Таким образом, вихідний адресний простір треба розбити на нерівні частини: S1 3000h, S2 3000h, S3 1000h, S4 200h. Крім того, між маршрутизаторами треба використовувати «вироджені мережі» по 2 хоста.

Рішення:

Вихідна мережа 172.16.0.0/16. Нам потрібно в двох підмережах мати по 3000 хостів. Для цього використовуємо префікс маски 20. Тобто до вихідної масці (з префіксом 16) потрібно додати 4 одиниці. На рисунку 1 зображена схема поділу адресного простору мережі на підмережі для організацій.



**Рисунок 1** – Схема поділу адресного простору мережі на підмережі

Додатковими чотирма одиницями ми розбиваємо вихідний адресний простір на 16 рівних частин:

Розглянемо третій байт: маска 11110000

адреса 00000000	0	Вся адреса	172.16.0/20
00010000	6		172.16.16.0/20
00100000	32		172.16.32.0/20
00110000	48		172.16.48.0/20

Дві з цих 16 підмереж видаємо організаціям S1 і S2.

А підмережу 172.16.32.0/20 розділимо таким чином, щоб організації S3 дісталася 1000 адрес. 1000 адрес відповідає префіксу 22. Це означає, що до маски 20 потрібно додати ще 2 одиниці. Тобто мережа 172.16.32.0/20 буде розділена на 4 рівні частини.

Розглянемо третій байт: маска 11111100

адреса 00100000	32	Вся адреса	172.16.32.0/22
00100100	36		172.16.36.0/22
00101000	40		172.16.40.0/22
00101100	44		172.16.44.0/22

З цих 4 підмереж адресу 172.16.32.0/22 видаємо організації S3.

Організації S4 потрібно 200 адрес, тому їм можна віддати мережа класу С.

Розіб'ємо підмережу 172.16.36.0/22 на 4 підмережі класу С додавши 2 одиниці до префіксу 22:

Розглянемо третій байт: маска 11111111

адреса 00100100	36	Вся адреса	172.16.36.0/24
00100101	37		172.16.37.0/24
00100110	38		172.16.38.0/24
00100111	39		172.16.39.0/24

З цих 4 підмереж адресу 172.16.36.0/22 видаємо організації S4. Для «вироджених» мереж між маршрутизаторами використовуємо простір 172.16.37.0/24, розбивши його на 64 підмережі, додавши 6 одиниць до четвертого байту маски.

Розглянемо четвертий байт: маска 11111100

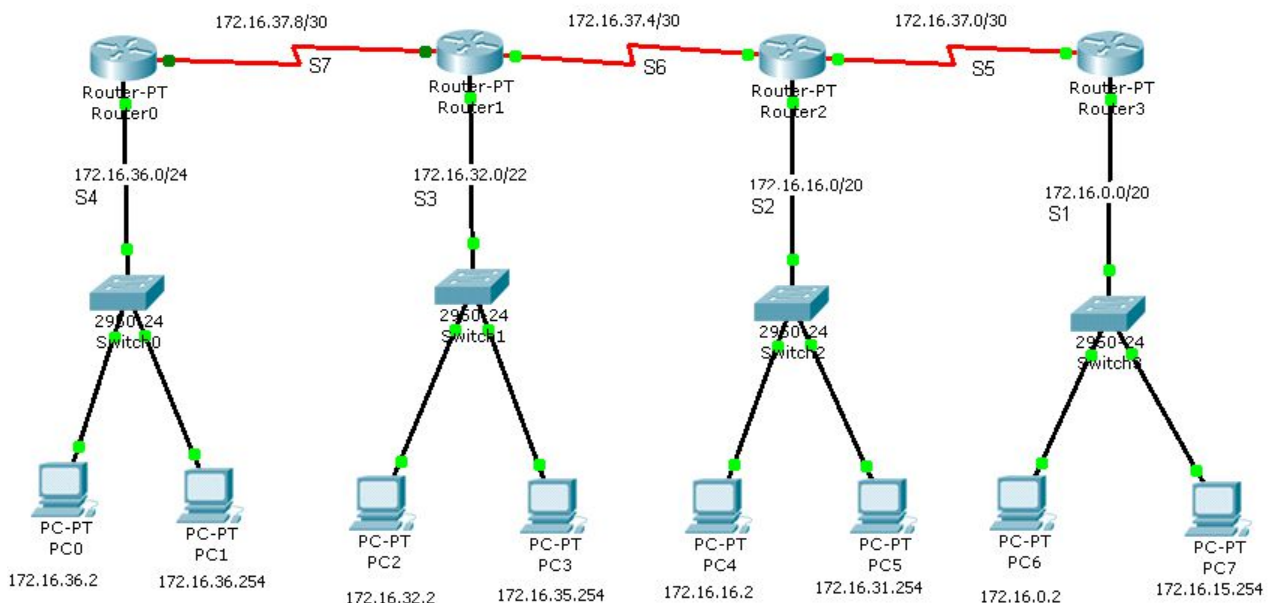
адреса 00000000	36	Вся адреса	172.16.37.0/30
00000100	37		172.16.37.4/30
00001000	38		172.16.37.8/30
00001100	39		172.16.37.12/30

