

Український науково-дослідний інститут зв'язку, Київ

* Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ,

** Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут", Київ

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ АБОНЕНТСЬКИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ

Розглянуто принципи побудови сучасних мереж абонентського доступу на основі кабелів з металевими провідниками та оптичних кабелів.

Principles of construction of the advanced subscriber access networks on the basis of cables with the metallic wires and optical cables are considered.

Еволюційний перехід структури мереж зв'язку всіх рівнів від аналогової через аналогово-цифрову до цілком цифрової, що відбувається в Україні на даний час, супроводжується й еволюційним переходом фізичних середовищ передавання сигналів від кабелів із мідними жилами через гібридну (оптичний пліус коаксіальний кабелі) до оптичних кабелів (ОК) з усе більшим використанням радіотехнічних засобів і систем супутникового зв'язку.

Однак економічний розвиток України не дозволяє у найближчий час перебудувати існуючі мережі доступу на ОК чи будувати нові мережі тільки на основі оптичних кабелів.

Проект Рекомендації ITU-T L.47 [1] уявляє гібридну оптико-мідну HFC (Hybrid Fibre/Copper) мережу, як сукупну мережу, що складається з транспортної мережі та абонентської мережі доступу.

По транспортній мережі здійснюється доставлення послуг на національному, регіональному чи місцевому рівні до основних розподільчих центрів. Як фізичне середовище передавання сигналів використовується оптичне волокно.

По абонентській мережі доступу користувачі підключаються на місцевому рівні до основних розподільчих центрів. Як фізичне середовище передавання сигналів використовується оптичне волокно і симетрична мідна чи коаксіальна пара.

Симетричні гібридні оптико-мідні HFC-S (Hybrid Fibre/Copper - Symmetrical) мережі створюються на базі традиційних телефонних мереж доступу на симетричних кабелях. Розвиток нових послуг може досягатися за рахунок застосування,

наприклад, інформаційного стискування за стандартом MPEG-2 і технологій передавання, наприклад, xDSL.

Коаксіальні гібридні оптико-мідні HFC-C (Hybrid Fibre/Copper - Coaxial) мережі вимагають встановлення у кінцевій частині абонентських мереж доступу нових активних і пасивних коаксіальних компонентів.

На рис.1 наведено спрощене уявлення HFC мережі з двома варіантами (HFC-C і HFC-S) побудови кінцевих ділянок цієї мережі.

Гібридні мережі є основою для створення повністю оптичних абонентських мереж доступу. Слід відзначити, що поняття "повністю оптичні абонентські мережі доступу" досить умовно при їх межі від абонентського терміналу до вузла доступу (включно) до магістральної мережі. Ці межі припускають наявність повністю оптичних проміжних мереж (телефонної загального користування, передавання даних тощо), включаючи структуровані кабельні системи, якими вони не є, і в найближчий час не будуть. Тому припускається еволюційний перехід від застосування оптичного волокна на ділянках абонентських мереж доступу до зони FTTZ (Fibre to the Zone), до будівлі FTTB (Fibre to the Building), до офісу FTTO (Fibre to the Office) і до квартири FTTH (Fibre to the Home) [2].

Приведені варіанти не вичерпують усі можливості застосування оптичних волокон - усе залежить від місця розташування ONU, як це наведено на рис.2.

На рис.3 наведено деякі реалізації принципу "волокно у ланцюгу".

Стисло розглянемо функціональні компоненти абонентських мереж доступу.

