

Лекція 14. Концепція мереж майбутнього

Доц., к.т.н. Григоренко О.Г.

ОСНОВНІ ПИТАННЯ

- Рекомендації міжнародного союзу електрозв'язку щодо побудови мереж майбутнього (Future Networks)

Нормативна документація

- Дослідницька комісія МСЕ-Т (Study Group SG 13). Майбутні мережі, включаючи мережі хмарних обчислень, мобільні і мережі наступного покоління (Future networks including cloud computing, mobile and next-generation networks)
- Y.3000–Y.3099. Future networks. Майбутні мережі
- Y.3001. Future networks: Objectives and design goals. Майбутні мережі: цільові установки і мета проектування
- Y.3011. Framework of network virtualization for future networks. Рамки віртуалізації мережі для майбутніх мереж
- Y.3015. Functional architecture of network virtualization for future networks. Функціональна архітектура віртуалізації мережі для майбутніх мереж
- Y.3012. Requirements of network virtualization for future networks. Вимоги до віртуалізації мережі для майбутніх мереж
- Y.3035. Service universalization in future networks. Універсалізація послуги в майбутніх мережах

Нормативна документація

- Y.3300. Framework of software-defined networking. Структура програмно визначених мереж.
- Y.3320. Requirements for applying formal methods to software-defined networking. Вимоги для застосування формальних методів для програмно визначених мереж
- Y.3500. Information technology - Cloud computing - Overview and vocabulary. Інформаційні технології - Хмарні обчислення - Огляд і словник
- Y.3501. Cloud computing - Framework and high-level requirements. Хмарні обчислення - Вимоги до структури і вищого рівня
- Y.3502. Information technology - Cloud computing - Reference architecture. Інформаційні технології - Хмарні обчислення - Еталонна архітектура
- Y.3512. Cloud computing - Functional requirements of Network as a Service. Хмарні обчислення - Функціональні вимоги до мережі як сервісу
- Y.3513. Cloud computing - Functional requirements of Infrastructure as a Service. Хмарні обчислення - Функціональні вимоги інфраструктури як послуга
- Y.3520. Cloud computing framework for end to end resource management. Структура хмарних обчислень для управління ресурсами з кінця в кінець

Фокус-група з питань майбутніх мереж

- У січні 2009 року SG13 створено "Focus Group on Future Networks (FG-FN)" Фокус-групу з питань майбутніх мереж (FG-FN)", щоб започаткувати обговорення майбутніх мереж і забезпечити глобальне загальне розуміння про майбутні мережі, а також взаємодію і узгодження відповідних суб'єктів та діяльності. Фокус-група успішно завершила свою роботу в грудні 2010 року
- Сфера діяльності Фокус-групи у співпраці з всесвітньою спільнотою мереж майбутнього (FN) (наприклад, науково-дослідних інститутів, форумів, наукових кіл і т.д.):
 - зібрати і визначити бачення майбутніх мереж, заснованих на нових технологіях,
 - оцінити взаємодії між майбутніми мережами і новими послугами,
 - ознайомити МСЕ-Т і спільноти зі стандартизації з новими атрибутами майбутніх мереж, і
 - заохочувати співпрацю між МСЕ-Т і спільнотою FN.

Фокус-група з питань майбутніх мереж

- Метою фокус-групи є документування результатів, які були б корисні для розробки рекомендацій для майбутніх мереж.
- Для досягнення цієї мети фокус-група
 - збрала нові ідеї, які стосуються майбутніх мереж і визначила потенційні області дослідження по майбутнім мережам,
 - описала бачення мереж майбутнього,
 - визначити часові рамки майбутніх мереж,
 - визначила потенційний вплив на розробку стандартів і
 - запропонувала майбутні питання для досліджень МСЕ-Т і пов'язані з ними дії

У.3001. Майбутні мережі: цільові установки і цілі проектування

- У цій Рекомендації описуються цільові установки і цілі проектування майбутніх мереж (FN).
- Сфера застосування цієї Рекомендації охоплює:
 - основоположні питання, яким приділялося недостатньо уваги при проектуванні існуючих мереж і які рекомендовані в якості цільових установок майбутніх мереж (FN);
 - високорівневі можливості і характеристики, які рекомендується забезпечувати в майбутніх мережах (FN);
 - намічений термін щодо майбутніх мереж (FN)

Термінологія

- **Компонентна мережа** (component network) - єдина однорідна мережа, яка сама по собі, можливо, не забезпечує єдину наскрізну інфраструктуру електрозв'язку глобального масштабу.
- **Майбутня мережа** (future Network (FN)) - мережа, здатна надавати послуги, можливості і засоби, які важко надати з використанням існуючих мережевих технологій.
- **Майбутньою мережею** є або:
 - а) нова компонентна мережа або вдосконалений варіант існуючої компонентної мережі; або
 - б) різнорідна група нових компонентних мереж або група, що складається з нових та існуючих компонентних мереж, яка працює як єдина мережа
- Мережа типу б) може також включати мережі типу а)
- **Універсалізація послуг** (service universalization) - процес надання послуг електрозв'язку будь-якій приватній особі або групі осіб, незалежно від їх соціального, географічного та економічного статусу

Вимоги до майбутніх мереж

- Стосовно до майбутніх мереж зберігають своє значення такі традиційні вимоги, як **сприяння справедливій конкуренції**, які відображають цінності нашого суспільства.
- В рамках численних дослідницьких проектів пропонуються нові вимоги, характерні для майбутнього суспільства, і, не дивлячись на те що консенсус як і раніше відсутній, очевидно, що **питання стійкості і навколишнього середовища** будуть мати життєво важливе значення протягом багатьох років.
- Також з'являються **нові прикладні області**, наприклад інтернет речей, "розумні" електромережі і хмарні обчислення.
- Крім того, **нові технології реалізації**, наприклад вдосконалені напівпровідникові і оптичні технології, дозволяють підтримувати вимоги, які традиційно вважалися нездійсненними. Це досягається, наприклад, за рахунок істотного скорочення витрат на виробництво одиниці обладнання. Всі ці нові фактори висувають до мереж нові вимоги

Вимоги до майбутніх мереж

- Базова архітектура широкомасштабних мереж загального користування, наприклад мереж телефонного зв'язку, насилу піддається змінам у зв'язку з величезною кількістю ресурсів, необхідних для їх побудови, експлуатації та технічного обслуговування. У зв'язку з цим їх архітектура ретельно проектується, щоб забезпечити достатню гнучкість для **задоволення безперервно мінливих вимог**.
- Наприклад, протокол Інтернет (IP) сприймає і приховує різні протоколи і реалізації нижніх рівнів, і завдяки простоті його адресації і інших властивостей він успішно адаптується до великих змін масштабу, а також до таких чинників, як якість обслуговування (QoS) і безпека.
- Разом з тим невідомо, чи зможуть існуючі мережі як і раніше виконувати мінливі вимоги в майбутньому. Невідомо також чи буде зростаючий ринок нових прикладних областей володіти потенціалом для фінансування величезних інвестицій, необхідних для зміни мереж, за умови, що в новій архітектурі буде приділено достатньо уваги питанням **забезпечення зворотної сумісності і витрат на перехід**.
- Організації, що проводять дослідження, працюють над різними архітектурами і технологіями забезпечення, такими як **віртуалізація мереж, енергозбереження в мережах і мережі, орієнтовані на контент**

Вимоги до майбутніх мереж

- У зв'язку з цим є підстави очікувати, що деякі вимоги можуть бути реалізовані за допомогою **нових архітектур мереж і технологій**, які забезпечують нове, описаних в останніх результатах науково-дослідної діяльності, і що ці архітектури могли б стати основою для мереж майбутнього, в яких, як передбачається, запуск експериментальних послуг і поетапне розгортання доведеться на період приблизно між 2015 і 2020 роками.
- У Рекомендації Y.3001 мережі, що базуються на такій новій архітектурі, називаються "майбутніми мережами" (FN).
- У Рекомендації Y.3001 описуються цільові установки, які зумовлюють відмінність мереж FN від існуючих мереж, цілі проектування, яким повинні задовольняти FN, намічений термін і питання переходу, а також технології, призначені для досягнення цілей проектування

