**Технічне та інформаційне забезпечення технологій і засобів діагностики**

**Устаткування для діагностики та сертифікації кабельних систем**

До устаткування даного класу відносяться мережеві аналізатори, прилади для сертифікації кабелів, кабельні сканери і тестери.

**Мережеві аналізатори**

Мережеві аналізатори являють собою еталонні вимірювальні інструменти для діагностики та сертифікації кабелів і кабельних систем. Як приклад можна привести мережеві аналізатори компанії Hewlett Packard - HP 4195A і HP 8510C.

Мережеві аналізатори містять високоточний частотний генератор і вузькосмуговий приймач. Передаючи сигнали різних частот в передавальну пару і вимірюючи сигнал у приймальні парі, можна виміряти затухання і NEXT. Мережеві аналізатори - це прецизійні великогабаритні і дорогі (вартістю більше $20000) прилади, призначені для використання в лабораторних умовах спеціально навченим технічним персоналом.

**Кабельні сканери**

Дані прилади дозволяють визначити довжину кабелю, NEXT, загасання, імпеданс, схему розводки, рівень електричних шумів і провести оцінку отриманих результатів. Ціна на ці прилади варіюється від $ 1'000 до $ 3'000. Існує досить багато пристроїв даного класу, наприклад, сканери компаній MicrotestInc., FlukeCorp., Datacom TechnologiesInc., Scope CommunicationInc. На відміну від мережевих аналізаторів сканери можуть бути використані не тільки спеціально навченим технічним персоналом, але навіть адміністраторами-новачками.

Для визначення місця розташування несправності кабельної системи (обриву, короткого замикання, неправильно встановленого роз'єму і т.д.) використовується метод "кабельного радара", або Time Domain Reflectometry (TDR). Суть цього методу полягає в тому, що сканер випромінює в кабель короткий електричний імпульс і вимірює час затримки до приходу відбитого сигналу. За полярності відбитого імпульсу визначається характер пошкодження кабелю (коротке замикання або обрив). У правильно встановленому і підключеному кабелі відбитий імпульс зовсім відсутній.

Точність вимірювання відстані залежить від того, наскільки точно відома швидкість поширення електромагнітних хвиль у кабелі. У різних кабелях вона буде різною. Швидкість поширення електромагнітних хвиль у кабелі (NVP - nominal velocity of propagation) зазвичай задається у відсотках до швидкості світла у вакуумі. Сучасні сканери містять в собі електронну таблицю даних про NVP для всіх основних типів кабелів і дозволяють користувачеві встановлювати ці параметри самостійно після попереднього калібрування.

Найбільш відомими виробниками компактних кабельних сканерів є компанії MicrotestInc., WaveTekCorp., Scope Communication Inc.

**Тестери кабельних систем**

Тестери кабельних систем - найбільш прості і дешеві прилади для діагностики кабелю. Вони дозволяють визначити безперервність кабелю, проте, на відміну від кабельних сканерів, не дають відповіді на питання про те, в якому місці стався збій.

Існують цілі класи засобів тестування кабельних систем, поява яких стала можливим завдяки наявності чітких стандартів на характеристики компонентів (TIA / EIA568), а також на процедури і критерії тестування кабельних ліній СКС (TSB-67).

Для зручності кабельні лінії розділені на категорії відповідно до їх параметрів. Багато з експлуатованих кабельних ліній відносяться до категорії 3 і призначені для телефонії і передачі даних в діапазоні частот до 16 МГц (наприклад, 10BaseT Ethernet). Однак найбільшого поширення набули кабельні лінії Категорії 5, що гарантують передачу сигналу з частотою до 100 МГц. Комітетами стандартизації закінчена робота над складанням переліку більш жорстких вимог до параметрів кабельних ліній розділу 5 (покращена Категорія 5 або 5E), Категорії 6 (200-250 МГц), Категорії 7 (до 600 МГц) з метою підвищення надійності передачі.

Велика кількість моделей, що випускаються тестерів СКС призначені для контролю кабельних ліній Категорій 3, 5 і 5E (покращена Категорія 5). Вже з'явилися перші тестери для проводки Категорії 6 (наприклад, LANcat System 6 компанії Datacom або OMNIScanner компанії Microtest). Однак основний парк тестерів СКС сьогодні все ж орієнтований на аналіз характеристик ліній в діапазоні частот до 100-155 МГц. За винятком аналізованого діапазону частот, інші параметри цих тестерів відрізняються один від одного несуттєво, так як тестування виконується за одними і тими ж методиками. Основні відмінності полягають в характеристиках вбудованих рефлектометрів для провідних ліній (максимальна дальність, точність, дозвіл, форма подання результату), в інтерфейсі і зручності роботи, а також в наборі допоміжних і сервісних функцій.

