

Лекція 1

ВСТУП ДО ТЕОРІЇ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ

Література

2. Омельченко А.В. Основи аналізу систем розподілу інформації. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2008. – С 6-19

ЛІТЕРАТУРА

- 1. Лившиц Б.С., Пшеничников А.П., Харкевич А.Д. Теория телетрафика. –М.: Связь, 1979. – 224 с.
- 2. Омельченко А.В. Основы аналізу систем розподілу інформації. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2008. – 136 с.
- 3. Безрук В.М., Бідний Ю.М., Омельченко А.В. Інформаційні мережі зв'язку. Ч.1. Математичні основи інформаційних мереж зв'язку. – Харків: ХНУРЕ, 2011. – 292 с.
- 4. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и ее приложения.– СПб.: ВНУ-Санкт-Петербург, 2005. – 288 с.
- 5. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Сов. радио, 1965. – 510 с.
- 6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1979 – 432 с.

ЛІТЕРАТУРА

- 7. Шнепс М. А. Системы распределения информации. Методы расчета: Справ. пособие. – М.: Связь, 1979. – 344 с.
- 8. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979 – 600 с.
- 9. Уолдренд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
- 10. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Основи теорії масового обслуговування" для студентів усіх форм навчання спеціальностей напрямку "Телекомунікації" /Упоряд.:Ю.М.Бідний, А. В.Омельченко. Харків, ХТУРЕ, 1998.-44 с.
- 11. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу "Системи комутації в електрозв'язку" для студентів усіх форм навчання спеціальностей напрямку "Телекомунікації" /Упоряд.: А.В. Омельченко та ін., Харків, ХНУРЕ, 2006. - 99 с.
- 12. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Основи теорії масового обслуговування" для студентів усіх форм навчання спеціальностей напрямку "Телекомунікації" /Упоряд.: С.В. Омельченко, А.В.Омельченко. Харків, ХНУРЕ, 2010.-40 с.

Основні питання

- Моделі і задачі теорії розподілу інформації
- Основні елементи математичних моделей систем розподілу інформації
- Класифікація моделей Кендала-Башаріна
- Основні задачі теорії розподілу інформації

ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ТЕЛЕТРАФІКУ

- Теорія розподілу інформації називається ще теорією телетрафіку. При буквальному перекладі з грецької “теле” означає далеко, а “трафік” (traveho) – перевезти, переслати. Поняття “телетрафік” може означати будь-які потоки інформації в СРІ.
- Основи нової теорії були закладені у працях датського математика, співробітника Копенгагенської телефонної компанії А. К. Ерланга. Сформульований ним принцип статистичної рівноваги й отримані на його основі формули для розрахунку комутаційних схем і сьогодні є базовими в теорії розподілу інформації та теорії масового обслуговування. В подальшому теорія розподілу інформації розвивалася в роботах багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Т. Енгсет, Г.О. Делл, Е. Молін, О. Колмогоров, А. Хінчин, К. Пальм, Г. Башарін, А. Маркевич, Б. Лівшиц, Ю.М. Корнишев та ін.

- Ангер Краруп Ерланг народився в 1878 р. у місті Лонборзі в Данії. Він був піонером у вивченні трафіку телекомунікаційних систем. У 1909 р. він опублікував свою першу роботу “Теорія вірогідності і телефонія”. Ця робота була визнана у всьому світі, а його формула до цих пір використовується при розрахунках сучасних телекомунікаційних систем. У сорокових роках минулого століття в його честь була названа одиниця вимірювання трафіку в телекомунікаційних системах.



Agner Krarup Erlang
(1878-1929)

- Теорія розподілу інформації являє собою дисципліну, що розробляє методи аналізу й синтезу систем комутації, інформаційних і комп'ютерних систем, а також систем управління.
- Теорія розподілу інформації (телетрафіку) є галуззю теорії масового обслуговування, що в свою чергу є розділом прикладної математики, і вивчає кількісні характеристики процесів масового обслуговування. Нині теорія масового обслуговування, крім інфокомунікацій, ефективно використовується для розв'язання задач торгівлі, транспорту та інших сфер економічної діяльності.
- Основними задачами теорії розподілу інформації є задача аналізу СРІ і задача синтезу СРІ. При цьому найбільш суттєві результати досягнуті в області аналізу СРІ.