Використовуємо перші 4 підмережі з приведеного списку: 172.16.37.0/30, 172.16.37.4/30 і 172.16.37.8/30. В таблиці 3.4 приведений список IP-адрес для кожної підмережі.

Згідно таблиці 1 збираємо мережу (рисунок 2).

**Таблиця 1** – Список IP-адрес для кожної підмережі організації

Кількість хостів	IP-адреса мережі	Діапазон адрес	Broadcast	Маска	Префікс маски
S1:3000h	172.16.0.0	172.16.0.1-172.16.15.254	172.16.15.255	255.255.240.0	/20
S2: 3000h	172.16.16.0	172.16.16.1 -172.16.31.254	172.16.31.255	255.255.240.0	/20
S3: 1000h	172.16.32.0	172.16.32.1 –172.16.35.254	172.16.35.255	255.255.252.0	/22
S4: 200h	172.16.36.0	172.16.36.1-172.16.36.254	172.16.36.255	255.255.255.0	/24
S5: 2h	172.16.37.0	172.16.37.1 -172.16.37.2	172.16.37.3	255.255.255.252	/30
S6: 2h	172.16.37.4	172.16.37.5 –172.16.37.6	172.16.37.7	255.255.255.252	/30
S7: 2h	172.16.37.8	172.16.37.9 –172.16.37.10	172.16.37.11	255.255.255.252	/30



**Рисунок 2** – Схема підмереж, організованих провайдером для своїх клієнтів

```

Команди первинного налаштування Router0
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per
line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface Serial2/0
Router(config-if)#ip address 172.16.37.9
255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
clock rate 64000
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface FastEthernet0/0
Router(config-if)#ip address 172.16.36.1
255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Команди налаштування мережі на Router0
Router0(config)#router eigrp 1
Router0(config-router)#network
172.16.37.8
Router0(config-router)#network
172.16.36.0

```

**Висновки**

У результаті проведеної роботи були змодельовані схеми комп'ютерних мереж, в яких було проведено розрахунок IP-адресації та накладення його на структуру мережі. Були відмічені особливості таких розрахунків для ефективного використання адресного простору протоколу IPv4 та для зменшення кількості записів в таблицях маршрутизації.

По результатам роботи були написані методичні вказівки для лабораторної роботи для студентів спеціальності «комп'ютерні системи та мережі».

Сьогодні Інтернет досяг неймовірних масштабів в своєму розвитку, швидкість появи інновацій та інструментів для обміну даними неухильно зростає. Інтернет речей - це концепція, що об'єднує через інтернет будь-які фізичні об'єкти - від будинку до ключів, які можуть спілкуватися між собою без участі людини. Тому розвиток комп. мереж і вдосконалення мережевих протоколів - це шлях до технологічного суспільства, яке стоїть напередодні четвертого етапу

розвитку Інтернету, який носить назву «Всеохоплюючий Інтернет» (IoE).