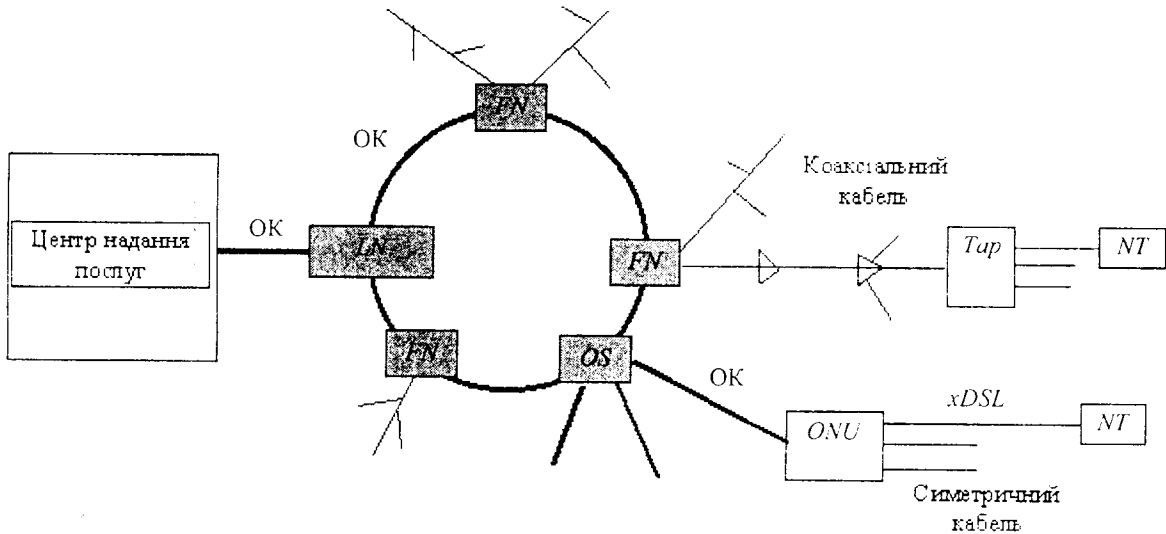


Рис.1. Спрощене уявлення HFC мережі. LN – Local Node (вузол місцевої мережі), FN – Fibre Node (вузол волоконно-оптичної мережі), OS – Optical Splitter (оптичний розгалужувач), ONU – Optical Network Unit (блок оптичної мережі), Tap – Tap-адаптер, NT – Network Terminal (мережвий термінал).

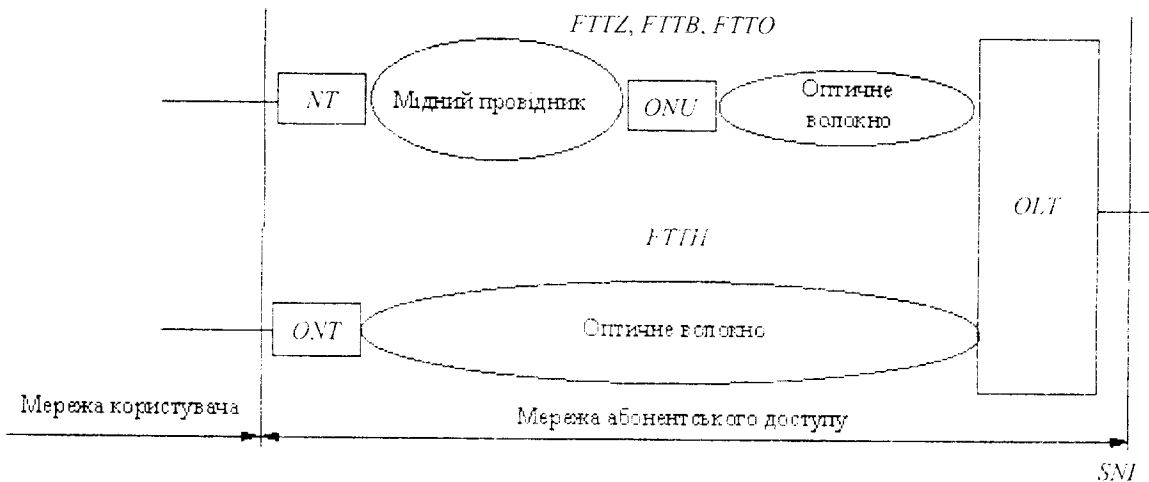


Рис.2. Мережева архітектура із застосуванням принципу "волокно у ланцюгу".