Серед допоміжних функцій можуть бути особливо, корисні наступні:

* тестування волоконно-оптичних кабелів;
* карта (схема зєднання) жил кабелю;
* виявлення імпульсних перешкод;
* моніторинг трафика ЛОМ;
* написання програм тесування;
  + организація розмовного тракту між основним і віддаленим модулем;
  + вбудований тональний генератор для трасування й ідентифікації та ін.

Наведена нижче інформація дозволить ознайомитися з вимірюваними параметрами кабельної лінії і полегшить вибір приладу для конкретних потреб.

Основними електричними параметрами, від яких залежить працездатність кабельної лінії, є:

\* цілісність ланцюга (connectivity);

\* характеристичний імпеданс (characteristic impedance) і зворотні втрати (return loss);

\* погонное загасання (attenuation);

\* перехідне загасання (crosstalk);

\* затримка поширення сигналу (propagation delay) і довжина лінії (cable length);

\* опір лінії по постійному струму (loop resistance);

\* ємність лінії (capacitance);

\* електрична симетричність (balance);

\* наявність шумів в лінії (electrical noise, electromagnetic interference).

Розглянемо ці характеристики докладніше

1) Цілісність ланцюга

Основне завдання цього тесту - виявити помилки монтажу з'єднувачів або кросування (замикання, обриви, переплутані жили). Оскільки помилки подібного роду на практиці переважають, то існує велика кількість недорогих приладів, єдиною функцією яких є тільки контроль цілісності ланцюга. Однак повнофункціональні тестери СКС, як правило, надають більш повну інформацію про характер помилки, аж до схеми з'єднання, по якій монтажник може точно ідентифікувати дефект.

Изображение выглядит как текст, датчик

Автоматически созданное описание

Малюнок 2.1 - Тестери СКС

2) Характеристичний імпеданс (хвильовий опір)

Оскільки передача даних ведеться на високих частотах, то важливу роль має імпеданс лінії, а також її опір змінного струму заданої частоти. Роль відіграє не тільки величина опору, але і його сталість по всій лінії (кабелю і з'єднувачів) для всього діапазону розглянутих частот. Це пояснюється тим, що сигнал, відбитий від точок з аномальним імпедансом, буде накладатися на основний сигнал і спотворювати його.

Для кабелю з кручених пар імпеданс зазвичай становить 100 або 120 Ом. Для ліній Категорії 5 імпеданс нормується для діапазону частот 1-100 МГц і повинен становити 100 Ом v15%.

Основні причини неоднорідності імпеданса наступні:

- Порушення кроку скрутки в місцях оброблення кабелю близько з'єднувачів (максимальна відстань, на яке жили можуть бути розвинені при обробленні, - 13 мм);

- Дефекти кабелю (підвищений опір жил, знижений опір ізоляції, порушення кроку скрутки);

- Неправильне укладання кабелю (застосування скоб і хомутів для кріплення, малий радіус вигину, заломи і "баранці" через неправильне відмотування);

- Неякісне опресовування з'єднувачів або використання неякісних з'єднувачів.

Аналогічні проблеми виникають на тих лініях які пройшли тестування при підключенні до її розеток неякісних (не відповідають вимогам заданої категорії) комутаційних шнурів, перехідників або розщеплювачів лінії (спліттерів).

Оцінка впливу, внесеного неоднорідностями імпедансу, виражається таким параметром, як зворотні втрати (відношення амплітуди переданого сигналу до амплітуди відбитого в дБ). Якщо дефект породжує в лінії істотну неоднорідність імпедансу, то зворотні втрати будуть малі, так як більша частина енергії сигналу буде відображена від неоднорідності. Так, у разі обриву або замикання кабелю зворотні втрати будуть рівні 0.

Всі повнофункціональні тестери СКС мають вбудований рефлектометр для провідних ліній з цифровим або графічним відображенням результату, за допомогою якого місце з аномальним импедансом може бути легко локалізовано. Деякі рефлектометри дозволяють обчислювати зворотні втрати для заданої ділянки лінії, що дозволяє визначити вплив наявних на ньому неоднорідностей на результуючу характеристику лінії.

3) Погонне загасання (Attenuation)

Ослаблення сигналу при його поширенні по лінії оцінюється загасанням (виражене в дБ відношення потужності сигналу, що надійшов в навантаження на кінці лінії, до потужності сигналу, поданого в лінію). Загасання сильно збільшується із зростанням частоти, тому воно має вимірюватися для всього діапазону використовуваних частот. Для кабелю категорії 5 при частоті 100 Мгц загасання не повинно перевищувати 23.6 Дб на 100 м, а для кабелю категорії 3, застосовуваного за стандартом IEEE 802.3 10BASE-T, допустима величина загасання на сегменті довжиною 100 м не повинна перевищувати 11,5 Дб при частоті змінного струму 10 МГц.