Цільові установки майбутніх мереж

- Поінформованість про послуги
- Поінформованість про дані
- Обізнаність у питаннях навколишнього середовища
- Обізнаність у соціально-економічних питаннях

Поінформованість про послуги

- Рекомендується, щоб FN надавали послуги, функції яких спроектовані так, щоб відповідати потребам додатків і користувачів.
- Очікується, що в майбутньому кількість і вибір послуг буде стрімко рости.
- Рекомендується, щоб FN забезпечували можливість впровадження цих послуг, не вимагаючи, наприклад, істотного **додаткового розгортання і збільшення експлуатаційних витрат**

Поінформованість про дані

- Рекомендується, щоб архітектура FN була оптимізована для обробки величезних обсягів даних в розподіленому середовищі і щоб воно забезпечувало користувачам, незалежно від їх місця розташування, можливість безпечного, простого, швидкого і точного доступу до необхідних даних.
- У контексті цієї Рекомендації слово "дані" не обмежується конкретними типами даних, наприклад аудіо- або відеоконтентом, а описує всю інформацію, доступну в мережі

Обізнаність у питаннях навколишнього середовища

- Рекомендується, щоб FN не чинили негативного впливу на навколишнє середовище.
- Рекомендується, щоб при проектуванні архітектури, підсумкової реалізації та експлуатації FN забезпечувався **мінімальний вплив на навколишнє середовище**, наприклад, в частині витрат матеріалів і енергоспоживання, а також шляхом зниження викидів парникових газів.
- Крім того, рекомендується, щоб проектування і реалізація FN здійснювалися таким чином, щоб вони могли використовуватися для зниження впливу на навколишнє середовище, що чиниться іншими секторами

Обізнаність у соціально-економічних питаннях

- Рекомендується, щоб в FN враховувалися соціально-економічні питання в цілях зниження бар'єрів для входу різних учасників мережевої екосистеми.
- Рекомендується, щоб в FN враховувалася також необхідність зниження вартості життєвого циклу, для того щоб вони були придатними для розгортання і стійкими.
- Ці чинники сприяють **універсалізації послуг** і забезпечують належні **конкуренцію і віддачу для всіх учасників**

Цілі проектування

- Цілі проектування - це високорівневі можливості і характеристики, які рекомендується забезпечувати в майбутніх мережах.
- Для того щоб реалізувати цільові установки, рекомендується, щоб в FN забезпечувалися наступні цілі проектування.
- Слід зазначити, що деякі з цих цілей проектування може бути надзвичайно складно забезпечити в будь-якій конкретній майбутній мережі і що кожна з цілей проектування не буде реалізована у всіх майбутніх мережах. Питання про те, чи буде забезпечення кожної з цих цілей проектування в будь-якій конкретній FN **вимогою, рекомендацією**, або воно **не буде обов'язковим**, підлягає подальшому вивченню.
- На рисунку зображені взаємозв'язки між чотирма цільовими установками і дванадцятьма цілями проектування, що мають найбільше відношення до цільової установки.
- Слід зазначити, що деякі цілі проектування, наприклад управління мережею, мобільність, ідентифікація, а також надійність і безпека, можуть відноситися до багатьох цільових настанов.

Чотири цільові установки і дванадцять завдань проектування майбутніх мереж



Різноманітність послуг

- Рекомендується, щоб FN підтримували **різноманітні послуги**, пристосовані для передачі трафіку з широким вибором характеристик і властивостей.
- Рекомендується, щоб FN підтримували **величезну кількість і широкий вибір комунікаційних об'єктів**, наприклад датчиків і кінцевих пристроїв.
- Обґрунтування: В майбутньому послуги стануть різноманітними, при цьому з'являться різні нові послуги та програми, що мають різні характеристики трафіку (такі, як ширина смуги і час очікування) і властивості трафіку (такі, як безпека, надійність і мобільність). У зв'язку з цим потрібно, щоб FN підтримували послуги, щодо яких не забезпечується ефективного управління в існуючих мережах.
- Наприклад, потрібно, щоб FN підтримували
 - послуги, яким необхідна лише випадкова передача декількох байтів даних;
 - послуги, яким необхідна пропускна здатність порядку декількох гігабіт на секунду, кількох терабіт в секунду і більш висока пропускна здатність;
 - послуги, яким необхідна наскрізна затримка, близька до затримки при поширенні зі швидкістю світла; або
 - послуги, які дозволяють здійснювати переривчасту передачу даних, що приводить до дуже великої затримки.

Різноманітність послуг

- Крім того, буде потрібно, щоб FN підтримували **величезну кількість і широкий вибір кінцевих пристроїв**, щоб домогтися всеохоплюючого комунікаційного середовища.
- З одного боку, в області повсюдно поширених сенсорних мереж, буде спостерігатися велика кількість мережевих пристроїв, наприклад датчиків і пристроїв зчитування маркерів на інтегральних схемах (ІС), які будуть обмінюватися інформацією з використанням дуже низької пропускної здатності.
- З іншого боку, з'явиться **ряд додатків високого класу**, такі як програми для високоякісного відеоконференцзв'язку, що забезпечують високу реалістичність сприйняття. Незважаючи на те що кількість кінцевих пристроїв, які відносяться до додатків, не обов'язково буде великою, для підтримки цих додатків будуть потрібні **величезні пропускні спроможності**

Функціональна гнучкість

- Рекомендується, щоб FN надавали **функціональну гнучкість** для підтримки і забезпечення **стійкості нових послуг**, які стануть відповіддю на потреби користувачів.
- Рекомендується, щоб FN підтримували **швидке розгортання нових послуг**, яке відповідає стрімкому зростанню і зміні потреб користувачів.
- Обґрунтування: Надзвичайно складно передбачити потреби користувачів, які можуть виникнути в довгостроковій перспективі. Існуючі мережі спроектовані в розрахунок на їх **універсальність за рахунок підтримки базових функцій**, які, як очікується, будуть досить ефективно задовольняти більшість майбутніх потреб користувачів.
- Однак існуючий підхід до проектування мереж не завжди забезпечує **достатню гнучкість**, наприклад, коли базові функції не є оптимальними для підтримки деяких нових послуг, і таким чином потрібна зміна цих самих функцій.
- Кожне додавання або зміна функцій в розгорнутій мережевій інфраструктурі, як правило, призводить до **складних завдань розгортання**, які необхідно ретельно планувати. В іншому випадку це додавання або зміна можуть вплинути на інші послуги, які надаються в рамках тієї ж мережевої інфраструктури.

Функціональна гнучкість

- З іншого боку, очікується, що FN забезпечать можливість **динамічної зміни мережевих функцій**, з тим щоб можна було експлуатувати різні мережеві послуги, які мають особливі потреби.
- Наприклад, слід забезпечити можливість транскодування відеосигналу і / або об'єднання даних від датчиків в рамках мережі (наприклад, обробки всередині мережі).
- Також слід забезпечити можливість **реалізації нових протоколів** для нових типів послуг в FN.
- Слід забезпечити **спільне функціонування послуг в рамках єдиної мережевої інфраструктури** без створення ними взаємних перешкод, зокрема, при додаванні або зміні тієї чи іншої мережевої функції для підтримки будь-якої певної послуги.
- Слід забезпечити можливість надання в FN **експериментальних послуг** для цілей тестування і оцінки, і ці мережі повинні також дозволяти здійснювати перехід від експериментальних послуг до розгорнутих послуг, з тим щоб зменшити перешкоди для широкого використання нових послуг.