Центр надання послуг складається з головного центру HE (Head End), де джерела різних відеосигналів обробляються і організуються для передавання в мережу, і розподільчого вузла DN (Distribution Node), який є вхідним пунктом мережі для каналів, що надходять від різних HE. В DN відеосигнали подаються до відповідної смуги передавання за допомогою частотного мультиплексування.

Вузол місцевої мережі LN приймає сигнали від DN і частково від вузлів волоконно-оптичної мережі.

Вузол волоконно-оптичної мережі FN перетворює оптичний сигнал в електричний і розповсюджує його за допомогою коаксіальної мережі.

Оптичний розгалужувач (Optical Splitter) і Tap-адаптер відносяться до пасивних компонентів і

призначені для розподілу сигналів від кабелю до боку абонентів.

Рекомендація ITU-T G.982 [3] визначає вимоги до ONU і OLT.

ONU забезпечує оптичний інтерфейс для оптичної розподільчої мережі ODN (Optical Distribution Network) і підключає інтерфейси з абонентського боку оптичної мережі доступу OAN (Optical Access Network). Це обладнання має бути розташовано або у приміщеннях абонентів або поза ними. ONU забезпечує необхідні засоби для передавання різноманітних послуг, які оброблюються системою.

Воно може розглядатися у вигляді трьох складових: головної, допоміжної і загального призначення оболонки.