Основні елементи математичних моделей систем розподілу інформації

- Теорія розподілу інформації вивчає кількісні характеристики функціонування СРІ в рамках математичних моделей [1,2].
- Математична модель СРІ включає такі основні елементи:
 - 1) потік викликів;
 - 2) структуру СРІ;
 - 3) дисципліну обслуговування викликів;
 - 4) сукупність характеристик якості обслуговування викликів.
- **Потоком викликів** називається послідовність викликів, що надходять на СРІ у деякі моменти часу. Під викликом розуміється заявка на обслуговування.
- **Структура СРІ** визначається складом приладів (каналів) системи і взаємозв'язками між ними.
- Системи розподілу інформації можуть мати такі структури:
 - 1) одноканальні або багатоканальні;
 - 2) повнодоступні та не повнодоступні;
 - 3) одноланкові й багатоланкові.

- Дисципліна обслуговування (ДО) характеризує взаємодію потоку викликів з СРІ. На рис. 1 наведена ілюстрація взаємодії потоку з СРІ. Згідно з рис.1 виклики надходять на обслуговуючі прилади $П1, П2, \dots, Пv$ на вході яких можуть формуватися черги. З комутаційних приладів на вихід СРІ надходять виклики, що створюють потік обслужених викликів.

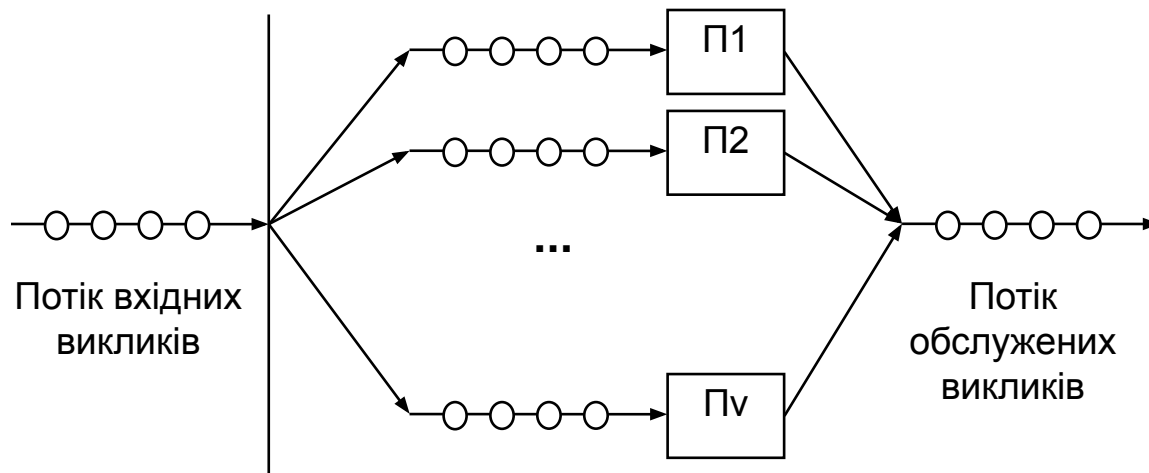
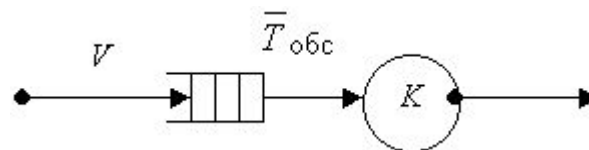


Рисунок 1 – Взаємодія потоку з СРІ



- Дисципліна обслуговування описується такими основними характеристиками:
- 1) способами обслуговування:
 - а) із втратами, коли не обслужені виклики втрачаються;
 - б) з очікуванням;
 - в) з повторними викликами;
 - г) комбіновані;
- 2) законами розподілу тривалості обслуговування викликів:
 - а) фіксована тривалість;
 - б) випадкова тривалість із заданим імовірнісним законом;
 - в) довільний закон розподілу тривалості обслуговування;

- 3) режимами пошуку вільних приладів системи (виходів):
 - а) вільний пошук;
 - б) груповий пошук
 - в) індивідуальний пошук;
- 4) порядком обслуговування викликів:
 - а) у порядку черги;
 - б) у випадковому порядку;
 - в) обслуговування пакетами;
- 5) наявністю обмежень при обслуговуванні всіх або деяких категорій викликів:
 - а) за тривалістю очікування;
 - б) за тривалістю обслуговування;
 - в) наявністю пріоритетів (переваг) в обслуговуванні викликів певних категорій.
- **Під якістю обслуговування** розуміється, наскільки вчасно і повно проведено обслуговування викликів (вимог, заявок), що надійшли до системи.

Класифікація моделей Кендала-Башаріна

- Існують різні моделі СРІ. Для них були розроблені різні принципи класифікації. Понад п'ятдесят років тому була запропонована класифікація англійського статистика Кендала, що базувалася на використанні лише трьох символів. Для опису складних процесів функціонування сучасних інфокомунікаційних систем ця класифікація була доповнена. Ряд доповнень до класифікації Кендала був розроблений відомим російським ученим в області теорії масового обслуговування Г.П. Башаріним. У сучасній технічній літературі для опису складних СМО тепер використовується класифікація Кендала-Башаріна, що використовує до шести символів.
- Згідно з Кендалом-Башаріним, математична модель характеризується послідовністю символів, розділених рискою: $X1/X2/X3/X4/X5/X6$.

