

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1. Концепції та принципи функціонування програмно-конфігурованих мереж (SDN)	7
1.1. Еволюція мережевих технологій та поява концепцій SDN.....	7
1.2. Основні принципи та архітектура SDN.....	14
1.3. Протокол OpenFlow: версії, структура, таблиці потоків і типи повідомлень.....	23
1.4. Способи розгортання SDN.....	34
1.5. Сфери застосування технології SDN і ефекти від впровадження.....	39
Контрольні запитання до розділу 1.....	45
Розділ 2. Сервіси, мережеві ресурси та засоби забезпечення якості обслуговування в інформаційно-комунікаційних системах	47
2.1. Класифікація основних показників якості обслуговування та мережевих ресурсів.....	47
2.2. Засоби забезпечення якості обслуговування на основі управління мережевим ресурсом.....	54
2.3. Механізми та підходи до управління чергами в мережевих пристроях інформаційно-комунікаційних систем.....	59
2.4. Особливості оцінювання якості обслуговування та якості сприйняття послуг в інформаційно-комунікаційних системах.....	69
Контрольні запитання до розділу 2.....	82
Розділ 3. Маршрутизація, моніторинг та пріоритезація сервісів у SDN	84
3.1. Основи маршрутизації в SDN.....	84
3.2. Метод адаптивної багатокритеріальної маршрутизації потоків даних у SDN.....	89
3.3. Моніторинг стану функціонування SDN.....	100
3.4. Метод адаптивної пріоритезації сервісів у SDN.....	106
Контрольні запитання до розділу 3.....	111
Розділ 4. Програмні контролери SDN: загальні принципи, класифікація та практичні аспекти розгортання	113
4.1. Програмний контролер POX, структура, інтерфейси та практичні аспекти використання.....	113
4.2. Програмний контролер ONOS, структура, інтерфейси та практичні аспекти використання.....	119

4.3. Програмний контролер Ryu, структура, інтерфейси та практичні аспекти розгортання	130
4.4. Програмний контролер OpenDayLight, структура, інтерфейси та практичні аспекти розгортання	135
Контрольні запитання до розділу 4	140
Розділ 5. Розгортання, конфігурація та дослідження SDN-мереж в емуляторі Mininet	141
5.1. Практичні основи встановлення та використання Mininet для моделювання SDN	141
5.2. Експериментальне дослідження топологій і продуктивності традиційних та SDN-мереж у Mininet.....	151
5.3. Генерація VoIP трафіку в середовищі Mininet	158
5.4. Моделювання та аналіз якості відеопередавання в SDN	163
5.5. Класифікація затримок службового трафіку протоколу ARP в SDN	186
5.6. Експериментальне виявлення залежності затримки передавання службового трафіку від затримки контролера в SDN мережі.....	194
5.7. Обробка пакетів і взаємодія між OpenFlow комутатором та контролером у SDN.....	196
5.8. Встановлення та дослідження TCP / UDP з'єднань у SDN-мережі на основі Mininet	203
Контрольні запитання до розділу 5	207
Розділ 6. Дослідження якості обслуговування та сприйняття мультимедійних сервісів у SDN на основі експериментального відтворення в Mininet	209
6.1. Побудова SDN-топології в Mininet та аналіз впливу параметрів каналів зв'язку на якість передавання відеосервісу	209
6.2. Реалізація методів вимірювання затримки та втрат пакетів у SDN-мережах в середовищі Mininet	213
6.3. Вплив параметрів мережі на якість сприйняття мультимедійних сервісів	218
6.4. Практична реалізація модуля управління якістю мультимедійних сервісів на основі QoE моніторингу	224
6.5. Оцінювання ефективності розробленого модуля управління якістю сервісів на основі QoE-моніторингу в мережах SDN.....	233
6.6. Програмний код для емуляції мережі зі змінними параметрами QoS у середовищі Mininet	239
6.7. Програмний код реалізації пошуку найкоротшого шляху за алгоритмом Беллмана – Форда на контролері Ryu в середовищі Mininet	243
Контрольні запитання до розділу 6	251

Розділ 7. Програмно-конфігуровані бездротові мережі (SDWN) та емуляція їх функціонування в середовищі Mininet-WiFi	253
7.1. Архітектура та функціональні можливості емулятора Mininet-WiFi для дослідження SDWN.....	253
7.2. Налаштування топологій SDWN та параметрів бездротових вузлів у середовищі Mininet-WiFi.....	265
7.3. Емуляція SDWN у середовищі Mininet-WiFi: моделі поширення сигналу, інтерференція, мобільність вузлів та вплив радіосередовища на пропускну здатність.....	274
7.4. Практичне налаштування мультиінтерфейсних вузлів у Mininet-WiFi: прив'язка IP-адрес, агрегація каналів та механізми резервування.....	386
7.5. Дослідження функціонування Wi-Fi у Mininet-WiFi: інструменти захоплення пакетів, аналіз радіоспектра, моніторинг RSSI та ініціація хендоверу.....	294
7.6. Експериментальне дослідження mesh- та ad hoc-мереж у Mininet-WiFi та реалізація SDWN-функцій з використанням OpenFlow і зовнішніх контролерів	304
Контрольні запитання до розділу 7	315
Список літератури	318