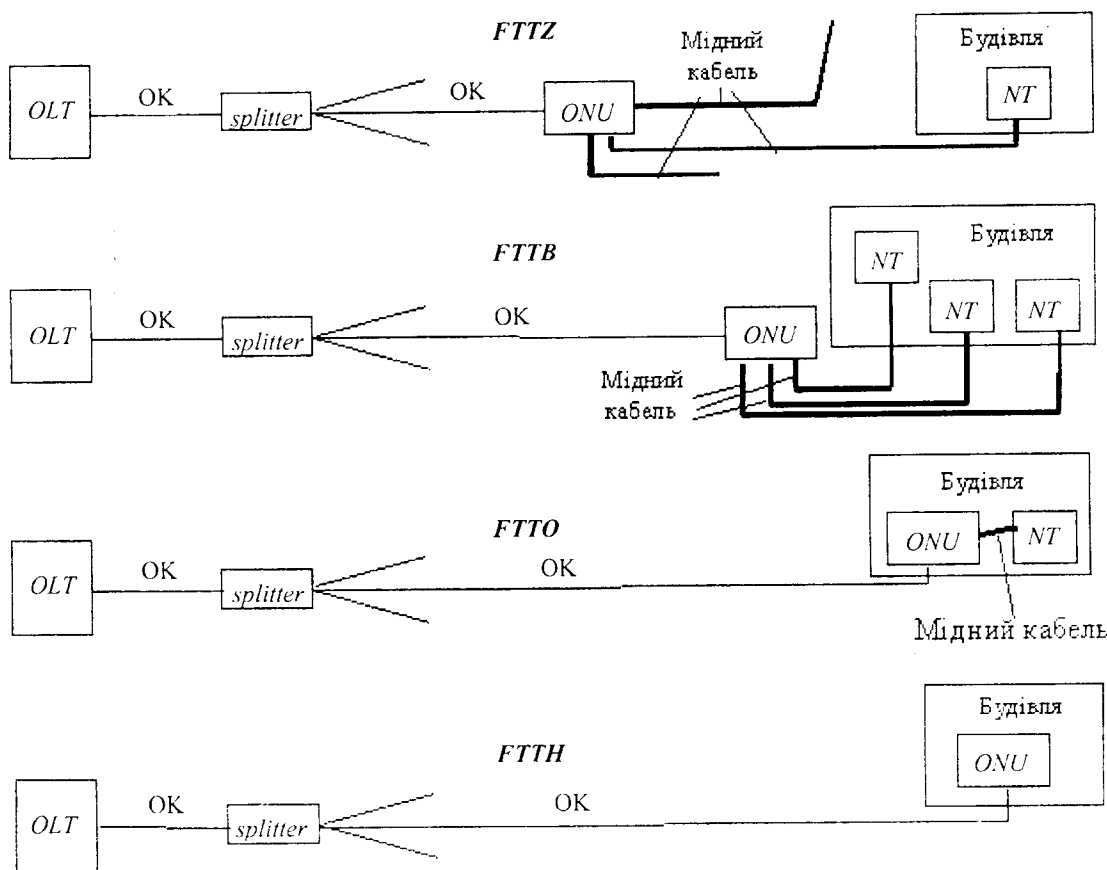


Рис.3. Реалізації принципу "волокно у ланцюгу". ONU-оптичний мережвий термінал (оптичне мережеве закінчення).

Головна оболонка ONU виконує такі функції:
 - мультиплексування сигналів абонентів і послуг;

- мультиплексування передавання даних;
- інтерфейсу ODN.

Функція мультиплексування передавання даних забезпечує дії, необхідні для оцінювання і розподілення вхідних і вихідних сигналів інтерфейсу ODN, їх вилучення і введення відповідної інформації від ONU.

Функції мультиплексування передавання сигналів абонентів і послуг включає асемблювання (поєднання) і деасемблювання (поділення) вхідної і вихідної інформації, що надходить від різних абонентів, а також поєднує функції інтерфейсів окремих послуг.

Функції інтерфейсу ODN забезпечують підключення інтерфейсу фізичного середовища передавання до відповідних оптичних волокон мережі ODN. Ці функції також включають оптико-електронне (O/E) і електронно-оптичне (E/O) перетворювання.

Допоміжна або сервісна оболонка ONU забез-

печує функції порту користувача, які забезпечуються інтерфейсами послуг абонентів, пристосованими до швидкостей передавання 64 або $n \cdot 64$ кбіт/с. Порт користувача може обслуговувати як одного, так і групу абонентів, а також забезпечує перетворення передавання відповідно до інтерфейсу фізичного рівня (наприклад, виклику, сигналізації і аналогово-цифрових або цифро-аналогових перетворень).

Оболонка ONU загального призначення виконує функції забезпечення обладнання електроживленням і експлуатації, адміністрування і технічного обслуговування OAM (Operation, Administration and Maintenance).

До функцій забезпечення електроживленням відноситься перетворення змінної напруги в постійну, постачання постійним струмом різних величин, тощо.

Електроживлення повинно забезпечуватись від місцевих джерел живлення (підведених електрофідерів) або дистанційно. В обладнанні електроживлення повинна бути передбачена можливість резервування роботи ONU від джерел автономного живлення (акумуляторних батарей).

Функції *OAM* полягають в оперативному управлінні роботою і технічному обслуговуванні усіх функціональних блоків *ONO* (наприклад, контроль роботоздатності усіх ланцюгів в блоках).

OLT забезпечує оптичний інтерфейс для *ODN* і повинен містити в собі принаймні один інтерфейс з боку *OAN* і може бути розміщений в межах місцевої станції, або на відстані.

Він може розглядатися у вигляді трьох складових: головної, допоміжної і загального призначення оболонки.

Головна оболонка *OLT* виконує такі функції:

- цифрового комутаційного пункту;
- мультиплексування передавання даних;
- інтерфейсу *ODN*.

Функція мультиплексування забезпечує необхідними каналами передавання або приймання послуг через *ODN*. Функція цифрового комутаційного пункту забезпечує з'єднання наявної (робочої) смуги між *ODN* і частинами загальної мережі. Функція інтерфейсу *ODN* забезпечує комплексом фізичного оптичного інтерфейсу, до якого приєднані (закінчуються) усі відповідні оптичні волокна оптичних мереж доступу. До функцій інтерфейсу *ODN* належать також оптоелектронні і електронно-оптичні перетворювання.