- Тут перший символ X_1 позначає розподіл інтервалів між викликами й характеризує потік; другий X_2 – розподіл тривалості обслуговування; третій X_3 – структуру системи розподілу інформації; четвертий X_4 – спосіб обслуговування викликів; п'ятий X_5 – дисципліну черги; шостий X_6 – порядок заняття вільних приладів. Таким чином, символи X_2 , X_4 , X_5 і X_6 характеризують дисципліну обслуговування.
- Значення символів X_1 – X_6 та їх зміст вказані в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення символів у класифікації моделей за Кендалом-Башарінім та їх зміст

Символ	Значення символу	Зміст символу	Примітка
X1	M	Марківський розподіл (найпростіший потік)	Для багатовимірних розподілів над символом розподілу ставиться стрілка, а внизу вказується індекс, що позначає розмірність.
	D	Детермінований потік	
	G	Довільний розподіл	
	GI	Послідовність незалежних випадкових величин з довільним (але однаковим) однаковим розподілом	
	Mi	Примітивний потік	
	M _r	Симетричний потік	
X2	M	Випадкова тривалість обслуговування з експоненціальним розподілом	
	D	Детермінована тривалість	
	G	Випадкова тривалість обслуговування з довільним розподілом	

Продовження табл. 1

Символ	Значення символу	Зміст символу	Примітка
X3	S	Система з довільною (складною) структурою	
	FM	Повнодоступна система	Замість позначення FM часто вказується кількість приладів v
	G	Неповнодоступна система	Замість символу G використовуються позначення v, d, g , де d – доступність, g – кількість навантажувальних груп
X4	LL	Обслуговування без втрат (Lossles)	
	L	З явними втратами (Loss)	
	W	З очікуванням (Wait)	Замість символу W може вказуватися число місць для очікування r
	R	З повторними викликами (Reattemp)	

Продовження табл. 1

Символ	Значення символу	Зміст символу	Примітка
X5	I	Індивідуальна черга до кожного приладу	
	FIFO	Упорядкований вибір з черги (First In-First Out)	Алгоритм вибору відомий також за аббревіатурою FCFS (First Come – First Served)
	LIFO	Вибір заявки з кінця черги Last In - First Out	Алгоритм вибору відомий також за аббревіатурою LCFS (Last come – first served)
	SP	Випадковий вибір заявки	
	PR	Пріоритетний порядок вибору з черги	Часто для позначення пріоритетів використовується символ f з індексами
X6	S	Послідовний порядок зайняття вільних приладів	
	R	Випадковий порядок зайняття вільних приладів	

Класифікація Кендала-Башаріна

- Символіка складається з шести позицій, що розділяються слешами:
- 1/2/3/4/5/6
- **Перша позиція** – тип потоку, що надходить:
- M – найпростіший потік
- M_t – пуасонівський потік із змінним параметром (залежить від часу)
- M_r – пуасонівський потік з умовним параметром
- M_i – примітивний потік
- D – детермінований (невипадковий) потік (Determinate)
- E^n – потік Ерланга n-ого порядку
- Ge – довільний потік (General)
- **Друга позиція** – закон розподілу часу обслуговування виклику
- M – експоненціальний
- D – детермінований
- G – довільний

- **Третя позиція** – структура СМО
- V – число каналів
- G – неповнодоступні канали обслуговування (тобто існує алгоритм, що визначає, які канали доступні яким заявкам). Якщо не вказано, то усі канали обслуговування доступні усім викликам.
- LS – багатофазна система (Link System), якщо не вказано, то це – однофазна система, де заявка проходить тільки одну фазу обслуговування деякому каналі
- **Четверта позиція** – спосіб обслуговування
- LL – без втрат (Loss Less)
- L – з втратами (Loss)
- W – з очікуванням (чергою) (Wait)
- R – з повторенням (Repeat)
- WL – з умовними втратами (комбінований)
- **П'ята позиція** – тип черги
- I – індивідуальна, якщо не вказано – загальна черга до усіх каналів обслуговування
- SP – рівно імовірна (Same Probability)
- FF – демократична (FIFO)
- LF – стекова (LIFO)
- PR – з пріоритетом (Priority)
- 1) PRR – відносний (Relative) – заявка чекає звільнення каналу
- 2) PRA – абсолютний (Absolute) – заявка перериває обслуговування і займає канал
- **Шоста позиція** – спосіб заняття каналу
- S – послідовне (Sequential)
- R – випадкове (Random)

Приклади класифікації

- Приклад 1.1

- M/M/10/L//R – означає 10-канальну систему з втратами, на вхід якої надходить найпростіший потік викликів, час обслуговування розподілений за експоненціальним законом, канали займаються випадково.

