УДК 621.391

Недашківский А.Л., к.т.н.

ПРОБЛЕМИ ОСТАННЬОГО КРОКУ METRO ETHERNET МЕРЕЖ ДОСТУПУ ТА СТРАТЕГІЇ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Nedashkivskyy O.L. The last foot problems of Metro Ethernet access networks and strategies to overcome them.

The article analyzes the current state and practice of multidwelling distribution networks for providers that build network based on Metro Ethernet and FTTB. The main obstacles have been identified. The comparative analysis of Metro Ethernet technologies with such as mobile, trunking, paging and satellite; WiFi and WiMAX; xDSL and BPL; cable TV and cable Internet are conducted.

Based on the positive aspects of successful implementations theory of mass sales in telecommunications there are analyzed the proposed network optimization strategy of last foot for the Metro Ethernet. The result of the analysis shows that it is necessary to bring the point of connection to the client as close as possible without changing the technology last foot.

The paper articulated statement of the problem and proposed several ways to approaching the point of connection without changing technology of the last step. For all methods developed and presented the organization architecture of multidwelling distribution networks.

The application of the proposed methods will eventually allow to increase the speed of the connection organization to the limit; maximum approach of the point of connection to the Client; transformation of preparatory operations to the laying of floor wiring; saving money by reducing the impact of blocked access to existing low-current risers and, as a consequence, reducing the amount of construction of own ones; ensuring the ability to independently perform connection without the involvement of the operator's specialists.

The further directions of researches in view of the offered strategy are outlined.

Keywords: Metro Ethernet, access network, last foot, multidwelling distribution networks, Internet.

Недашківський О.Л. Проблеми останнього кроку Metro Ethernet мереж доступу та стратегії їх подолання. В статті проведено аналіз існуючого стану та практики будівництва домових розподільчих мереж для провайдерів, які будують мережі на основі технології Metro Ethernet та FTTB. Виявлені основні перешкоди.

Запропоновані нові стратегії оптимізації мереж останнього кроку для технології Metro Ethernet та сформульована постановка задачі. В статті запропоновано декілька способів наближення точки підключення без зміни технології останнього кроку та розроблена архітектура організації нових домових розподільчих мереж.

Окреслені наступні напрямки досліджень з урахуванням запропонованих стратегій.

Ключові слова: Metro Ethernet, мережі доступу, останній крок, домові розподільчі мережі, Інтернет.

Недашковский А.Л.. **Проблемы последнего шага Metro Ethernet сетей доступа и стратегии их преодолении.** В статье проведен анализ существующего состояния и практики строительства домовых распределительных сетей для провайдеров, которые строят сети на основе технологии Metro Ethernet и FTTB. Выявлены основные препятствия.

Предложены новые стратегии оптимизации сетей последнего шага для технологии Metro Ethernet и сформулирована постановка задачи. В статье предложено несколько способов приближения точки подключения без изменения технологии последнего шага и разработана архитектура организации новых домовых распределительных сетей.

Обозначенные следующие направления исследований с учетом предложенных стратегий.

Ключевые слова: Metro Ethernet, сети доступа, последний шаг, домовые распределительные сети, Интернет.

Вступ

Мережа Інтернет та послуги, які вона надає, стають все більше і більше життєво необхідними для людей, країн і всього світу в цілому, що підтверджується включенням Міжнародним союзом телекомунікацій індексів Інтернет-охоплення у щорічний звіт «Показників розвитку світового Інформаційного суспільства» (ITU «Measuring the Information Society Report» [1]).

© Недашківський О.Л., 2017

При цьому, ринок доступу в Інтернет в Україні зростає швидше, ніж інші послуги зв'язку, але йому ще далеко до домінування [2]. Не дивлячись на впевнене зростання Інтернет аудиторії в Україні, що вже випереджає середньосвітовий показник, проникнення залишається дуже низьким, що вимагає дослідження, пояснення та виправлення.

Найбільш динамічною технологією доступу до мереже Інтернет є технологія Metro Ethernet [3], яка на ділянці «останнього кроку» використовує підключення кабелями п'ятої категорії за технологією Ethernet з бітовою швидкістю 100 Мбіт/ с (IEEE 802.3 пункт 24 та 25: 100BASE-TX») [4]) та 1 Гбіт/с (IEEE 802.3 пункт 40: 1000BASE‑T [4]).