Для забезпечення захисту від небажаних підключень невідповідних (непотрібних) напрямків передавання (маршрутів), що може статися в точках розгалуження оптичного волокна, які влаштовуються для надання гнучкості топології *ODN*, в системі *OAN* для *OLT* передбачається відповідне обладнання подвійним (дублювальним) інтерфейсом *ODN*. Це використовується у разі наявності максимальної кількості мереж *ODN*, на які розраховується для умов нормальної експлуатації *OLT*.

Допоміжна або сервісна оболонка *OLT* виконує функції сервісного порту. Сервісні порти повинні забезпечувати принаймні швидкості передавання *ISDN*; залежно від умов мати можливість перебудовувати конфігурацію від однієї до потрібної кількості послуг і повинні бути спроможними одночасно підтримувати дві або більше різних послуг. Кожний вхідний пристрій *TU* (*Tributary Unit*), що забезпечує два або більше портів на швидкості 2 Мбіт/с, повинен бути незалежно конфігурованим. Для такого типу багатопортового *TU* доцільним буде конфігурувати кожний порт відповідно до послуги. Кожний режим роботи *TU* в складі обладнання *OLT* має бути узгоджений для роботи з *TU* будь-якого типу.

OLT повинен бути пристосованим для підтримки будь-якої кількості *TU* і комбінацій типів послуг, що визначено розрахунками проектування.

Оболонка *OLT* загального призначення виконує функції забезпечення електроживленням і *OAM*.

Функція обладнання електроживлення полягає в перетворюванні високої вхідної напруги до необхідного рівня. Функція *OAM* полягає в забезпеченні експлуатації, управління роботою і технічного обслуговування усіх блоків *OLT*.

OAM забезпечує також і функцію інтерфейсу. Для забезпечення контролю на локальному (місцевому) рівні інтерфейс повинен мати випробувальне обладнання та інтерфейс Q_3 (контроль якості) для доступу до мереж за допомогою операційної системи.

Розглянуті принципи побудови мереж абонентського доступу на базі різноманітних типів кабелів поширюються на території з середньою і низькою щільністю населення, а також важкодоступні райони. Але альтернативою кабельних мереж для цих територій може стати мережа абонентського радіодоступу.

Радіозасоби для підключення абонентів до мережі умовно поділяються на обладнання радіодоступу до АТС та апаратуру безшнурового зв'язку [4].

Обладнання радіодоступу до АТС забезпечує організацію абонентської лінії за допомогою радіоканалу по всій її довжині чи на окремих ділянках.

Одним із різновидів такого доступу є *WLL* (*Wireless Local Loop*), параметри радіоканалів якого відповідають одному із стандартів стільникового зв'язку чи спеціально розробленому стандарту [5]. Абонентський термінал є або спеціально розроблений прилад, до якого підключається телефонний апарат, або абонентська радіостанція відповідного стандарту стільникового зв'язку. При цьому можливі різні технології багатостанційного доступу: з частотним *FDMA*, тимчасовим *TDMA* і кодовим *CDMA* розподілом каналів. Найбільше застосування в системах *WLL* знайшли спеціально розроблені стандарти і технології, зокрема *CT-2*, *DECT* і *MultiGain Wireless* [5].

До обладнання радіодоступу до АТС відносяться розподільчі системи "точка — багато точок" з радіоканалом на ділянці від опорно-транзитної АТС до кінцевого групового пристрою.

Для апаратури безшнурового зв'язку радіоканал не є частиною абонентської лінії. Він використовується між базовим блоком, що виконує

функції абонентських пристроїв, і радіоелектронною трубкою, що працює за принципом дистанційних пристроїв.

Система WLL повинна забезпечувати [6]:

- відповідність зони обслуговування і дальність зв'язку WLL;
- декілька сценаріїв розвитку, у тому числі покриття зон обслуговування із одного чи декількох пунктів, винесення базових станцій по виділених фізичних лініях і цифрових каналах E1;

- надання телефонного каналу міжнародної якості з можливістю використання факсу, модема, міні-АТС і цифрових каналів ISDN;

- рівень обслуговування з навантаженням від 0,07 до 0,1 Ерланг на абонента з блокуванням не більше 1%;

- можливість підключення декількох тисяч абонентів;

- швидкість розгортання, гнучкість у розвитку, простоту контролю і обслуговування.