Віртуалізація ресурсів

- Рекомендується, щоб FN підтримували **віртуалізацію ресурсів**, що відносяться до мереж, з тим щоб забезпечувався поділ ресурсів і щоб один ресурс міг одночасно спільно використовуватися багатьма віртуальними ресурсами.
- Рекомендується, щоб мережі FN підтримували **ізоляцію** будь-якого віртуального ресурсу від всіх інших ресурсів.
- Рекомендується, щоб FN підтримували **абстрагування**, при якому не потрібно, щоб заданий віртуальний ресурс безпосередньо відповідав своїм фізичним характеристикам.
- Обґрунтування: Стосовно до віртуальних мереж, віртуалізація ресурсів може дозволити їм працювати, не заважаючи іншим віртуальним мережам, і при цьому спільно використовувати мережеві ресурси.
- Оскільки кілька віртуальних мереж можуть працювати **одночасно**, різні віртуальні мережі можуть використовувати різні мережеві технології, не створюючи взаємних перешкод і тим самим дозволяючи краще використовувати фізичні ресурси.
- Властивість абстрагування дозволяє забезпечувати **стандартні інтерфейси для доступу і управління** віртуальною мережею і ресурсами і допомагає підтримувати оновлення можливостей віртуальних мереж

Доступ до даних

- Рекомендується, щоб проектування і реалізація FN здійснювалися таким чином, щоб забезпечити **ефективне управління** величезними обсягами даних.
- Рекомендується, щоб FN володіли **механізмами швидкого отримання даних, незалежно від їх місця розташування.**
- Обґрунтування: Головна мета існуючих телефонних мереж полягає в тому, щоб з'єднати двох або більше абонентів, дозволивши їм обмінюватися інформацією. Мережі IP проектувалися для передачі даних між точно визначеними терміналами.
- В даний час користувачі здійснюють пошук даних в мережах з використанням ключових слів, пов'язаних з цими даними, і звертаються до них, не маючи уявлення про їх **фактичне місцезнаходження.**
- З точки зору користувача, мережі використовуються, головним чином, як **засіб доступу до необхідних даних.**
- Оскільки в майбутньому значення доступу до даних збережеться, вкрай важливо, щоб FN забезпечували користувачеві засоби, що дозволяють легко і без використання трудомістких процедур здійснювати доступ до відповідних даних, і при цьому надавали **точні і правильні дані**

Доступ до даних

- Обсяг і властивості цифрових даних в мережах **змінюються**.
- Спостерігається бурхливий ріст медіаматеріалів, створюваних споживачем: в рамках послуг соціальних мереж миттєво створюється величезна кількість статей для блогів.
- Кожну секунду повсюдно поширеними сенсорними мережами [ITU-T Y.2221] генеруються великі обсяги цифрових даних, а в деяких додатках, званих "мікроблоги", в майже реальному часі складаються повідомлення, що містять мультимедійні дані.
- Ці дані створюються, зберігаються і обробляються в мережах **розподіленим чином**.
- У сучасних мережах IP доступ користувача до даних в мережі здійснюється за допомогою традиційних процедур, тобто ідентифікації адреси і номера порту хоста, який надає цільові дані.
- Деякі дані містять приватну інформацію або цифрові ресурси, проте вбудовані механізми захисту відсутні.
- Отже, в майбутньому будуть потрібні **більш прості, ефективні і захищені технології мережевої взаємодії**, призначені для управління величезними обсягами даних.

Доступ до даних

- Характеристики трафіку при такому обміні даними також змінюються. Тенденції в області трафіку в FN будуть залежати, головним чином, **від місця розташування даних**, а не від розподілу абонентів.
- Внаслідок використання **хмарних обчислень** відбувається нарощування таких ресурсів інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), як обчислювальна потужність і дані, що зберігаються в центрах обробки даних.
- У поєднанні з широким розповсюдженням мобільних пристроїв, що мають недостатньо ресурсів ІКТ, дана тенденція веде до **переносу обробки даних** з кінцевих пристроїв користувачів до центрів обробки даних.
- Отже, проектувальникам FN необхідно приділити найпильнішу увагу цим змінам, наприклад зростаючому значенню **організації зв'язку з центрами обробки даних**, а також величезній кількості транзакцій, що здійснюється всередині центрів обробки даних і між ними при виконанні запитів користувачів.

Енергоспоживання

- Рекомендується, щоб в FN використовувалися технології на рівні пристрою, устаткування і мережі, що забезпечують **підвищення енергоефективності та задоволення потреб користувачів** при мінімумі витрат трафіку.
- Рекомендується, щоб технології FN на рівні пристрою, устаткування і мережі функціонували не окремо, а взаємодіяли один з одним, з метою вирішення питання щодо **економії енергії**, споживаної мережею.
- Обґрунтування: Життєвий цикл товару включає такі етапи, як виробництво вихідних матеріалів, виготовлення, переробка й утилізація, і все це так само необхідно вивчити на предмет **зменшення впливу на навколишнє середовище**.
- Однак для обладнання, яке працює цілодобово, як це нерідко має місце на мережах, головною проблемою є **енергоспоживання** на етапі використання.
- Серед різних типів споживаної енергії зазвичай переважає електроенергія.
- У зв'язку з цим **енергозбереження** відіграє головну роль в зниженні впливу мереж на навколишнє середовище.

Енергоспоживання

- Енергозбереження також має значення для експлуатації мережі. У міру додавання нових послуг і додатків, як правило, збільшується, необхідна пропускна здатність.
- Однак в майбутньому енергоспоживання і нагрів, що має місце, можуть стати **істотними фізичними обмежуючими факторами**, поряд з іншими фізичними обмеженнями, наприклад по ємності волоконно-оптичних кабелів або робочій частоті електричних пристроїв. Ці проблеми можуть стати одними з основних експлуатаційних перешкод, і в гіршому випадку, можуть перешкодити наданню нових послуг і додатків
- Традиційно зниження енергоспоживання досягалося головним чином **на рівні пристрою**, тобто за рахунок застосування обробки напівпровідникових матеріалів, що забезпечує мініатюризацію, і процесу інтегрального виконання електричних пристроїв.
- Однак цей підхід стикається з труднощами, такими як **висока споживана потужність** в режимі очікування і **фізичні обмеження по робочій частоті**.
- Отже, в майбутньому вкрай важливим буде використання не тільки методів на рівні пристрою, наприклад зниження енергоспоживання електричних і оптичних пристроїв, але і **методів на рівні обладнання і мережі**.

Енергоспоживання

- При комутації з використанням оптичних пристроїв використовується менше енергії, ніж при комутації з використанням електронних пристроїв. Однак складно реалізувати **черги пакетів**, не використовуючи електронну пам'ять.
- Крім того, при комутації каналів використовується менше енергії, ніж при пакетній комутації без встановлення з'єднань.
- Вузли мережі, такі як комутатори і маршрутизатори, повинні проектуватися з урахуванням **механізмів "розумного" неактивного режиму**, як в існуючих стільникових телефонах; такий метод є методом на рівні обладнання.
- Для методів на рівні мережі слід передбачати **енергоефективне управління трафіком**.
- Типовим прикладом є використання методів маршрутизації, при яких знижується піковий обсяг трафіку.
- Ще одним прикладом є кешування і фільтрація, що зменшує обсяг даних, який потрібно передавати.
- **Методи енергозбереження на рівні пристрою, устаткування і мережі, в яких передбачається як підвищення енергоефективності, так і зниження несуттєвого трафіку, є ключовими факторами енергозбереження в FN**

Універсализація послуг

- Рекомендується, щоб FN сприяли наданню засобів в різних районах - будь то міста або сільська місцевість, розвинені або країни, що розвиваються - і прискорювали це надання шляхом зниження вартості життєвого циклу мережі і за допомогою **принципів відкритої мережі**.
- Обґрунтування: Існуюче мережеве середовище, як і раніше ставить високі бар'єри для входу як виробникам при розробці обладнання, так і операторам при наданні послуг.
- В цьому відношенні FN повинні підвищити **універсализацію послуг** електрозв'язку та сприяти розвитку і розгортанню мереж і наданню послуг.
- З цією метою в FN повинна підтримуватися **відкритість** за допомогою **глобальних стандартів і простих принципів проектування**, з тим щоб знизити вартість життєвого циклу мережі і, таким чином, скоротити так званий "цифровий розрив".