Згідно до стандарту [4], максимальна довжина абонентської лінії не може перевищувати сто метрів, а отже основна зона застосування обмежується багатоповерховою забудовою, або забудовою з високою щільністю користувачів. В цьому випадку абонентські лінії прокладаються у слабоструменевих міжповерхових стояках (вертикальна частина структурованої кабельної системи/мережі (СКС) та закладних у підлогу чи стелю трубах або відкритим способом шляхом кріплення монтажними скобами до стін (вертикальна частина СКС).

За кордоном стандарти та правила проектування, будівництва та експлуатації СКС достатньо добре регламентовані [5-10], і відокремлені від понять «абонентська лінія» і «лінія зв'язку», як спеціалізовані і більш вузько направлені ніж це регламентується в Україні [11]. Це призводить до непорозумінь і різночитання вимог національних будівельних норм, правил, стандартів, а головне до протиріччя між замовниками (клієнтами) та виконавцями, адже замовники орієнтуються і вимагають застосування сучасних технологій, а проектувальники й будівельники повинні при цьому додержуватись національних регулюючих документів при будівництві та реконструкції об'єктів будівництва. Це перша проблема, що може бути вирішена шляхом удосконалення нормативно-правової бази на основі раціонального науково обґрунтованого підходу.

Іншою проблемою є вкрай незадовільний стан існуючих слабоструменевих міжповерхових стояків, які з моменту будівництва, як правило жодного разу не обслуговувалися (інвентаризація, чистка, ремонт, розширення), що, часто, не дає змоги прокладання нових кабелів для підключення нових абонентів. В деяких випадках слабоструменеві міжповерхові стояки пошкоджені і не здатні до відновлення або ж зовсім відсутні. Це друга проблема, яка стримує зростання рівня проникнення Інтернет і може бути вирішена шляхом врегулювання зон відповідальності між утримувачами будинків, провайдерами Інтернет та користувачами.

В якості третьої проблеми виділимо зростання термінів підключення клієнтів і усунення пошкоджень, які негативно вливають на рівень якості послуг, що надаються користувачам, через неможливість доступу до інфокомунікаційної інфраструктури та зростання вартості.

Сформулюємо мету таким чином – розробити нові ефективні способи підключення користувачів послуги доступу до Інтернет без зміни технології «останнього кроку» мереж, побудованих за технологією Metro Ethernet.

Видається можливим досягти мети за допомогою використання багато парних кабелів п'ятої категорії [12]. Для цього проаналізуємо переваги та недоліки технології Metro Ethernet.

1. Аналіз переваг та недоліків технології Metro Ethernet

В умовах теперішнього світу основною перевагою будь-якого товару, в тому числі телекомунікаційних послуг, є можливість організації так званих «масових продажів» при яких мінімізуються прямі (грошові) на непрямі (наприклад часові) витрати. Сформулюємо поняття «Масові продажі в сфері телекомунікацій» як – Надання послуг в потрібний час, в потрібному місці без підготовчих операцій для всіх і кожного. При цьому масові продажі не можливі без оптимізації технічних, організаційних та фінансових ресурсів.

Прикладами мереж і технологій, які дозволяють успішно реалізувати стратегію масових продажів є:

а) мобільний, транкінговий, супутниковий, пейджинговий зв'язок;

б) WiFi, WiMAX;

в) xDSL (при умови наявності існуючої телефонної лінії);

г) BPL (Broadband over power lines - технологія широкосмугового доступу лініями електропередач),

запорукою успіху яких є те що:

а) точка доступу (фізична точка підключення кінцевого абонентського обладнання) організовується моментально;

б) точкою надання послуги (точкою доступу) є практично будь-яке місце в просторі, що належить зоні покриття;

в) мінімальні підготовчі операції як з боку оператора телекомунікацій, так і користувача;

г) простота активації, отримання та модифікації параметрів послуг.