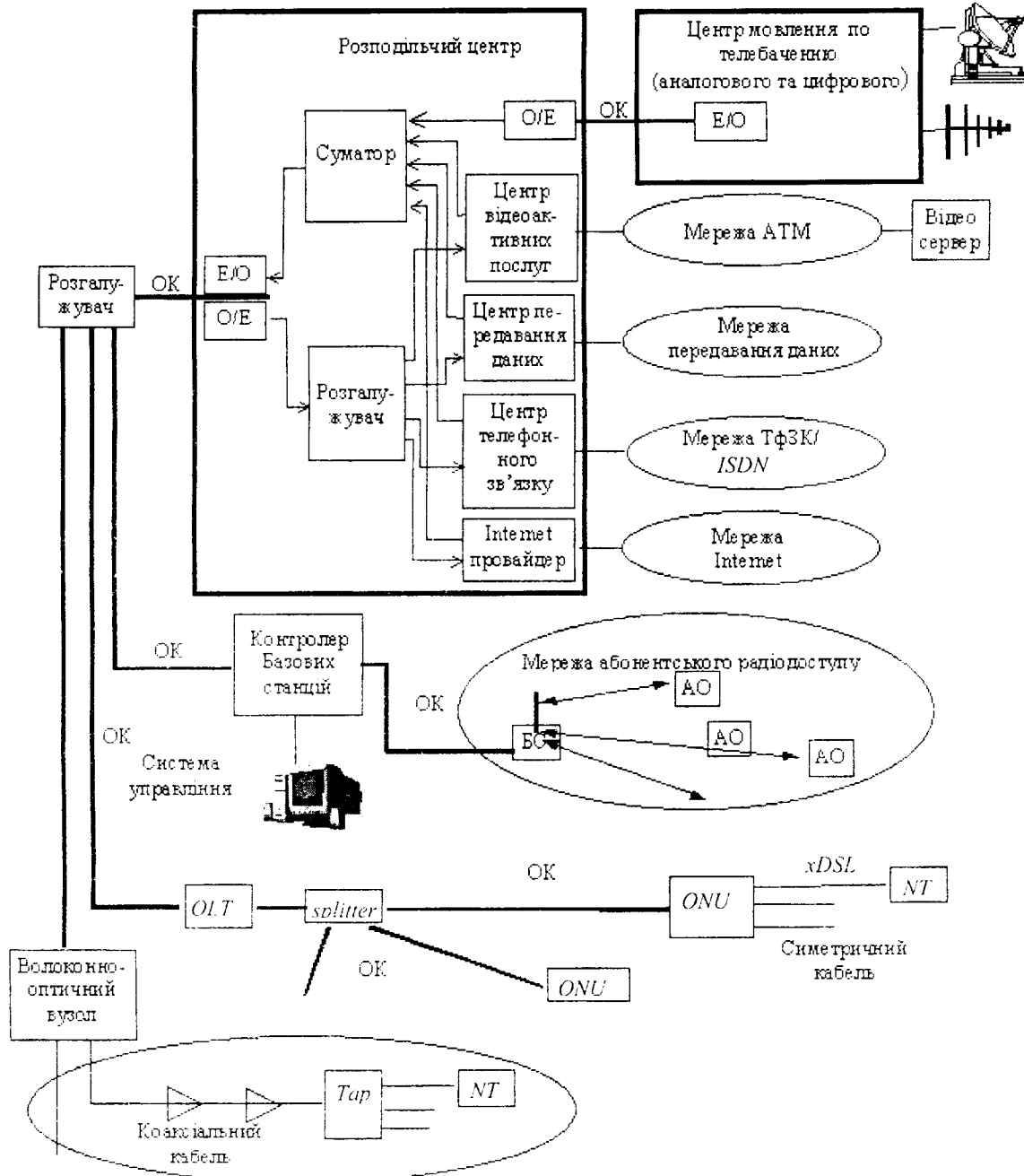


Рис.4. Багатоваріантна гібридна мережа абонентського доступу.