ЕКОНОМІЧНІ СТИМУЛИ

- Рекомендується, щоб проектування FN здійснювалося таким чином, щоб забезпечити **стійке конкурентне середовище** для врегулювання суперечок між широким колом учасників екосистеми ІКТ / електрозв'язку, таких як користувачі, різні постачальники, уряди і власники прав інтелектуальної власності, шляхом забезпечення належних **економічних стимулів**.
- Обґрунтування: Багато технологій не отримали широкого використання і не змогли стати успішними або стійкими в зв'язку з недосконалими і неналежними рішеннями творців, в тому що стосується **внутрішніх соціально-економічних аспектів** (наприклад, конфліктів між учасниками), або у зв'язку з браком уваги до супутніх умов (наприклад, конкуруючих технологій) або стимулів (наприклад, відкритих інтерфейсів). Такі провали в деяких випадках виникали через те, що **технології не забезпечували механізми стимулювання добросовісної конкуренції**

ЕКОНОМІЧНІ СТИМУЛИ

- Одним з таких прикладів є відсутність у первісній реалізації мережі IP **механізмів QoS**, які необхідні для послуг, що надаються в режимі реального часу, наприклад потокового відео.
- Рівень IP не надавав своїм верхнім рівням засіб, що дозволяє розпізнавати, чи була гарантована наскрізна якість обслуговування.
- У початкових реалізаціях мереж IP також не вистачало належних економічних стимулів для їх впровадження операторами мереж.
- Це лише кілька причин, які явилися перешкодою для впровадження механізмів гарантії QoS і потокових послуг в мережах IP, навіть коли учасники екосистеми електрозв'язку намагалися пристосувати мережі або просили інших учасників надати пристосовані мережі для запуску нової послуги і спільного використання переваг цих мереж.
- У зв'язку з цим при проектуванні і реалізації вимог, архітектури та протоколу FN необхідно приділити увагу **соціально-економічним аспектам**, наприклад економічним стимулам, для того щоб забезпечити різним учасникам **стійке конкурентне середовище**.

ЕКОНОМІЧНІ СТИМУЛИ

- Все більшого значення набувають **способи врегулювання економічних конфліктів**, включаючи суперечки, в кіберпросторі, які включають матеріальну винагороду за внесок кожного учасника.
- У міру того як інтернет зростає і зводить воедино найрізноманітніші соціальні функціональні можливості, використання мереж розглядається як **засіб створення економічних стимулів в різних областях**.
- Різні учасники інтернету нерідко переслідують протилежні інтереси, що призводить до конфліктів навколо його використання і суперечностей в питаннях міжнародного і національного законодавства

Управління мережею

- Рекомендується, щоб FN могли ефективно експлуатувати, обслуговувати та надавати все більше число послуг і об'єктів.
- Рекомендується, щоб FN могли обробляти **великі обсяги даних і інформації для управління** і потім ефективним і дієвим способом перетворювати ці дані в відповідну інформацію і знання для оператора.
- Обґрунтування: Кількість послуг та об'єктів, якими повинна управляти мережа, зростає. Мобільність і безпроводові технології стали найважливішими аспектами мереж. Вимоги до безпеки та конфіденційності повинні бути пристосовані до поширення додатків, а нормативні акти стають все більш складними.
- Крім того, внаслідок об'єднання можливостей збору і обробки даних під впливом інтернету речей, "розумних" електромереж, хмарних обчислень і інших аспектів відбувається **впровадження нетрадиційного мережевого обладнання на мережах**.
- Це призводить до **збільшення числа показників управління мережею**, що ще більше ускладнює критерії оцінки. Таким чином, **ефективна підтримка операторів** має найважливіше значення в майбутніх мережах

Управління мережею

- Одна з проблем, що стоїть перед сучасними мережами, полягає в тому, що з міркувань економічного характеру проектування систем експлуатації і управління здійснювалося безпосередньо для кожного компонента мережі.
- Зростання числа невпорядкованих функціональних можливостей, управління якими здійснюється за відсутності певних правил, **підвищує складність і експлуатаційні витрати**.
- З цієї причини мережі FN повинні забезпечувати **високоєфективні системи експлуатації та управління** за допомогою більш інтегрованих інтерфейсів управління.
- Інша проблема полягає в тому, що в сучасних мережах системи експлуатації та управління в значній мірі залежать від навичок оператора мережі.
- У зв'язку з цим існує велика складність, пов'язана з тим, як спростити завдання управління мережею і перейняти знання працівників.
- У процесі управління мережею і її експлуатації зберуться завдання, які вимагають людських навичок, таких як прийняття високорівневих рішень на основі багаторічного накопиченого досвіду.
- Для цих завдань важливо, щоб навіть недосвідчений оператор, який не має спеціальних навичок, міг легко управляти великомасштабними і складними мережами за підтримки **автоматизованої системи управління**. У той же час, слід враховувати також можливість ефективної передачі знань і ноу-хау між поколіннями

Мобільність

- Рекомендується, щоб FN забезпечували мобільність, яка сприяє створенню високошвидкісних великомасштабних мереж в середовищі, де величезна кількість вузлів може динамічно переміщатися по різнорідним мережам.
- Рекомендується, щоб FN підтримували мобільні послуги, незалежно від можливості мобільності вузла.
- Обґрунтування: Відбувається безперервний розвиток мереж рухомого зв'язку шляхом охоплення нових технологій. У зв'язку з цим очікується, що майбутні мережі рухомого зв'язку будуть включати різні неоднорідні мережі - від макросот до мікро-, піко- і навіть фемтосот, і різні типи вузлів, що використовують широкий вибір технологій доступу.
- Це пов'язано з тим, що мережа з одним видом доступу не може забезпечити повсюдне покриття і зв'язок з постійно високим рівнем якості обслуговування для великого числа вузлів.
- З іншого боку, існуючі мережі рухомого зв'язку, такі як стільникові мережі, проектувалися з позицій централізованого управління, і основні функціональні можливості сигналізації, що стосуються мобільності, зосереджені в базовій мережі.
- Разом з тим такий підхід може обмежувати ефективність роботи, оскільки сигналізація всього трафіку обробляється централізованими системами, і, отже, виникають питання масштабованості і якості роботи.

Мобільність

- З цієї точки зору в майбутніх мережах повинні підтримуватися **архітектура розподілених вузлів доступу з високим ступенем масштабованості**, механізми, що дозволяють операторам керувати **розподіленими** мережами рухомого зв'язку, і оптимальні маршрути для даних програми додатку і даних сигналізації
- **Розподілена архітектура** мереж рухомого зв'язку сприяє **простоті** розгортання нових технологій доступу за рахунок гнучкого розміщення на рівнях доступу функціональних можливостей, пов'язаних з мобільністю, а також оптимізації мобільності за рахунок створення коротких транзитних з'єднань і високошвидкісних мереж.
- У зв'язку з цим вона грає ключову роль в **забезпеченні мобільності** в майбутніх мережах.
- Незважаючи на те що існують технології, які забезпечують послуги мобільності незалежно від можливості вузла, цю послугу нелегко надати, якщо вузол має обмежені можливості, як, наприклад, сенсор. У зв'язку з цим в FN слід враховувати необхідність **забезпечення загальної мобільності**

Оптимізація

- Рекомендується, щоб FN забезпечували достатню **якість роботи** шляхом оптимізації можливостей мережевого обладнання, виходячи з вимоги до послуги та потреб користувача.
- Рекомендується, щоб в FN здійснювалися **різні види оптимізації в рамках мережі** з урахуванням різних фізичних обмежень мережевого обладнання.
- Обґрунтування: Поширення широкосмугового доступу буде сприяти появі різноманітних послуг з різними характеристиками і ще більше розширить асортимент вимог, що пред'являються до кожної послуги, таких як ширина смуги, затримка і т. п.
- Існуючі мережі проектувалися таким чином, щоб задовольнявся найвищий рівень вимог до цих послуг при максимальній кількості користувачів, а пропускна здатність устаткування, яка передбачалася для цих послуг, як правило, надто докладно визначалася для більшості користувачів і послуг. Якщо зберегти цю модель при одночасному зростанні потреб користувачів, то в майбутньому мережеве обладнання зіткнеться з різними **фізичними обмеженнями**, наприклад по пропускній здатності волоконно-оптичних кабелів, робочій частоті електричних пристроїв і т. п.
- З цієї причини в FN слід **оптимізувати пропускну здатність** мережного обладнання, а також здійснити оптимізацію в рамках мережі з урахуванням різних фізичних обмежень мережевого обладнання