Прикладами квазіуспішної реалізації можна назвати послуги, що реалізуються такими технологіями як:

а) кабельне телебачення;

б) кабельний Інтернет,

де запорукою успіху яких є те, що:

а) точка доступу організовується дуже швидко;

б) точка надання послуги розташована не більше ніж за 10 метрів від приміщення клієнта;

в) майже мінімальні підготовчі операції;

г) достатня простота активації, отримання та модифікації параметрів послуг.

Розглянемо технологію Metro Ethernet. На ділянці «останнього кроку» використовується підключення кабелями п’ятої категорії за технологією Ethernet. Максимальна довжина абонентської лінії не може перевищувати сто метрів. Отже основна зона застосування обмежується багатоповерховою забудовою, або забудовою з високою щільністю користувачів. В цьому випадку:

а) абонентські лінії прокладаються у слабоструменевих міжповерхових стояках (вертикальна частина СКС) та закладних у підлогу чи стелю трубах або відкритим способом шляхом кріплення монтажними скобами до стін (вертикальна частина СКС);

б) обладнання оператора зв’язку вузлів доступу (ВД), що є межею мережі доступу оператора, розміщуються в підвальних приміщеннях або на технічних поверхах (горищах, ліфтових надбудовах).

Отже підключення клієнтів за теперішніх умов при використання технології Metro Ethernet характеризуються наступним:

а) точкою надання послуги є порт в ВД, розташованому в недоступному для абонента місці;

б) середня відстань до клієнта більше 50 метрів;

в) середні витрати часу на підключення одного абонента при сприятливих умовах більше 2-х годин (наведено мінімальний час без врахування витрат на будівництво абонентської лінії та транспортування);

г) висока частота появи несприятливих умов, як то:

1) засмічені, пошкоджені, повністю зайняті слабоструменеві міжповерхові стояки (ССМПС);

2) відсутній або ускладнений доступ до ВД, ССМПС, слабоструменевих оглядових щитів (ССОЩ);

3) наявність додаткових архітектурних вимог і ін.

Як результат отримуємо:

а) неможливість масових продажів;

б) необхідність будівництва нових окремих ССМПС та ССОЩ кожним оператором телекомунікацій;

в) низька продуктивність служб підключення клієнтів та служб усунення пошкоджень;

г) висока частка включень з перевищенням, регламентних термінів;

д) висока частота перенесення дати підключення;

е) зниження довіри клієнтів та потенційних користувачів послуг доступу до мереж передачі даних (МПД) та абонентів, тобто існуючих користувачів послуг доступу до МПД.

2. Стратегії оптимізації мереж останнього кроку для технології Metro Ethernet

Розглянемо декілька альтернативних стратегії подолання недоліків та проблем, що властиві сучасним способам використання технології Metro Ethernet.

Альтернатива 1: «Будівництво нових, окремих для кожного провайдера, ССМПС в 100% випадках але без будівництва внутрішньо будинкової розподільчої мережі (ВБРМ), як такої». Тобто без прокладання індивідуальних абонентських ліній. Індивідуальні абонентські лінії прокладаються між ВД та приміщенням абонента в момент отримання заяви на нове підключення до МПД;

Альтернатива 2: «Використання на «останньому кроці» технології з радіо доступом». В цьому випадку звичайна абонентська лінія п’ятої категорії заміняється однією з відомих технологій радіодоступу та вимагає додаткових апаратних, організаційних та радіочастотних ресурсів;

Альтернатива 3: «Збільшити кількість бригад служб підключення нових клієнтів та усунення пошкоджень». З одного боку це підвищить швидкість підключення та усунення пошкоджень, але неминуче різко збільшить витрати на оплату праці;

Альтернатива 4: «Наблизити точку підключення до клієнта якомога ближче без зміни технології останнього кроку». Передбачається організувати домові розподільчі системи/мережі (ДРС) таким чином, аби знайти оптимальне співвідношення між операційними й капітальними витратами та часовими характеристиками, що сильно впливають на рівень якості обслуговування клієнтів.

В таблиці 1 наведені результати порівняльного аналізу цих альтернатив.