Висновки

1. Економічно доцільно створення у кожному регіоні одного великого оператора, що надає повний спектр послуг зв'язку (міжнародного, міжміського і місцевого), включаючи послуги цифрової телефонії і *ISDN*, мультимедіа і *TV* в стандарті *MPEG-2*, віртуальних локальних мереж, на базі існуючої і збудованій інфраструктури міської, приміської і сільської телекомунікаційних мереж з застосуванням нових технологій (*ATM*, *Frame Relay*, *xDSL*, *MPEG-2* тощо) [7].

2. З врахуванням світових тенденцій розвитку мереж доступу і сучасних принципів їх створення мережа доступу України повинна бути єдиною мультисервісною мережею на базі фізичних середовищ передавання сигналів, що забезпечують реалізацію різноманітних мережевих технологій. Вона повинна складатися з двох частин: транспортної, що з'єднує розподільчі центри, і абонентської, що з'єднує абонентів з розподільчими центрами.

3. На першому етапі розбудови мереж абонентського доступу України допускається застосування в зоні обслуговування розподільного центру різноманітних типів мереж абонентського доступу (*HFC-S*, *HFC-C*, *PON*, радіодоступ), як це наведено для прикладу на рис.4 [8]. Наявність чи відсутність того чи іншого типу мережі абонентського доступу обумовлюється конкретною місцевістю, де розбудовується мережа доступу. Вибір типу цієї мережі повинен базуватися на економічній доцільності і попиту на ті чи інші послуги.

4. Топологія для транспортної ділянки повинна бути зіркова ("точка-багато точок") або кільцева на базі оптичного кабелю для міської місцевості і на базі оптичного кабелю, оптичного кабелю з цифровими радіорелейними вставками чи цифрових радіорелейних ліній для сільської місцевості.

5. Топологією для мереж абонентського доступу є "точка-точка", зіркова або деревоподібна. Вибір топології мережі залежить від її типу і конкретної місцевості, де проводиться розбудова абонентської мережі доступу.

6. При розбудові мереж абонентського доступу необхідно максимально використовувати існуючу інфраструктуру мережі (кабелі, лінійні споруди, аксесуари тощо).

В містах рекомендується розташовувати розподільчі центри в будівлях районних АТС, що дозволяє максимально використовувати існуючу кабельну каналізацію для прокладання оптичного кабелю. Як варіант для міст з розвинутим метрополітемом рекомендується розташовувати розподільчі центри в його будівлях з прокладанням оптичного кабелю по тунелях метрополітену (на транспортній ділянці) з підвищенням оптичного кабелю на опорах освітлювальної мережі на абонентській ділянці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Draft Recommendation ITU-T L.47 Access facilities using hybrid fibre/copper networks, 2000.
2. Recommendation ITU-T G.983.1 Broadband optical access systems based on Passive Optical networks (PON), 1998.
3. Recommendation ITU-T G.982 Optical Access Networks to support services up to the ISDN primary rate of equivalent bit rates, 1996.
4. Авдеева Л.В. Радиотехнологии на местных телефонных сетях // Вестник связи. - 1997. - №2. - С.21-23.
5. Печерняев В.Н. Радиотехнологии на сетях абонентского доступа // Зв'язок. - 2000. - №6. - С.21-22.
6. Конюшин С.А. и др. Беспроводной доступ: оптимальное решение для России // Вестник связи. - 1997. - №12. - С.90-91.
7. Телекоммуникации. Мир и Россия. Состояние и тенденции развития / Под ред. Н.Т.Клещева. - М.: Радио и связь, 1999.
8. Колченко О.В. Деякі питання створення сучасної мережі доступу в Україні // Вісник УБЕТНТЗ. - 2002. - № 1. - С.37-42.