Ідентифікація

- Рекомендується, щоб в FN забезпечувалася **нова структура ідентифікації**, яка може ефективно підтримувати мобільність і доступ до даних з можливістю зміни масштабу.
- Обґрунтування: **Мобільність і доступ до даних** є цілями проектування FN. Обидві ці характеристики вимагають забезпечення ефективною та масштабованою ідентифікації для великого числа мережеских комунікаційних об'єктів (хостів і даних).
- У сучасних мережах IP для ідентифікації хостів використовуються адреси IP. Фактично, існують покажчики хостів, які залежать від точок з'єднання з мережею.
- У міру переміщення хоста його ідентифікатор (ID) змінюється, що призводить до **переривання сеансів** зв'язку.
- У разі стільникових телефонів ця проблема не помітна, завдяки вирішенню питань мобільності на нижніх рівнях, однак, якщо нижній рівень не може це зробити, наприклад, у зв'язку з **різнорідністю мереж доступу**, ця проблема виникає знову.
- Аналогічним чином не існує широко використовуваних ідентифікаторів, які можуть використовуватися при ідентифікації даних.
- Отже, для забезпечення ефективною мережевою взаємодією хостів і даних в FN ці питання слід вирішити шляхом визначення нової структури ідентифікації. У цих мережах повинно забезпечуватися **динамічне зіставлення ідентифікаторів** даних і хостів, а також динамічне зіставлення цих ідентифікаторів і покажчиків хостів

Надійність і безпека

- Рекомендується, щоб проектування, експлуатація та розвиток FN здійснювалися таким чином, щоб забезпечити **надійність і здатність до відновлення**, з урахуванням складних умов.
- Рекомендується, щоб проектування FN здійснювалося таким чином, щоб забезпечити безпеку і конфіденційність їх користувачів.
- Обґрунтування: Оскільки FN повинні служити в якості ключової інфраструктури, що підтримує соціальну діяльність людини, вони повинні також надавати будь-який тип послуг, призначених для вирішення найважливіших завдань, таких як інтелектуальне управління трафіком (дорожнім, залізничним, авіаційним, морським і космічним), "розумні" електромережі, електронна охорона здоров'я, електронна безпека і електрозв'язок в надзвичайних ситуаціях (ET),

Надійність і безпека

- Комунікаційні пристрої використовуються для забезпечення безпеки людського життя і автоматизації людської діяльності (управління транспортним засобом і повітряним судном, управління офісом і будинком, медичний огляд і медичне спостереження і т. п.).
- Вони набувають надзвичайно велике значення в умовах лих (стихійних лих, наприклад землетрусів, цунамів, ураганів, військових чи інших зіткнень, великих дорожньо-транспортних пригод і т. п.).
- Від певних послуг реагування в надзвичайних ситуаціях (наприклад, зв'язку між окремою особою і органом влади) може також вимагатися **пріоритетний доступ** для санкціонованих користувачів, пріоритетна обробка трафіку викликів в надзвичайних ситуаціях, ідентифікація мережевих пристроїв і проставлення міток часу і місця розташування, в тому числі супутня інформація про **точність**, яка істотно підвищила б якість обслуговування
- У всіх користувачів повинна виникнути виправдана **довіра до майбутніх мереж**, в яких повинен забезпечуватися прийнятний рівень обслуговування, навіть якщо нормальна експлуатація ускладнюється різними несправностями і складними проблемами

Надійність і безпека

- Дана здатність FN називається **здатність до відновлення**, яка характеризується двома властивостями: **благонадійністю** (наскільки легко може встановитися довіра до системи) і **допустимим рівнем складних проблем**.
- Довіра може бути отримана на основі гарантії того, що FN забезпечуватимуть очікувану **якість роботи** при дотриманні надійності і безпеки.
- Благонадійність системи піддається впливу великої кількості проблем, що включають природні збої (наприклад, старіння апаратного забезпечення), масштабні лиха (стихійні або антропогенні), атаки (фізичні або кібератаки), невірні конфігурації, незвичайний, але законний трафік, а також екологічні проблеми (особливо в безпроводових мережах).
- У розділі по допустимому рівню складних проблем розглядається проектування і розробка FN, які можуть продовжувати надавати послуги навіть при наявності проблем. Його підрозділами є живучість, допустиме порушення зв'язку і допустимий трафік, які визначають можливість системи своєчасно виконати свою місію при наявності цих проблем.

Надійність і безпека

- FN характеризуються віртуалізацією і мобільністю, а також великими обсягами даних і численними послугами. Для забезпечення **безпеки мереж**, що володіють такими характеристиками, потрібно керувати доступом на багатьох рівнях (гарантії ідентифікації, аутентифікації і авторизації користувача).
- Ці вимоги доповнюють існуючі вимоги безпеки, наприклад визначені в Y.2701. сюди відноситься захист онлайнової ідентичності, репутація, а також надання користувачу можливості керування незапитуваними повідомленнями.
- У FN повинна забезпечуватися **безпечне онлайнове середовище** для кожного, зокрема для дітей, осіб з обмеженими можливостями та меншин

Намічений термін і перехід

- У Рекомендації Y.3001 при описі FN враховується допущення про те, що **експериментальні послуги** і поетапне розгортання майбутніх мереж, які забезпечують зазначені вище цільові установки і цілі розгортання, доведеться на період приблизно між 2015 і 2020 роками.
- Ця оцінка базується на двох факторах:
 - перший фактор - це стан існуючих технологій і тих, що розвиваються, які будуть використовуватися під час проведення експериментів і розвитку FN;
 - другий чинник - це те, що розвиток будь-яких невідомих раніше технологій, який може статися набагато пізніше цих приблизних термінів, має лише гіпотетичний характер.
- Справжній намічений термін не означає, що та чи інша мережа зміниться до цього розрахункового часу, проте очікується, що відбудеться розвиток її частин.
- Для забезпечення можливості впровадження нових і майбутніх мережевих технологій можуть застосовуватися **стратегії розвитку і переходу**. Такі сценарії розвитку і переходу є темами для подальшого вивчення

Технології, призначені для досягнення цілей проектування

- Віртуалізація мережі (віртуалізація ресурсів)
- Створення мереж, орієнтованих на дані / контент (доступ до даних)
- Енергозбереження в мережах (енергоспоживання)
- Управління роботою пристрою / обладнання в залежності від динаміки трафіку
- Внутрішнє управління мережею (управління мережею)
- Оптимізація мережі (оптимізація)
- Оптимізація на рівні пристрою
- Організація розподілених мереж рухомого зв'язку (мобільність)

Віртуалізація мережі (віртуалізація ресурсів)

- У FN повинен надаватися широкий набір додатків, послуг і архітектур мереж.
- Ключовою технологією, що забезпечує цю можливість, є **віртуалізація мережі**.
- Вона дозволяє створювати **логічно ізольовані ділянки мережі** в рамках спільно використовуваної фізичної мережевої інфраструктури таким чином, що в цій інфраструктурі можуть одночасно працювати багато різнорідних віртуальних мережі.
- Ця технологія дозволяє також об'єднувати багато ресурсів і створювати об'єднані ресурси, які вважаються **єдиним ресурсом**.
- Користувачі логічно ізольованих ділянок мережі можуть **програмувати елементи мережі** шляхом ефективного використання можливості програмування, яка дозволяє їм динамічно імпортувати недавно створені технології в віртуалізоване обладнання (наприклад, маршрутизатори / комутатори) на мережі і змінювати їх конфігурацію.