- Приклад 1.2

- M/G/5/W/FF – означає 5-канальну систему з очікуванням, на вхід якої надходить найпростіший потік викликів, час обслуговування розподілений за довільним законом, черга демократична.

- Приклад 1.3

- M_i/M/20/LL//S – означає 20-канальну систему без втрат, на вхід якої надходить примітивний потік викликів, час обслуговування розподілений за експоненціальним законом, канали займаються послідовно.

- Приклад 1.4

- M/M/5/R – означає 5-канальну систему з повторенням, яка обслуговує найпростіший потік викликів, час обслуговування розподілений за експоненціальним законом.

Основні задачі теорії розподілу інформації

- Основна мета теорії розподілу інформації полягає в розробці методів оцінювання якості функціонування систем розподілу інформації (СРІ).
- Основними задачами теорії розподілу інформації є задача аналізу СРІ і задача синтезу СРІ.
- **Задача аналізу СРІ** полягає у знаходженні залежностей і значень величин, що характеризують якість обслуговування, від характеристик і параметрів вхідного потоку викликів, схеми й дисципліни обслуговування.
- У початковий період розвитку телефонної техніки задачі аналізу були актуальнішими, ніж задачі синтезу.
- **Задача синтезу** полягає у визначенні структури і параметрів СРІ при заданих потоках, дисципліні і якості обслуговування. Ця задача є більш складною, ніж задача аналізу, і під час її вирішення, як правило, використовуються результати аналізу СРІ.

- Близькими до задач аналізу й синтезу є задачі оптимізації. Ці задачі виникають під час проектування СРІ і полягають у тому, щоб визначити такі значення параметрів СРІ, для яких при заданих потоках, якості й дисципліні обслуговування складність СРІ є мінімальною або ж при заданих потоках, дисципліні обслуговування, складності якісні показники функціонування системи розподілу інформації є найкращими.
- Основними методами вирішення задач теорії розподілу інформації є аналітичний, чисельний і метод статистичного моделювання.
- **Аналітичні методи** дозволяють вирішувати задачі теорії розподілу інформації в тих випадках, коли структура системи, характеристики потоку й дисципліна обслуговування відносно прості. При цьому розглядаються всі можливі стани системи, що обумовлені станом кожного елемента СРІ. Такі стани називаються мікростанами системи. Щоразу, коли надходить новий виклик або закінчується яка-небудь фаза роботи системи, вона змінює свій мікростан. Для кожного мікростану записується рівняння статистичної рівноваги. З розв'язку систем таких рівнянь знаходять точне вирішення задачі в межах прийнятої моделі.

- Для складних систем число мікростанів таке велике, що вирішити систему рівнянь статистичної рівноваги не можливо навіть за допомогою сучасних ЕОМ. Більш перспективним є так званий макropідхід. У складній системі з дуже великою кількістю мікростанів мікростани поєднуються в макростани. Для кожного макростану записується рівняння статистичної рівноваги. Внаслідок вирішення системи таких рівнянь знаходять точні або наближені формули для ймовірностей макростанів.
- У багатьох випадках не вдається знайти аналітичне вирішення сформульованої задачі аналізу СРІ. Тоді можливе вирішення задачі аналізу СРІ за допомогою ЕОМ з використанням спеціальних алгоритмів, що дозволяють знаходити наближені рішення **чисельними методами**.

- Найбільш універсальним методом, що придатний для розв'язання задач практично будь-якої складності, є **метод статистичного моделювання**. Метод полягає в побудові математичної моделі системи, реалізація якого здійснюється у вигляді програми для ЕОМ. Моделювання дозволяє одержати чисельні результати, що характеризують якість обслуговування при заданих параметрах потоку, схеми й дисципліни обслуговування. Однак у силу специфіки методу він є менш зручним порівняно з аналітичним і чисельним методами під час визначення прихованих закономірностей функціонування або залежностей між окремими характеристиками системи. Крім того, для отримання достатньо точних результатів метод статистичного моделювання потребує великого обсягу обчислень.
- У багатьох випадках розумне поєднання аналітичних і чисельних методів з методом статистичного моделювання дозволяє детально проаналізувати СРІ. При малих значеннях параметрів системи вдається одержати рішення точними аналітичними методами й проаналізувати граничні випадки при асимптотичній поведінці характеристик досліджуваної системи. Отримані висновки доповнюються результатами статистичного моделювання в області реальних значень параметрів системи.