Таблиця 1. Результати порівняльного аналізу різних альтернатив

Параметр	Альтернатива 1	Альтернатива 2	Альтернатива 3	Альтернатива 4
Швидкість виконання підключення	++	++++	+	+++
Наближеність точки підключення до користувача	+	+++	+	++
Необхідність проведення підготовчих робіт	+	++++	++	+++
Простота активацій, отримання та модифікації послуг	+	++++	++	+++
Можливість масових продажів	-	+	-	+

За результатами аналізу, видно, що варті уваги наступні стратегії:

- Альтернатива 1: «Будівництво нових, окремих для кожного провайдера слабкострумових стояків в 100% випадках без будівництва ДРС, як такої»;
- Альтернатива 4: «Наблизити точку підключення до клієнта якомога ближче без зміни технології «останнього кроку».

В загальному випадку Альтернатива 1 є окремим випадком Альтернативи 4, і тому детально потрібно досліджувати Альтернативу 4 в порівнянні з існуючими на сьогоднішній день прийомами і способами організації надання послуг доступу до мережі Інтернет Metro Ethernet провайдерами.

3. Постановка задачі та способи її вирішення

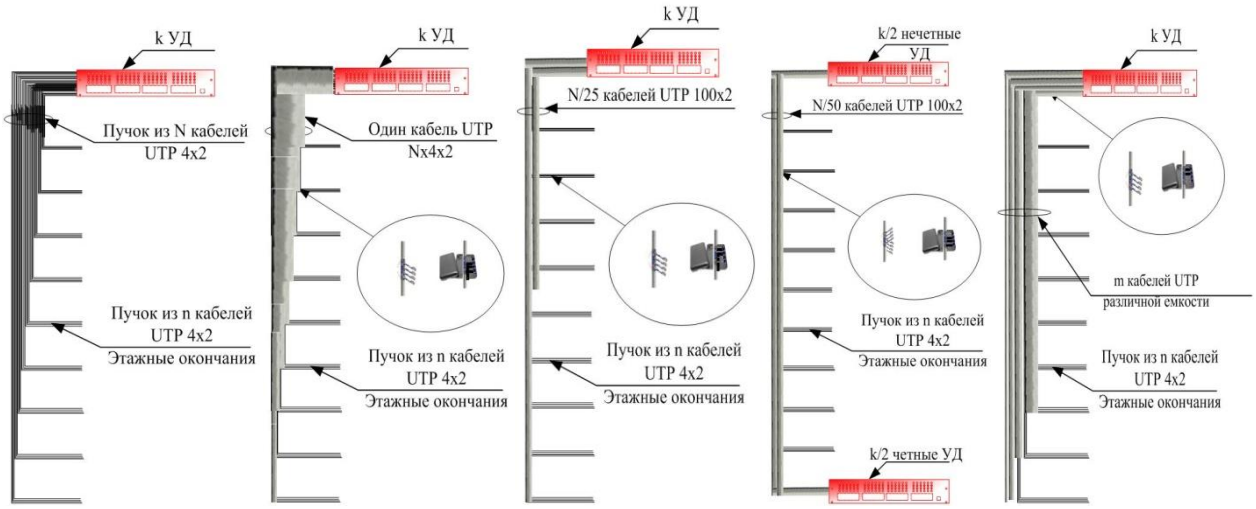
Сформулюємо задачу як:

- розробити декілька способів наближення точки підключення без зміни технології останнього кроку;
- розрахувати техніко-економічні показники для всіх розроблених способів для трьох контрольних прикладах;
- побудувати загальна математичну модель для розрахунку витрат для розроблених способів;
- розрахувати і показати зони економічної доцільності застосування розроблених способів.

Виходячи з завдання, досвіду та проведених досліджень пропонуються наступні способи організації ДРС:

- 1-й варіант: «КЛАСИЧНИЙ»: на базі існуючих прийомів і способів (рис. 1.а);
- 3-й варіант: «НЕ ІДЕАЛЬНИЙ»: на базі використання кабелів великої ємності (рис. 1.в);
- 4-й варіант: «Зустрічне включення ВД»: на базі 3-го варіанту, але з зустрічним включенням ВД (рис. 1.г);
- 5-й варіант: «Не ІДЕАЛЬНИЙ багатокабельний»: на базі використання кабелів різної ємності (рис. 1.д);

Для визначення граничної, тобто мінімально можливої, величини витрат у 3-му, 4-му, 5-му варіантах необхідно ввести в розгляд так званий 2-й варіант «ІДЕАЛЬНИЙ» (рис. 1.б), що має на увазі 100% використання кабельно-провідникової продукції.