Віртуалізація мережі (віртуалізація ресурсів)

- При віртуалізації мережі також має місце створення федерації мереж, при якій багато мережевих інфраструктур можуть працювати в **рамках однієї мережі**, навіть якщо вони територіально рознесені і управляються різними постачальниками.
- Забезпечення можливості **програмування і створення федерації** вимагає підтримки **динамічного переміщення логічних елементів мережі**, послуг і можливостей між логічно ізольованими ділянками мережі.
- Іншими словами, можна переміщати ту чи іншу послугу або елемент з однієї ділянки мережі і заново надавати послугу або елемент кінцевим користувачам або іншим постачальникам. При цьому кінцеві користувачі або інші постачальники можуть знаходити такі **дистанційні послуги та елементи** і здійснювати до них доступ

Створення мереж, орієнтованих на дані / контент (доступ до даних)

- Лавиноподібне зростання всесвітньої павутини в інтернеті призвело до **масштабного розподілу цифрового контенту**, наприклад текстів, зображень, аудіо та відео, що складає більшу частину трафіку інтернету.
- У зв'язку з цим було запропоновано декілька методів створення мереж, в яких акцент робиться на розподіл контенту. До них відносяться
 - так звані мережі розподілу контенту (CDN) У.2019 і
 - створення однорангових (P2P) мереж для спільного використання контенту.
- Крім того, були запропоновані деякі зовсім нові підходи, зосереджені на управлінні даними / контентом **з точки зору використання мережі**.
- Ці підходи відрізняються від застосовуваних у існуючих мережах принципів адресації, маршрутизації, механізмів забезпечення безпеки та т. п.
- У той час як механізм маршрутизації в сучасних мережах спирається на "місце розташування" (адреса IP або ім'я хоста), нові методи маршрутизації базуються на імені даних / контенту, і ці дані / контент можуть зберігатися за багатьма фізичними адресами при використанні **механізму кешування** в масштабах всієї мережі.

Створення мереж, орієнтованих на дані / контент (доступ до даних)

- Що стосується питань безпеки, існують пропозиції, в яких для всіх даних / контенту є **підпис з відкритим ключем** і може бути забезпечена їх автентичність.
- У ще одному дослідженні акцент робиться на **найменування та перетворення імен даних в мережі**.
- У деяких підходах передбачається реалізація накладеної мережі з використанням існуючих мереж на базі IP, а в інших - нова основа для реалізації з чистого аркуша.
- Існують два дослідницькі проекти, в яких пропонується нова парадигма під назвою "**створення мереж, заснованих на публікації / підписці**".
- При створенні таких мереж відправники даних "публікують" те, що вони хочуть відправити, а одержувачі "підписуються" на публікації, які вони хочуть отримувати.
- Здійснюється і інша науково-дослідницька діяльність, спрямована на створення нових архітектур мереж, заснованих на новій інформації про контент / дані і моделі управління інформацією

Енергозбереження в мережах (енергоспоживання)

- **Зниження енергоспоживання** має надзвичайно велике значення стосовно обізнаності в питаннях навколишнього середовища і експлуатації мережі. Сюди відносяться багато технологій на рівні пристроїв, обладнання та мережі
- Кожна з технологій, які стосуються одного і того ж рівня або різних рівнів, повинна функціонувати не окремо, а повинна взаємодіяти з іншими технологіями **для забезпечення спільного рішення**, яке зводить до мінімуму сумарне енергоспоживання.
- Існують наступні три перспективних галузі енергозбереження в мережах:
 1. **Передача трафіку з використанням зниженої потужності.**
- В існуючих методах передача даних, як правило, здійснюється з використанням пристроїв і обладнання, які споживають надлишкову енергію, і їх енергоспоживання залежить в основному від швидкості передачі. Енергозберігаючі технології дозволяють домогтися такої ж швидкості передачі при меншій потужності з використанням пристроїв / обладнання малої потужності, фотонної комутації, полегшених протоколів і т. п. і, таким чином, зменшити величину споживаної енергії в розрахунку на переданий біт

Енергозбереження в мережах (енергоспоживання)

2. **Управління роботою пристрою / обладнання в залежності від динаміки трафіку**
 - Існуючі мережеві пристрої або системи безперервно функціонують в умовах максимальних показників і на повній швидкості.
 - На відміну від цього мережі з енергозберігаючими технологіями працюватимуть з урахуванням трафіку, використовуючи такі методи, як **управління неактивним режимом**, динамічне масштабування напруги і частоти, а також роботу при динамічній синхронізації
 - Все це призводить до зниження необхідного сумарного енергоспоживання.
3. **Задоволення запитів клієнтів з використанням мінімального обсягу трафіку**
 - В існуючих мережах, як правило, не приділяється увага загальному обсягу трафіку, необхідного для задоволення запитів клієнтів.
 - Однак мережі, що використовують енергозберігаючі технології, будуть задовольняти запити при мінімальному обсязі трафіку.

Енергозбереження в мережах (енергоспоживання)

- Тобто вони можуть **знижувати обсяг несуттєвого і невиправданого трафіку**, наприклад надлишкові повідомлення, що підтверджують активність, або дубльовані повідомлення користувачів, за допомогою багатоадресової розсилки, фільтрації, кешування, переадресації і т. п. Ці мережі знижують трафік і, отже, зменшують необхідне сумарне енергоспоживання.
- З урахуванням цих характеристик використання **енергозбереження в мережах** може зменшити сумарне енергоспоживання і послужити вирішенням **екологічних питань** з точки зору мережі.
- Впровадження тієї чи іншої нової послуги може підвищити енергоспоживання, однак мережі, що використовують **енергозберігаючі технології** можуть послабити вплив цього підвищення. У порівнянні з випадками, коли енергозберігаючі технології не використовуються, можливо, навіть вдасться **знизити загальне енергоспоживання**

мережею (управління мережею)

- У зв'язку з обмеженнями, властивими сучасній діяльності з управління мережами, розробляється **новий метод децентралізованого управління мережею**, званий внутрішнім керуванням
- В якості базових допоміжних понять в нього входять децентралізація, самоорганізація, автономія і автономічність.
- Ідея полягає в тому, щоб на відміну від колишнього підходу **вбудувати завдання управління безпосередньо в мережу** і, по суті, дати їй можливість управління складністю.
- Тоді FN як керована система буде виконувати функції управління на свій розсуд.
- Внутрішнє управління FN має такі властивості. В майбутньому мережі стануть масштабнішими, і в них буде складно забезпечувати різні послуги з різними характеристиками, такими як пропускна здатність і QoS.
- Таким чином, управління мережевою інфраструктурою та обслуговуванням в мережі стане **комплексним і складним**.

Внутрішнє управління мережею (управління мережею)

- Раніше пропонувалися різні підходи по стандартизації системи управління мережею шляхом визначення загального інтерфейсу системи експлуатації, наприклад принцип сервісно-орієнтованої архітектури (SOA), проте вони не отримали застосування через **проблеми з вартістю**.
- В майбутньому ця проблема посилиться у зв'язку зі збільшенням кількості різних систем управління, обумовленим зростанням послуг, і, отже, необхідні **високоєфективні технології експлуатації і управління**.
- Крім того, оскільки зараз експлуатація та управління мережею залежать головним чином від навичок осіб, які забезпечують управління мережею, істотними проблемами є **спрощення завдань управління мережею і передача знань працівників**
- Для досягнення цих цілей можна використовувати дві можливі функції.
 - Першою функцією є **уніфікована система експлуатації і управління з позицій високоєфективного управління**;
 - другою функцією є **складний інтерфейс управління і система успадкування знань і ноу-хау оператора**, щоб експлуатація та управління могли здійснюватися оператором з більш низькою кваліфікацією

мережею (управління мережею)

- Можливі функції FN для досягнення цих цілей:
 - а) Загальний інтерфейс експлуатації і управління. Даний інтерфейс забезпечує високоефективні експлуатацію і управління для адаптації всіх мережевих систем, які забезпечують різні послуги. Технологія бази даних є головною умовою автоматичного перекладу даних старої системи, що містять інформацію користувача і інфраструктурну інформацію, в нову систему.
 - б) Складний інтерфейс контролю і система успадкування знань і ноу-хау оператора
- Для того щоб спростити операторам, які не мають спеціальних навичок, здійснення контролю та управління різними мережевими системами і послугами в мережі, системи експлуатації FN повинні мати **механізми автономного контролю і самостабілізації**.
- Вдосконалені дружні інтерфейси контролю також допоможуть у вирішенні деяких завдань експлуатації мережі та управління нею

