

Лекція 5.

Тема. Мережеве забезпечення глобальних систем обробки та обміну інформацією.

Розділ. Структура протокола мережевого рівня на прикладі протокола IP.

План лекції:

- 4.1. Структурні елементи протоколів TCP/IP
 - 4.1.1. Адресація.
 - 4.1.2. Достовірність та гарантованість.
 - 4.1.3. Синхронізація.
 - 4.1.4. Інформативність.
- 4.2. Місце протоколу IP в моделі OSI.
- 4.3. Структура протоколу IPv4.

4.1. Структурні елементи протоколів TCP/IP.

Всі протоколи стеку TCP/IP виконують свої функції шляхом реалізації певних елементів, які можна розділити за такими головними ознаками:

Адресація.

Елементи адресації розділяють пакет на адресну інформацію та решту. Елементи адресації дозволяють виділити адреси відправника та отримувача пакета, а також можуть вказувати, до якого протоколу вищого рівня повинен бути направлений пакет для подальшої обробки (наприклад, містить номер порта протоколу вищого рівня).

Достовірність та гарантованість.

Достовірність передачі інформації, сформованої у фрагменти (логічно неподільні елементи даних – кадри, пакети, сегменти) забезпечується використанням контрольних сум, прапорців послідовності прийому/передачі, ідентифікаторів кадрів, пакетів тощо. Гарантованість передачі інформації забезпечується елементами встановлення сеансу, виявлення та відкидання або виправлення пошкоджених фрагментів, сортування фрагментів у послідовність, яка співпадає з послідовністю їх відправлення відправником, усунення дубльованих фрагментів.

Синхронізація.

Синхронізація передачі фрагментів забезпечується в першу чергу дотриманням форматів, які описуються міжнародними стандартами RFC (англ. Request for Comments, серія пронумерованих документів Інтернета). Правами на всі документи RFC володіє ISOC (англ. Internet Society)- міжнародна некомерційна професійна організація, що займається розвитком та забезпеченням доступності мережі Інтернет. Крім того, до елементів

синхронізації належать такі елементи, як час життя фрагменту, прапорець послідовності прийому/передачі, елементи фрагментації – початок, кінець та позиція фрагменту у потоці, елемент ідентифікації фрагменту, що дає можливість будувати правильну послідовність фрагментів.

Інформативність.

Елементи інформативності забезпечують відповідність реалізацій версій протоколів, пріоритетність обробки фрагментів, призначення напряму подальшої обробки фрагментів протоколами вищих рівнів та інше.

Як видно деякі елементи виконують подвійні функції, наприклад, забезпечення синхронізації та достовірності тощо.

Протоколи стеку TCP/IP реалізують всі, або частину цих елементів. Використання вказаних елементів можна побачити на прикладі протоколів IP та TCP.

4.2. Місце протоколу IP в моделі OSI.

Протокол IP відноситься до маршрутизуємих протоколів мережевого рівня моделі OSI. Протокол IP використовується для негарантованої доставки даних, загорнутих у пакети, від одного вузла мережі до другого. Це означає, що протокол IP не містить елементів достовірності, що гарантують надійну доставку пакетів до адресата, пакети можуть досягати адресата не обов'язково у тій послідовності, яка формується відправником, можуть дублюватися, бути пошкодженими або зовсім не прийти до адресата. Гарантію доставки пакетів IP протокола до адресатів забезпечують протоколи транспортного рівня, зокрема TCP.

4.3. Структура протоколу IPv4.

Зміщення в бітах	0-3	4-7	8-13	14-15	16-18	19-31
32 бітн.слів						
1	Версія	Розмір заголовка	Differentiated Services Code Point (Стара назва Тип Обслуговування)	Explicit Congestion Notification	Розмір пакета (2 байта)	
2	Ідентифікатор (2 байта)				Прапорці	Зміщення фрагменту
3	Час життя (байт)		Протокол (байт)		Контрольна сума заголовка (2 байта)	
4	Адреса відправлення (4 байта)					
5	Адреса призначення (4 байта)					
6 - 15	Додаткові параметри (ціле число 32 бітних слів, максимум 10)					
6 або 7+	Дані (до 65535 байт мінус заголовки)					

Версія

Першим полем пакета є версія протоколу розміром в чотири біта. Для IPv4 це 4.

Розмір заголовка

Наступні чотири біта містять розмір заголовка пакета в 32-бітових словах. Оскільки число опцій не постійно, вказівка розміру важлива для відділення заголовка від даних. Мінімальне значення дорівнює 5 ($5 \times 32 = 160$ біт, 20 байт), максимальне - 15 (60 байт).