а) б) в) г) д)

Рис.1. Архітектура різних способів організації ДРС

3.1. Перший варіант: «КЛАСИЧНИЙ».

Архітектура цього способу наведено на рис.1.а та передбачає наступне:

- один ВД обслуговує один або кілька стояків і/або під'їздів виходячи з щільності домогосподарств;
- ВД встановлюється в одному з двох можливих місць: або в підвалі або на технічному поверсі;
- кожному абоненту прокладається індивідуальний кабель UTP 4x2 cat.5 від ВД до квартири;
- Сукупність усіх індивідуальних ліній в'яжуться в пакет, утворюючи ДРС;
- ДРС утворюється з множини індивідуальних кабелів, прокладених як вертикально, так і горизонтально (поверхові закінчення), UTP 4x2 cat.5.

До його ключових особливостей відноситься:

- точка підключення: порт на ВД;
- абонентська лінія: порт ВД - розетка в квартирі Клієнта;
- тип абонентської лінії: один кабель UTP 4x2 cat.5;
- організація абонентської лінії: на вимогу;
- можливість повторного використання абонентських ліній скасованих Абонентів:
  а) на вертикальний ділянці: сильно обмежена, при цьому:
  коефіцієнт повторного використання: 2,0;
  б) на горизонтальній ділянці: немає:
  коефіцієнт повторного використання: 0,0;
- можливість самостійного підключення до Мережі: відсутня.
- наявність залишків кабельно-провідникової продукції: немає.

3.2. Другий варіант: «ІДЕАЛЬНИЙ».

Архітектура цього способу наведено на рис.1.б та передбачає наступне:

- один ВД обслуговує один або кілька стояків і/або під'їздів виходячи з щільності домогосподарств;
- ВД встановлюється в одному з двох можливих місць: або в підвалі або на технічному поверсі;
- по стояку прокладається один багатопарний кабель UTP XXXx2 cat.5 загального використання;
- на кожному поверсі робиться кілька відводів 4x2, які обжимають стандартним рознімачем типу RJ-45;
- у міру виконання відводів, ємність багато парного кабелю зменшується (ідеальна конструкція кабелю)4
- абонентам прокладається індивідуальний кабель UTP 4x2 cat.5 тільки в межах поверху;
- ДРС утворюється з одного багато парного кабелю загального використання і індивідуальних поверхових закінчень UTP 4x2 cat.5.

До його ключових особливостей відноситься:

- точка підключення: рознімач в слабострумових щитках на кожному поверсі;
- абонентська лінія: рознімач в слабострумовому щитку - розетка в квартирі Клієнта;
- тип абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: одна група UTP 4x2 cat.5 в складі багато парного кабелю UTP cat.5;
  б) на горизонтальній ділянці: один кабель UTP 4x2 cat.5;
- організація абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: на етапі будівництва мережі;
  б) на горизонтальній ділянці: на вимогу.
- можливість повторного використання абонентських ліній скасованих Абонентів:

а) на вертикальній ділянці: є;
коефіцієнт повторного використання:>10,0;
б) на горизонтальній ділянці: немає;

- можливість самостійного підключення до Мережі: існує.
- наявність залишків кабельно-провідникової продукції: немає.

3.3. Третій варіант: «НЕ ІДЕАЛЬНИЙ».

Архітектура цього способу наведено на рис.1.в та передбачає наступне:

- один ВД обслуговує один або кілька стояків і/або під'їздів виходячи з щільності домогосподарств;
- ВД встановлюється в одному з двох можливих місць: або в підвалі або на технічному поверсі;
- по стояку прокладається один багатопарний кабель UTP XXXx2 cat.5 загального

використання;
- на кожному поверсі робиться кілька відводів 4x2, які обжимають RJ-45;
- у міру виконання відводів, ємність багато парного кабелю не зменшується (РЕАЛЬНА конструкція кабелю)4
- частина кабелю, що залишилася після виконання відводів, втрачається;
- абонентам прокладається індивідуальний кабель UTP 4x2 cat.5 тільки в межах поверху;
- ДРС утворюється з одного багатопарного кабелю загального використання і індивідуальних поверхових закінчень UTP 4x2 cat.5.