Внутрішнє управління мережею (управління мережею)

- Одним з життєздатних підходів є "візуалізація" наступних різних станів мережі:
 1. **Візуалізація управління системою** (технологія на рівні програмного забезпечення). Технологія візуалізації мережі підтримує роботу системного адміністратора та підвищує її ефективність за рахунок простої візуалізації станів мережі.
- Технології візуалізації включають моніторинг мереж, локалізацію несправностей і автоматизацію мережевої системи.
 2. **Візуалізація управління інфраструктурою** (технологія на рівні апаратного забезпечення). Технології візуалізації на рівні апаратного забезпечення також є ефективним засобом підтримки фахівців з експлуатації.
- До них відносяться моніторинг волоконно-оптичних кабелів і станів засобів зв'язку, локалізація несправностей і ідентифікація волокон.
- Крім того, вони полегшують визначення місцезнаходження відмови, зокрема, чи знаходиться вона на стороні мережі або користувацьких пристроїв, що **знижує витрати на технічне обслуговування**

Оптимізація мережі (оптимізація)

- Поява нових послуг підвищить **ширину смуги**, яка потрібна для багатьох користувачів, в той час як інших користувачів як і раніше буде влаштовувати існуюча ширина смуги.
- Це призведе до розширення вимог користувачів до ширини смуги.
- Існуючі мережі проектувалися таким чином, щоб задовольняти **максимальні потреби користувачів**, і для більшості послуг пропускна здатність обладнання має підвищені показники.
- В майбутньому мережеве обладнання зіткнеться з різними **фізичними обмеженнями**, наприклад по пропускній здатності волоконно-оптичного кабелю, робочій частоті оптичних і електричних пристроїв і споживаній потужності.
- З цієї причини FN слід проектувати таким чином, щоб підвищити ефективність використання при наданні **оптимальних** (тобто не надлишкових) можливостей для задоволення потреб користувачів.
- У плані вирішення зазначених вище питань можуть розглядатися три перспективні напрямки: оптимізація на рівні пристрою,

СИСТЕМИ

- Метод **оптимізації на рівні пристрою** **робочої швидкості передачі**, що включає методи оптимізації на оптичному і електричному рівнях, а також гібридному оптико-електричному рівні, передбачає мінімально необхідну ширину смуги для послуг і додатків.
- **Оптимізація на рівні системи**. Незважаючи на те, що шифрування всіх даних в мережах є оптимальним рішенням для захисту від загроз безпеки, в даний час дані вибірково шифруються за допомогою функцій верхнього рівня, які занадто повільні, для того щоб шифрувати всі дані.
- **Оптимізація механізмів безпеки**, тобто зосередження функцій шифрування на більш низьких рівнях обробки (метод обробки на фізичному рівні, наприклад: технологія передачі з використанням оптичного кодового поділу каналів OCDM)) і припинення шифрування на більш високих рівнях, дозволила б домогтися більшої безпеки і при цьому забезпечити **малий час очікування і енергоефективність**.

Оптимізація на рівні мережі

- **Оптимізація на рівні мережі.** Даний напрямок оптимізації служить рішенняю таких проблем, як фізичне обмеження по пропускній здатності оптичного кабелю і робочій частоті електричного пристрою шляхом зміни самих потоків трафіку.
- Цей метод пропонує також потенційно більш ефективне використання мережевих ресурсів, таких як мережеві тракти або обладнання
- 1. **Оптимізація тракту.** Сучасні мережі, по яких передаються існуючі послуги, наприклад текст або голос, не можуть бути перетворені в високошвидкісні оптичні мережі, що забезпечують для всіх високу пропускну здатність і наскрізну передачу (E2E) з малим часом очікування, в зв'язку з економічними, технічними і іншими подібними проблемами

Оптимізація на рівні мережі

- Метод оптимізації тракту забезпечує **оптимальний тракт** з урахуванням характеристик послуги та умов трафіку на маршруті передачі.
 - Крім того, він дозволяє **синхронізувати дані**, що направляються по якому-небудь іншому тракту, і тим самим забезпечує можливість передачі інформації, яка складається з багатьох даних з різними характеристиками, використовуючи інший тракт.
 - У поєднанні з оптимізацією робочої швидкості можна добитися передачі даних в діапазоні від низьких до дуже високих швидкостей по одній мережі, що забезпечує зручне одночасне функціонування і більш високу ефективність.
2. **Оптимізація топології мережі.** Даний метод оптимізує топологію мережі на верхньому рівні (наприклад, на рівні пакетів), використовуючи не тільки інформацію верхнього рівня, наприклад географічний розподіл потреб користувачів в трафіку, а й інформацію про топології на нижньому рівні (наприклад, оптичному рівні) мереж

Оптимізація на рівні мережі

3. **Оптимізація точки адаптації.** В існуючих мережах кожна послуга передається по одній і тій же лінії доступу; отже, точка доступу забезпечує можливість надання користувачеві всіх послуг.
 - Це зменшує ефективність адаптації, оскільки кожна послуга має різні характеристики, такі як ширина смуги, час очікування, зручність використання.
 - Метод оптимізації точки адаптації забезпечує високу ефективність і гнучку адаптацію, що дозволяє оптимізувати точку адаптації з урахуванням, наприклад, можливої відстані передачі для кожної послуги, в якій повною мірою використовуються переваги оптичних технологій і передача на велику відстань.
4. **Оптимізація кешу і зберігання.** Розподіл різних видів контенту ефективним чином і поліпшення QoS при меншій вартості є складним завданням для майбутніх мереж.
 - Використання можливостей зберігання і кешування дозволяє розподіляти і доставляти контент якомога ближче до кінцевих користувачів. Тим самим забезпечується оптимізація показників роботи мережі та поліпшення оцінки якості послуги (QoE) з боку кінцевих користувачів

Оптимізація на рівні мережі

5. **Оптимізація обчислень.** Можливості обчислень, що надаються мережею, дозволяють кінцевим користувачам (головним чином підприємствам) розміщувати і виконувати обчислювальні завдання (програмні додатки, включаючи аспекти оптимізації).
- Можливості розподілених обчислень в мережі дозволяють **більш гнучко** використовувати мережу і покращують показники роботи послуги та мережі

Організація розподілених мереж рухомого зв'язку (мобільність)

- У сучасних мережах головні функції, наприклад управління фізичною мобільністю, аутентифікація і сервери додатків, встановлені в централізованих системах або базовій мережі рухомого зв'язку, що створює проблеми, пов'язані, наприклад, з масштабованістю, якістю роботи, єдиною точкою відмови і вузькими місцями.
- Використання невеликих **переносних вузлів безпроводового доступу з розподілом мережевих функцій**, включаючи функції мобільності, привертає широку увагу в якості альтернативного методу доступу, особливо стосовно розгортання в житлових приміщеннях і на підприємствах
- У даній **розподіленій архітектурі управління** подіями, пов'язаними з мобільністю, і трактами передачі даних, а також їх прив'язка можуть здійснюватися як можна ближче до терміналів, щоб уникнути проблем з масштабованістю і якістю роботи.
- Проблеми з єдиною точкою відмови і вузькими місцями також можна локалізувати, оскільки на границі рівня вузла доступу здійснюється управління лише невеликим числом терміналів.
- За рахунок **гнучкого розподіленого розміщення** в будь-якій частині мережі **функціональних можливостей**, які традиційно розташовувалися в базовій мережі рухомого зв'язку, можна реалізувати високоефективну і масштабовану мережу рухомого зв'язку

Організація розподілених мереж рухомого зв'язку (мобільність)