**Література**

1. RFC-791 – Протокол IP [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rfc.com.ru>
2. RCF-1517 – Заява про застосовність для реалізації безкласової доменної маршрутизації CIDR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rfc.com.r>
3. RCF-1518 – Архітектура розподілу IP-адрес для CIDR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rfc.com.ru>
4. RCF-1519 – Безкласова міждоменна маршрутизація (CIDR): Виділення адрес і стратегія агрегування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rfc.com.ru>
5. RCF-1009 – Вимоги до інтернет-шлюзів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tools.ietf.org>.
6. Бескласовая адресация CIDR. Применение маски подсети переменной длины VLSM. Постепенное погружение. Часть I-III [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://alterego.ucoz.org>.
7. Остерлох Х. Маршрутизация в IP-сетях. Принципы, протоколы, настройка; пер. с англ. СПб: ООО "ДиаСофтЮП", 2002. – 512 с.
8. Вопросы оценки управления маршрутами в производительности сети [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mcp1971.livejournal.com/9593.html>.
9. Мазур А.С., Овчинников А.Л. Исследование Методов Маршрутизации. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ea.donntu.edu.ua>.
10. Кульгин М.В. «Компьютерные сети. Практика построения. Для профессионалов» (2-ое изд.); Питер 2013.
11. Кэтрин Пакет, Дайана Тир «Создание масштабируемых сетей Cisco», 2012; пер. с англ. – С.Н.Воронина, ИД «Вильямс» 2014.

Отримана в редакції 09.01.2018, прийнята до друку 07.02.2018

## Application of CIDR and VLSM technologies for planning the address network system

**I. Bobrikova, T. Barabash**

Odesa National Academy of Food Technologies, 112 Kanatna str., Odesa, 65039, Ukraine

*In this work a study was conducted on the sharing of CIDR and VLSM technologies for network addressing. Using the CIDR protocol reduces the number of entries in the routing tables. A variable-length subnet mask allows you to more effectively use the allocated IP address space. The success of the implementation of a variable-length subnet mask depends on three basic conditions: the routing protocol must transfer the subnet mask information in each message; all routers must support the longest match based transmission algorithm and IP addresses must be assigned accordingly to the topology of the network. In this paper, features of calculating the exact size of the IP network using masks were studied for efficient use of the IPv4 protocol address space and for reducing the number of entries in the routing tables. For comparison, different routing protocols were configured: RIPv1, RIPv2, OSPF and EIGRP. Several*

*variants of the schemes have been modeled using CIDR and VLSM protocols, and analyzed the benefits that they provide. VLSM calculations were especially noted for efficient use of IPv4 address space and CIDR protocol to reduce the number of entries in the routing tables. According to the results of the work, methodical instructions for laboratory work for students of the specialty "computer systems and networks" were written. Simulation was performed in the Cisco Packet Tracer environment.*

**Key words:** *IPv4 protocol, Classless cross-domain routing; Variable length subnet mask.*

## References

1. RFC-791 - Protocol IP [Electronic resource]. - Mode of access: <http://rfc.com.ru>
2. RCF-1517 - Statement of applicability for the implementation of non-classroom domain routing CIDR [Electronic resource]. - Access mode: <http://rfc.com.r>:
3. RCF-1518 - IP Distribution Architecture for CIDR [Electronic Resource]. - Mode of access: <http://rfc.com.ru>
4. RCF-1519 - Class-Free Inter-Domain Routing (CIDR): Addressing Out and Aggregation Strategy [Electronic Resource]. - Mode of access: <http://rfc.com.ru>.
5. RCF-1009 - Requirements for Internet gateways [Electronic resource]. - Access mode: <http://tools.ietf.org>.
6. Classless CIDR addressing. Applying VLSM variable length subnet mask. Gradual immersion. Part I-III [Electronic resource]. Access mode: <http://alterego.ucoz.org>.
7. Osterloch X. Routing in IP networks. Principles, protocols, setup; per. from english SPb: "DiasoftUp" Ltd, 2002. - 512 p.
8. Routing Management Evaluation Questions in Network Performance [Electronic Resource]. - Access mode: <http://mcp1971.livejournal.com/9593.html>.
9. Mazur AS, Ovchinnikov AL Study of Routing Methods. [Electronic resource]. - Access mode: <http://ea.donntu.edu.ua>.
10. Kulgin M.V. "Computer networks. Construction practice. For Professionals "(2nd ed.); Peter, 2013
11. Katherine Packet, Diane Tire, "Creating Scalable Cisco Networks", 2012; per. from english - SN Voronina, Williams ID 2014.

---

Received 09 January 2018  
Approved 02 February 2018  
Available in Internet 27 February 2018