До його ключових особливостей відноситься:
- точка підключення: рознімач в слабострумових щитках на кожному поверсі;
- абонентська лінія: розімач в слабострумовому щитку - розетка в квартирі Клієнта;
- тип абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: одна група UTP 4x2 cat.5 в складі багато парного кабелю UTP cat.5;
  б) на горизонтальній ділянці: один кабель UTP 4x2 cat.5;
- організація абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: на етапі будівництва мережі;
  б) на горизонтальній ділянці: на вимогу;
- можливість повторного використання абонентських ліній скасованих Абонентів:
  а) на вертикальній ділянці: є;
    - коефіцієнт повторного використання: >10,0;
  б) на горизонтальній ділянці: немає;
- можливість самостійного підключення до Мережі: існує;
- наявність залишків кабельно-провідникової продукції: є.

3.4. Четвертий варіант: «Зустрічне включення ВД».

Архітектура цього способу наведено на рис.1.г та передбачає наступне:
- один ВД обслуговує один або кілька стояків і/або під'їздів виходячи з щільності домогосподарств;
- ВД встановлюються зустрічно в двох місцях: в підвалі і на технічному поверсі;
- по стояку прокладається один або кілька багатопарних кабелів UTP XXXx2 cat.5 загального використання;
- на кожному поверсі робиться кілька відводів 4x2, які обжимають RJ-45;
- у міру виконання відводів, ємність багатопарних кабелів не зменшується (РЕАЛЬНА конструкція кабелю);
- частина кабелю, що залишилася після виконання відводів, резервується;
- при залученні 100% ємності ВД, встановлюється додатковий ВД з протилежного боку багато парного кабелю;
- абонентам прокладається індивідуальний кабель UTP 4x2 cat.5 тільки в межах поверху;
- ДРС утворюється з одного або декількох багатопарних кабелів загального використання і індивідуальних поверхових закінчень UTP 4x2 cat.5.

До його ключових особливостей відноситься:
- точка підключення: рознімач слабострумових щитках на кожному поверсі;
- абонентська лінія: рознімач в слабострумовому щитку - розетка в квартирі Клієнта;
- тип абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: одна група UTP 4x2 cat.5 в складі багатопарного кабелю UTP cat.5;
  б) на горизонтальній ділянці: один кабель UTP 4x2 cat.5;
- організація абонентської лінії:
  а) на вертикальній ділянці: на етапі будівництва мережі;

б) на горизонтальній ділянці: на вимогу;
- можливість повторного використання абонентських ліній скасованих Абонентів:
а) на вертикальній ділянці: є;
- коефіцієнт повторного використання: >10,0;
б) на горизонтальній ділянці: немає;
- можливість самостійного підключення до Мережі: існує;
- наявність залишків кабельно-провідникової продукції: немає.

3.5. П'ятий варіант: «Не ІДЕАЛЬНИЙ багатокабельний».

Архітектура цього способу наведено на рис.1.д та передбачає наступне:
- один ВД обслуговує один або кілька стояків і/або під'їздів виходячи з щільності домогосподарств;
- ВД встановлюється в одному з двох можливих місць: або в підвалі або на технічному поверсі;
- по стояку, виходячи з щільності домогосподарств, прокладають один або кілька багатопарних кабелів UTP XXXx2 cat.5 загального використання;
- на кожному поверсі робиться кілька відводів 4x2, які обжимають RJ-45;
- у міру виконання відводів, ємність багатопарних кабелів не зменшується (РЕАЛЬНА конструкція кабелю);
- частина кабелю, що залишилася після виконання відводів, втрачається;
- абонентам прокладається індивідуальний кабель UTP 4x2 cat.5 тільки в межах поверху;
- ДРС утворюється з одного або декількох багатопарних кабелів різної ємності загального використання і індивідуальних поверхових закінчень UTP 4x2 cat.5.