4) Перехідне загасання

Даний параметр характеризує ступінь перехресних наведень сигналу між парами одного кабелю (відношення амплітуди поданого сигналу до амплітуди наведеного сигналу в дБ). Ця характеристика має кілька різновидів, кожна з яких дозволяє оцінити різні властивості кабелю.

При визначенні перехідного загасання на ближньому кінці лінії (Near End Cross Talk, NEXT; Power Sum NEXT, PS-NEXT) подача сигналу і вимірювання проводяться з одного боку лінії для всіх частот заданого діапазону. У першому випадку для проведення вимірювання в одній парі сигнал подається по черзі на всі інші пари. Саме цей вимір і застосовується для тестування кабельних ліній Категорії 5. У другому випадку тестування проводиться за більш жорсткими правилами: сигнал подається відразу на всі інші пари і вимірюється сумарне затухання.

Очевидно, що перехідне загасання на ближньому кінці лінії необхідно вимірювати з обох її сторін, так як вплив дефектів на цей параметр буде тим сильніше, чим ближче вони розташовані до місця вимірювання. У нових стандартах передбачається проводити і вимір загасання на різних кінцях лінії одночасно.

Функціонування лінії буде надійним тільки тоді, коли перехідне загасання велике, а погонное - мале, тому оцінку якості лінії дуже зручно робити на підставі комбінованого параметра - захищеності на далекому кінці лінії (Attenuation to Crosstalk Ratio, ACR; Power Sum ACR, PS-ACR) , вираженого як відношення величин погонного загасання і перехідного загасання на ближньому кінці лінії. Фактично цей параметр показує, наскільки амплітуда корисного сигналу вище амплітуди шумів для заданої частоти сигналу.

Однак якщо передача ведеться по декількох парах одночасно (наприклад, 100Base-T4 і 100VG-AnyLAN), то в таких мережах важливе значення має і рівень перехідного загасання на дальньому кінці лінії (Far-End CrossTalk, FEXT). Оскільки на приймач надходить суперпозиція корисного сигналу, що передається по даній парі, і сигналу, наведеного на неї з іншої пари, оцінка якості лінії проводиться на підставі відношення величин корисного сигналу на дальньому кінці лінії (т. Е. З урахуванням його загасання) і наведеного сигналу - наведене перехідне загасання на дальньому кінці лінії (Equal-Level Far-End Cross Talk, ELFEXT; Power Sum ELFEXT, PS-ELFEXT).

Задовільне значення перехідного загасання побічно свідчить про симетричність лінії і, відповідно, про відсутність випромінювання крученою парою електромагнітних і прийому електромагнітних і радіоперешкод.

5) Затримка поширення сигналу і довжина лінії

Для надійної роботи на високих швидкостях необхідно, щоб затримка поширення сигналу не перевищувала задану і була однакова для всіх пар кабельної лінії. Вимірювання довжини кабелю здійснюється відповідно до принципу рефлектометрії.

Слід зазначити, що деякі системи передачі (наприклад, 100Base-T4 і 100VG-AnyLAN) досить чутливі не тільки до абсолютного значення затримки поширення сигналу, але і до її різниці (propagation delay skew) для різних пар однієї кабельної лінії. Такий перекіс затримки і, як наслідок, необхідність його вимірювання виникли після того, як деякі виробники стали випускати кабелі з різною ізоляцією пар (відомі як "2 + 2" і "3 + 1").

6) Рівень шумів в лінії

Іноді електромагнітні та радіоперешкоди роблять неможливою стійку передачу сигналу в лінії. Більшість тестерів СКС дозволяють виміряти рівень шумів для подальшого аналізу і усунення їх причин.

Найпоширеніші шуми - це імпульсні перешкоди від розташованого вздовж траси потужного електрообладнання (моторів, пускорегулювальної апаратури, світильників денного світла і т. П.) Або силової проводки до них. Дуже часто для усунення подібної проблеми кабель досить перемістити на кілька метрів убік. Набагато рідше роботі заважає розташоване поблизу радіопередаваюче обладнання. Усунення перешкод в цьому випадку потребують екранування кабелю або його укладання в металевих каналах.