- Отже, на відміну від існуючої мережі рухомого зв'язку при організації розподілених мереж рухомого зв'язку можна:
 - локалізувати і оптимізувати тракт проходження сигналізації і даних;
 - Забезпечити для мережевого адміністратора можливість управління трактами сигналізації і даних;
 - Розміщувати функціональні об'єкти (наприклад, управління мобільністю) в будь-якому місці мережі (як в базовій мережі рухомого зв'язку, так і в мережах доступу);
 - Забезпечити функцію виявлення (мережевих ресурсів і пристроїв) пристроїв, що підключаються, здійснювану централізованим і розподіленим образами;
 - Підключати пристрої, які не здатні в повній мірі забезпечувати мобільність і / або безпеку без погіршення їх характеристик
- За рахунок підтримки зазначених вище функціональних можливостей при організації розподілених мереж рухомого зв'язку можна забезпечити режим постійного підключення, постійного найкращого з'єднання і гарантоване надання наскрізних послуг

SDN

- SDN (software-defined networking) являє собою набір методів, який дозволяє користувачам безпосередньо програмувати, організовувати, контролювати і управляти мережевими ресурсами, що полегшує проектування, постачання і функціонування мережевих служб в динамічній і масштабуємій манері

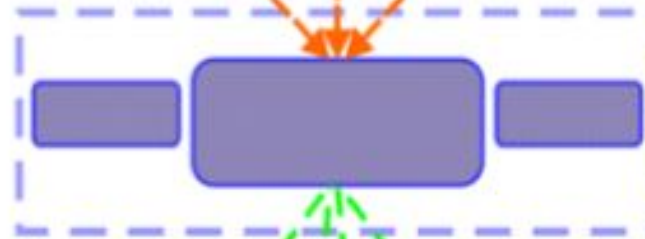
Концепція SDN

SDN applications



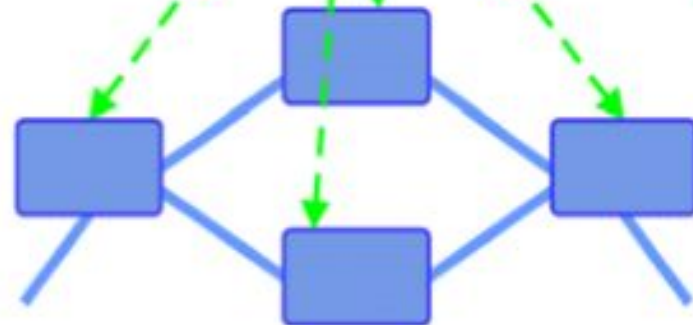
Programmatic control of abstracted network resources
(*application-control interface*)

SDN controllers



Logically centralized control of network resources
(*resource-control interface*)

Network resources



SDN

- SDN переміщує контроль мережевих ресурсів на **виділений мережевий елемент**, а саме **контролер SDN**, який забезпечує засоби для програмування, інструментування, контролю і управління мережевими ресурсами за допомогою програмного забезпечення (наприклад, додатки SDN).
- **Розподілені мережеві ресурси** виконують функції мережі, такі як транспортування пакетних даних і обробка, але поведінка мережевих ресурсів безпосередньо контролюється через стандартизований інтерфейс (тобто інтерфейс управління ресурсами) і відповідну інформацію і моделі даних.
- Контролер SDN використовує інтерфейс і здійснює управління мережевими ресурсами логічно централізованим способом.
- Контролер SDN керує і налаштовує розподілені мережеві ресурси і забезпечує абстрактний вид мережевих ресурсів для додатків SDN через інший стандартизований інтерфейс (тобто, інтерфейс управління додатками) і відповідну інформацію і моделі даних.
- Додаток SDN можна налаштувати і автоматизувати операції (в тому числі управління) абстрагованих мережевих ресурсів **програмованим чином** через цей інтерфейс. Зверніть увагу, що контролер SDN може надати різні типи інтерфейсів для SDN додатків (наприклад, більш абстрагований чи більш об'єктно-орієнтований).

Цілі SDN

- Цілями SDN є реалізація:
- **більш швидких бізнес-циклів мережі** - SDN скорочує час відгуку бізнес-запитів до мережевих провайдерів, наприклад, підвищити рівень задоволеності клієнтів або скоротити термін окупності інвестицій за рахунок подальшої автоматизації мережевих операцій
- **Прискорення інновацій** - SDN прискорює бізнес і / або технічні інновації шляхом більшої гнучкості мережевих операцій, що робить випробування легшим;
- **Прискорена адаптація до вимог замовника** - SDN полегшує розміщення вимог підключення клієнта за допомогою динамічного узгодження характеристик мережевих послуг і динамічного управління мережевими ресурсами;

Цілі SDN

- Підвищення доступності ресурсів і ефективності використання - SDN призначена для підвищення мережевої доступності та ефективності використання ресурсів, зокрема, в поєднанні з віртуалізацією мережі, в зв'язку з введенням високого рівня автоматизації загальних процедур надання послуг і операцій, від узгодження параметрів сервісу до виконання і забезпечення;
- Налаштування мережевих ресурсів, включаючи сервіс-залежні мережі - SDN дозволяє мережеві настройки для мережевих служб, які мають різні вимоги, за допомогою програмування операцій мережевого ресурсу, в тому числі динамічного виконання набору політик (наприклад, планування ресурсів як функція від кількості замовлень клієнтів, що підлягають обробці протягом часу, від пересилки і маршрутизації, якості обслуговування (QoS) і інжинірингу трафіку, безпеки)

МОЖЛИВОСТІ ВИСОКОГО РІВНЯ SDN

- ❑ **Можливість програмування** - Поведінка мережевих ресурсів може бути налаштована за допомогою додатків SDN через стандартний інтерфейс програмування з функціональністю контролю і управління. Користувачами інтерфейсу можуть бути мережеві провайдери, постачальники послуг і клієнти, включаючи кінцевих користувачів. Це дозволяє додаткам SDN автоматизувати операції мережевих ресурсів відповідно до їх потреб.
- ❑ **Абстракція ресурсів** - Властивість і поведінка основних мережевих ресурсів може бути належним чином абстрагована і зрозуміла, організована, керована і / або контрольована тими, хто їх програмував, завдяки відповідній, стандартній інформації і моделям даних. Ці моделі забезпечують детальний абстрактний вид фізичних або віртуальних мережевих ресурсів.
- **Програмованість** сприяє впровадженню високого рівня автоматизації в загальному порядку надання послуг, для досягнення гнучкості бізнесу, таких як створення і надання динамічного сервісу. Стандартизований інтерфейс, що забезпечує канал для взаємодії між додатками SDN і контролерами SDN, використовується для доступу до інформації про мережу та для програмування мережевої поведінки специфічного додатка. Ця програмованість забезпечує можливість контролювати або конфігурувати мережеві елементи за допомогою логічно централізованого контролера SDN через інший стандартизований інтерфейс.

Вимоги для SDN

- SDN забезпечує програмованість управління мережею і абстракції основних мережевих ресурсів, поряд з іншими функціями SDN.
- Мережеві ресурси, використовувані в даному контексті вимог відносяться до елементів мережі, включаючи комутатори і маршрутизатори. Для того щоб підтримати ці можливості, вимоги, що пред'являються до SDN, описуються наступним чином:
 - ❑ SDN потрібно для підтримки програмованості мережевих ресурсів;
 - ❑ SDN потрібно для підтримки організації мережевих ресурсів і додатків SDN;
 - ❑ SDN потрібно для забезпечення інтерфейсу програми управління для налаштування поведінки мережевих ресурсів;
 - ❑ SDN потрібно надання інтерфейсу управління ресурсами для управління мережевими ресурсами;
 - ❑ SDN потрібно для забезпечення логічно централізованого управління мережевими ресурсами;
 - ❑ SDN потрібно для відокремлення управління SDN від мережевих ресурсів;
 - ❑ SDN потрібно для підтримки абстракції основних мережевих ресурсів, за допомогою стандартної інформації і моделей даних;
 - ❑ SDN потрібно для підтримки керування фізичними мережевими ресурсами;
 - ❑ SDN рекомендується для підтримки управління віртуальними мережевими ресурсами

Високорівнева архітектура SDN