До його ключових особливостей відноситься:
- точка підключення: рознімач в слабострумових щитках на кожному поверсі;
- абонентська лінія: рознімач в слабострумовому щитку - розетка в квартирі Клієнта;
- тип абонентської лінії:
а) на вертикальній ділянці: одна група UTP 4x2 cat.5 в складі одного або кількох багатопарних кабелів UTP cat.5
б) на горизонтальній ділянці: один кабель UTP 4x2 cat.5;
- організація абонентської лінії:
а) на вертикальній ділянці: на етапі будівництва мережі;
б) на горизонтальній ділянці: на вимогу;
- можливість повторного використання абонентських ліній скасованих Абонентів:
а) на вертикальній ділянці: є;
- коефіцієнт повторного використання: >10,0;
б) на горизонтальній ділянці: немає;
- можливість самостійного підключення до Мережі: існує;
- наявність залишків кабельно-провідникової продукції: незначні.

Висновки

1. Результати досліджень показують необхідність пошуку нових раціональних способів розгортання ДРС при впровадженні Metro Ethernet мереж.

2. Розроблено та описано декілька способів організації ДРС без зміни технології останнього кроку.

3. Застосування запропонованих способів в кінцевому підсумку дозволить домогтися збільшення швидкості організації підключення до межі; максимального наближення точки підключення до Клієнта; зведення підготовчих операцій до прокладки поверхової розводки; заощадження коштів за рахунок зменшення впливу заблокованого доступу до існуючих слабострумових стояків і, як наслідок, зменшення кількості будівництва власних; забезпечення можливості самостійного виконання підключення без участі спеціалістів

оператора.

4. Наступним кроком має бути проведення аналізу запропонованих стратегій на декількох контрольних прикладах реальних багатоквартирних будинків та створення загальної математичної моделі для з'ясування зони економічної доцільності у практиці розрахунку та проектування.

Список використаної літератури

1. ITU «Measuring the Information Society Report» [Електронний ресурс] // - Режим доступу: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2016/MISR2016-w4.pdf (05.05.2017).

2. Oleksiy Nedashkivskyy. Estimation of quality of Internet services in Ukraine // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Slavske in Lviv region, 23 February, 2016 - 26 February, 2016, p.31.

3. MEF 33 (MetroEthernetForum. Technical Specification MEF 33 Ethernet Access Services Definition January 2012 [Електронний ресурс] // - Режим доступу: https://www.mef.net/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_33.pdf (05.05.2017р.).

4. IEEE Std 802.3™-2015I [Електронний ресурс] // - Режим доступу: http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3-2015.zip (05.05.2017р.).

5. ANSI/TIA-568.0-D, Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises, 2015

6. ANSI/TIA-568.1-D, Commercial Building Telecommunications Infrastructure Standard, 2015

7. ANSI/TIA-568-C.2, Balanced Twisted-Pair Telecommunication Cabling and Components Standard, published 2009

8. ANSI/TIA-568-C.3, Optical Fiber Cabling Components Standard, published 2008, plus errata issued in October, 2008.

9. TIA-569-B (2004; Amd 1 2009) Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces

10. ANSI/TIA/EIA-606-A-2002, Administration Standard for Commercial Telecommunications Infrastructure.

11. ВБН В.2.2-45-1-2004.

12. Недашківський О.Л. Использование многопарных кабелей пятой категории – «шаг навстречу массовым продажам» // Тезисы докладов Первой международной научно-технической конференции «Проблемы информатизации». – Черкассы: ЧГТУ; Киев: ГУТ; Тольятти: ТГУ; Полтава: ПНТУ, 2013 – С. 12.

Автори статті

Недашківський Олексій Леонідович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Інформаційно-комунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел. +380 67 506 20 00. E-mail: al_1@ua.fm.

Authors of the article

Nedashkivskyy Oleksiy Leonidovych - candidate of science (technic), assistant professor, assistant professor of Department of Information and communication technologies, State university of telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel. +380 67 506 20 00. E-mail: al_1@ua.fm.

Дата надходження в редакцію: 10.04.2017 р. Рецензент: д.т.н., проф. А.І. Семенко