Як видно з вищесказаного, що підлягають визначенню параметрів кабельних ліній досить багато, причому вони мають різне значення для тих чи інших додатків. Однак і різноманітність приладів для їх вимірювання не менш велика. Найпростіший спосіб не помилитися при виборі - виходити з потреб вашої організації та її планів на найближче майбутнє.

Не всі розглянуті параметри охоплюються стандартами СКС. Наприклад, TSB-67 вимагає для кабельних систем Категорії 5 контролю чотирьох параметрів: правильності підключення лінії, довжини лінії, загасання сигналу, перехідного загасання на ближньому кінці лінії. У той же час специфікації деяких високошвидкісних систем передачі пред'являють і ряд інших, більш жорстких вимог до параметрів кабельних ліній. Деякі з них вже включені в нові стандарти, інші будуть включені в найближчому майбутньому.

Якщо компанія займається монтажем, то краще купувати прилад з розвиненими сервісними функціями для швидкої локалізації помилок монтажу, з можливістю збереження результатів для подальшої передачі на комп'ютер і формування протоколів приймальних випробувань. Крім того, бажано, щоб набутий прилад забезпечував можливість модернізації закладеної в ньому програми відповідно до вимог нових стандартів. Витрати на придбання приладу такого рівня можуть виявитися високі, але окупляться досить швидко.

Якщо ж прилад купується для обслуговування існуючої СКС, то в цілях економії можна обмежитися недорогим пристроєм для перевірки ліній СКС вимогам конкретних додатків (10BaseT, 100BaseTX, ATM 155 і т. П.), які організація використовує в даний час або збирається використовувати в найближчому майбутньому.

**Аналізатори протоколів**

В ході проектування нової або модернізації старої мережі часто виникає необхідність у кількісному вимірі деяких характеристик мережі таких, наприклад, як інтенсивності потоків даних по мережних лініях зв'язку, затримки, що виникають на різних етапах обробки пакетів, часу реакції на запити того чи іншого виду, частота виникнення певних подій та інших характеристик.

Для цих цілей можуть бути використані різні засоби і насамперед - засоби моніторингу в системах управління мережею, які вже обговорювалися раніше. Деякі вимірювання в мережі можуть бути виконані і вбудованими в операційну систему програмними вимірювачами, прикладом тому служить компонента ОС Windows Performance Monitor. Навіть кабельні тестери в їх сучасному виконанні здатні вести захоплення пакетів та аналіз їх вмісту.

Але найбільш досконалим засобом дослідження мережі є аналізатор протоколів. Процес аналізу протоколів включає захоплення циркулюючих в мережі пакетів, що реалізують той чи інший мережевий протокол, і вивчення вмісту цих пакетів. Грунтуючись на результатах аналізу, можна здійснювати обґрунтовану і зважену зміну будь-яких компонент мережі, оптимізацію її продуктивності, пошук і усунення неполадок. Очевидно, що для того, щоб можна було зробити якісь висновки про вплив деякої зміни на мережу, необхідно виконати аналіз протоколів і до, і після внесення зміни.

Аналізатор протоколів являє собою або самостійний спеціалізований пристрій, або персональний комп'ютер, зазвичай переносний, класу Notebook, оснащений спеціальною мережевою картою і відповідним програмним забезпеченням. Застосовувані мережева карта і програмне забезпечення повинні відповідати топології мережі (кільце, шина, зірка). Аналізатор підключається до мережі точно так, як і звичайний вузол. Відмінність полягає в тому, що аналізатор може приймати всі пакети даних, що передаються по мережі, в той час як звичайна станція - лише адресовані їй. Програмне забезпечення аналізатора складається з ядра, що підтримує роботу мережного адаптера і декодуючого одержувані дані, і додаткового програмного коду, що залежить від типу топології досліджуваної мережі. Крім того, поставляється ряд процедур декодування, орієнтованих на певний протокол, наприклад, IPX. До складу деяких аналізаторів може входити також експертна система, яка може видавати користувачу рекомендації про те, які експерименти слід проводити в даній ситуації, що можуть означати ті чи інші результати вимірювань, як усунути деякі види несправності мережі.

Незважаючи на відносне різноманіття аналізаторів протоколів, представлених на ринку, можна назвати деякі риси, в тій чи іншій мірі властиві всім їм:

\* Інтерфейс. Більшість аналізаторів мають розвинений дружній інтерфейс, що базується, як правило, на Windows або Motif. Цей інтерфейс дозволяє користувачеві: виводити результати аналізу інтенсивності трафіка; отримувати миттєву і усереднену статистичну оцінку продуктивності мережі; задавати певні події і критичні ситуації для відстеження їх виникнення; виробляти декодування протоколів різного рівня і представляти в зрозумілій формі вміст пакетів.