Differentiated Services Code Point (DSCP)

Спочатку називалося «тип обслуговування» (Type of Service, ToS), в даний час визначається RFC 2474 як «Differentiated Services». Використовується для поділу трафіку на класи обслуговування, наприклад, для установки більшого пріоритету чутливому до затримок трафіку, такого як VoIP.

Показник перевантаження (Explicit Congestion Notification, ECN)

Попередження про перевантаження мережі без втрати пакетів. Є необов'язковою функцією і використовується, якщо обидва хоста її підтримують.

Розмір пакета

16-бітний повний розмір пакета в байтах, включаючи заголовок і дані. Мінімальний розмір дорівнює 20 байтам (заголовок без даних), максимальний - 65535 байт. Хости повинні підтримувати передачу пакетів розміром до 576 байт, але сучасні реалізації зазвичай підтримують набагато більший розмір. Пакети більшого розміру, ніж підтримує канал зв'язку, фрагментуються.

Ідентифікатор

Переважно використовується для ідентифікації фрагментів пакета якщо він був фрагментований. Існують експерименти по його використанню для інших цілей, таких як додавання інформації про трасування пакету для спрощення відстеження шляху пакета з підробленою адресою відправника.

Прапорці

Поле розміром три біти містить прапорці контролю над фрагментацією. Біти, від старшого до молодшого, означають:

- * 0: зарезервованій, дорівнює 0.
- * 1: Не фрагментувати
- * 2: У пакету ще є фрагменти

Якщо встановлений прапорець «не фрагментувати», то в разі потреби фрагментації такий пакет буде знищений. Може використовуватися для передачі даних хостам, які не мають достатніх ресурсів для обробки фрагментованих пакетів.

Прапорець «є фрагменти» повинен бути встановлений в 1 у всіх фрагментів пакета, крім останнього. У нефрагментованих пакетах прапорець встановлюється в 0 - такий пакет вважається власним останнім фрагментом.

Зсув фрагмента

Поле розміром в 13 біт, вказує зсув поточного фрагмента від початку передачі фрагментованого пакета в блоках по 8 байт. Дозволяє $(2^{13}-1) \times 8 = 65\,528$ байт зсуву, що перевищує максимальний розмір пакета. Перший фрагмент у послідовності має нульовий зсув.

«Час життя» (Time to Live, TTL) пакета.

Дозволяє запобігти за кільцюванню пакетів в мережі шляхом знищення пакетів, які перевищили час життя. Вказується в секундах, інтервали, менше секунди, округлюються до однієї секунди. На практиці кожен маршрутизатор зменшує час життя пакетів на одиницю (що справедливо при існуючих типових затримках в мережі). Пакети, час життя яких стало дорівнювати нулю, знищуються, а відправнику надсилається повідомлення ICMP Time Exceeded. На відправці пакетів з різним часом життя засноване трасування їх шляху проходження (traceroute).

Протокол

Вказує, дані якого протоколу містить пакет (наприклад, TCP або ICMP). Присвоєні номери протоколів можна знайти на сайті IANA.

Контрольна сума заголовка

16-бітова контрольна сума, що використовується для перевірки цілісності заголовка. Кожен хост або маршрутизатор порівнює контрольну суму заголовка зі значенням цього поля і відкидає пакет, якщо вони не збігаються. Цілісність даних IP протокол не перевіряє - вона перевіряється протоколами більш високих рівнів (такими, як TCP або UDP), які теж використовують контрольні суми.

Оскільки TTL зменшується на кожному кроці проходження пакету, сума теж повинна обчислюватися на кожному кроці. Метод перерахунку контрольної суми визначений в RFC 1071.

Адреса відправлення

32-бітна адреса відправника пакета. Може не збігатися з справжньою адресою відправника через трансляцію адрес.

Адреса призначення

32-бітна адреса одержувача пакета.

Додаткові параметри (Опції)

За адресою призначення може слідувати поле додаткових параметрів (опцій). Розмір заголовка в цьому випадку повинен бути достатнім щоб вмістити всі опції (з урахуванням доповнення до цілого числа 32-бітових слів).

Якщо список опцій не є кінцем заголовка, він повинен закінчуватися опцією 0x00. Опції мають наступний формат:

Поле	Розмір в бітах	Опис
Копіювати	1	Встановлюється в 1, якщо потрібно копіювати опції в заголовки всіх фрагментів
Клас опції	2	0 для «керуючих» опцій і 2 для опцій «вимірів і налагодження». 1 і 3 зарезервовані
Номер опції	5	Вказує опцію
Розмір опції	8	Вказує розмір опції (з урахуванням цього поля). Може не вказуватися для опцій без аргументів
Аргументи опції	Змінний	Додаткові дані, що використовуються опцією