\* Буфер захоплення. Буфери різних аналізаторів відрізняються за обсягом. Буфер може розташовуватися на встановленій мережевій карті, або для нього може бути відведено місце в оперативній пам'яті одного з комп'ютерів мережі. Якщо буфер розташований на мережевій карті, то управління ним здійснюється апаратно, і за рахунок цього швидкість введення підвищується. Однак це призводить до подорожчання аналізатора. У разі недостатньої продуктивності процедури захоплення, частина інформації буде губитися, і аналіз буде неможливий. Розмір буфера визначає можливості аналізу по більш-менш представницьких вибірках захоплюваних даних. Але яким би великим не був буфер захоплення, рано чи пізно він заповниться. У цьому випадку або припиняється захоплення, або заповнення починається з початку буфера.

\* Фільтри. Фільтри дозволяють керувати процесом захоплення даних, і, тим самим, дозволяють економити простір буфера. В залежності від значення певних полів пакета, заданих у вигляді умови фільтрації, пакет або ігнорується, або записується в буфер захоплення. Використання фільтрів значно прискорює і спрощує аналіз, оскільки виключає перегляд непотрібних в даний момент пакетів.

\* Перемикачі - це деякі умови початку і припинення процесу захоплення даних з мережі які задаються оператором. Такими умовами можуть бути виконання ручних команд запуску і зупинки процесу захоплення, час доби, тривалість процесу захоплення, поява певних значень в кадрах даних. Перемикачі можуть використовуватися спільно з фільтрами, дозволяючи більш детально і тонко проводити аналіз, а також продуктивніше використовувати обмежений обсяг буфера захоплення.

\* Пошук. Деякі аналізатори протоколів дозволяють автоматизувати перегляд інформації, що знаходиться в буфері, і знаходити в ній дані за заданими критеріями. У той час, як фільтри перевіряють вхідний потік на предмет відповідності умовам фільтрації, функції пошуку застосовуються до вже накопичених в буфері даних.

Методологія проведення аналізу може бути представлена у вигляді наступних шести етапів:

Захоплення даних.

Перегляд захоплених даних.

Аналіз даних.

Пошук помилок. (Більшість аналізаторів полегшують цю роботу, визначаючи типи помилок і ідентифікуючи станцію, від якої прийшов пакет з помилкою.)

Дослідження продуктивності. Розраховується коефіцієнт використання пропускної здатності мережі або середній час реакції на запит.

Детальне дослідження окремих ділянок мережі. Зміст цього етапу конкретизується у міру того, як проводиться аналіз. Зазвичай процес аналізу протоколів займає відносно небагато часу - 1-2 робочих дні.

Більшість сучасних аналізаторів дозволяють аналізувати відразу декілька протоколів глобальних мереж, таких, як X.25, PPP, SLIP, SDLC / SNA, frame relay, SMDS, ISDN, протоколи мостів / маршрутизаторів (3Com, Cisco, Bay Networks та інші). Такі аналізатори дозволяють вимірювати різні параметри протоколів, аналізувати трафік в мережі, перетворення між протоколами локальних і глобальних мереж, затримку на маршрутизаторах при цих перетвореннях і т. п. Більш досконалі прилади передбачають можливість моделювання та декодування протоколів глобальних мереж, 'стресового' тестування, вимірювання максимальної пропускної спроможності, тестування якості надаваних послуг. З метою універсальності майже всі аналізатори протоколів глобальних мереж реалізують функції тестування ЛВС і всіх основних інтерфейсів. Деякі прилади здатні здійснювати аналіз протоколів телефонії. А найсучасніші моделі можуть декодувати і представляти в зручному варіанті всі сім рівнів OSI. Поява ATM призвела до того, що виробники стали постачати свої аналізатори засобами тестування цих мереж. Такі прилади можуть проводити повне тестування мереж АТМ рівня E-1 / E-3 з підтримкою моніторингу і моделювання. Дуже важливе значення має набір сервісних функцій аналізатора. Деякі з них, наприклад можливість віддаленого управління приладом, просто незамінні.

Таким чином, сучасні аналізатори протоколів WAN / LAN / ATM дозволяють виявити помилки в конфігурації маршрутизаторів і мостів; встановити тип трафіку, пересилаючого з глобальної мережі; визначити використовуваний діапазон швидкостей, оптимізувати співвідношення між пропускною здатністю і кількістю каналів; локалізувати джерело неправильного трафіку; виконати тестування послідовних інтерфейсів і повне тестування АТМ; здійснити повний моніторинг і декодування основних протоколів з будь-якого каналу; аналізувати статистику в реальному часі, включаючи аналіз трафіку локальних мереж через глобальні мережі.