

Лінії зв'язку

Типи ліній зв'язку

Лінія зв'язку або канал зв'язку складається із фізичного середовища (medium), по якому передаються інформаційні сигнали, апаратури передачі даних (DCE) і проміжної апаратури.

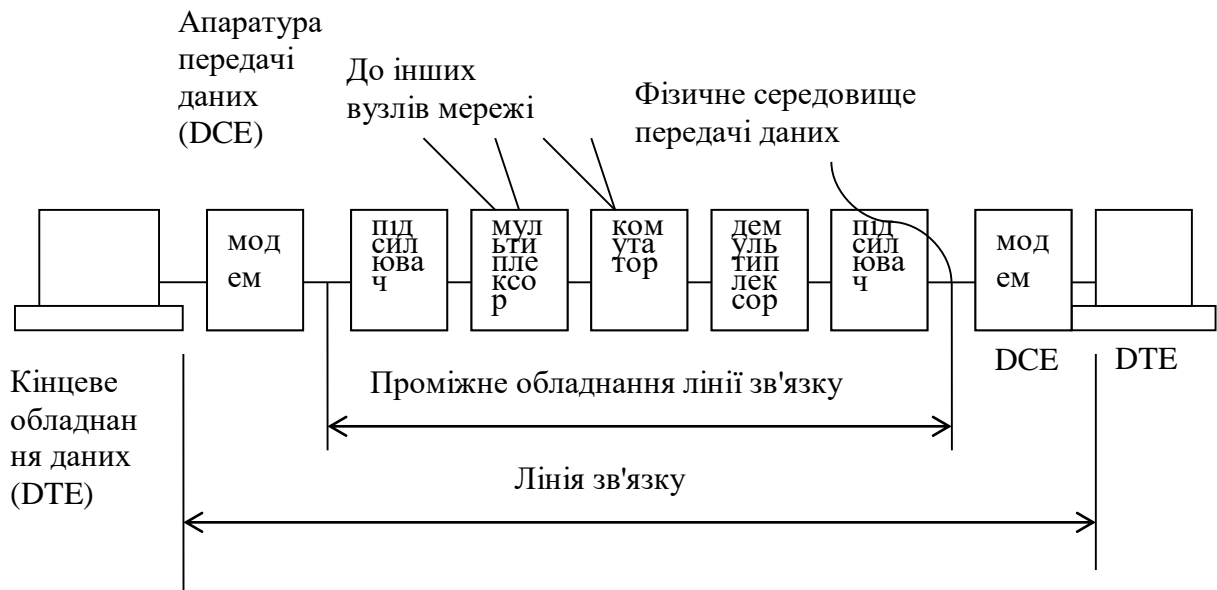


Рис. 1 Склад лінії зв'язку

Фізичне середовище передачі даних (medium) може являти собою кабель, земну атмосферу або космічний простір, через які розповсюджуються електромагнітні хвилі. В залежності від середовища передачі даних лінії зв'язку поділяються на наступні

- провідні (повітряні)
- кабельні (мідні і волоконно-оптичні)
- радіоканали наземного та супутникового зв'язку

[розказати про провідні, кабелі і радіоканали]

[Існує багато типів радіоканалів. Є діапазони амплітудної модуляції (AM) або коротких, середніх і довгих хвиль - забезпечують зв'язок на далекі відстані, але при невисокій швидкості передачі даних. Діапазони УКВ, для яких характерна частотна модуляція (FM) і СВЧ (microwaves), мають високу швидкість передачі. В діапазоні СВЧ вище 4 ГГц сигнали уже не відображаються іоносферою Землі і потребують пряму видимість між передавачем і приймачем (супутникові та радіорелейні канали).]

Апаратура ліній зв'язку

Апаратура передачі даних (АПД або DCE – Data Circuit termination Equipment) безпосередньо зв'язує комп'ютер користувача з лінією зв'язку. Приклади – модеми, термінальні адаптери мереж (ISDN – Integrated Service Digital Network), оптичні модеми, пристрої підключення до цифрових каналів, мережеві адаптери (NIC).

Апаратура користувача лінії зв'язку, яка генерує дані і підключається безпосередньо до DCE називається кінцевим обладнанням даних (DTE – Data Terminal Equipment).

Приклади – комп'ютер, мережевий принтер.

Проміжна апаратура вирішує дві основні задачі –

- покращення якості сигналу;
- створення постійного складеного каналу зв'язку між двома абонентами мережі.

Вирішення першої задачі забезпечують у локальних мережах концентратори і комутатори, у глобальних мережах – підсилювачі сигналів.

Друга задача в локальних мережах вирішується застосуванням комутаторів, а в ГМ мультиплексорів, демультимплексорів і комутаторів. (мультиплексування процес поєднання декількох низькошвидкісних каналів в один високошвидкісний).

В залежності від типу проміжної апаратури всі ЛЗ поділяються на аналогові і цифрові. В аналогових ЛЗ проміжна апаратура обробляє аналогові сигнали, тобто сигнали, які мають безперервний діапазон значень. Для створення швидкісних аналогових каналів, які мультиплексують низькошвидкісні, застосовується техніка частотного

мультиплексування. (Частотне мультиплексування – це метод мультиплексування, при якому смуга пропускання фізичного каналу ділиться на ряд вузьких частотних смуг – логічних каналів. Кожен користувач отримує канал у своє користування на час розмови.)

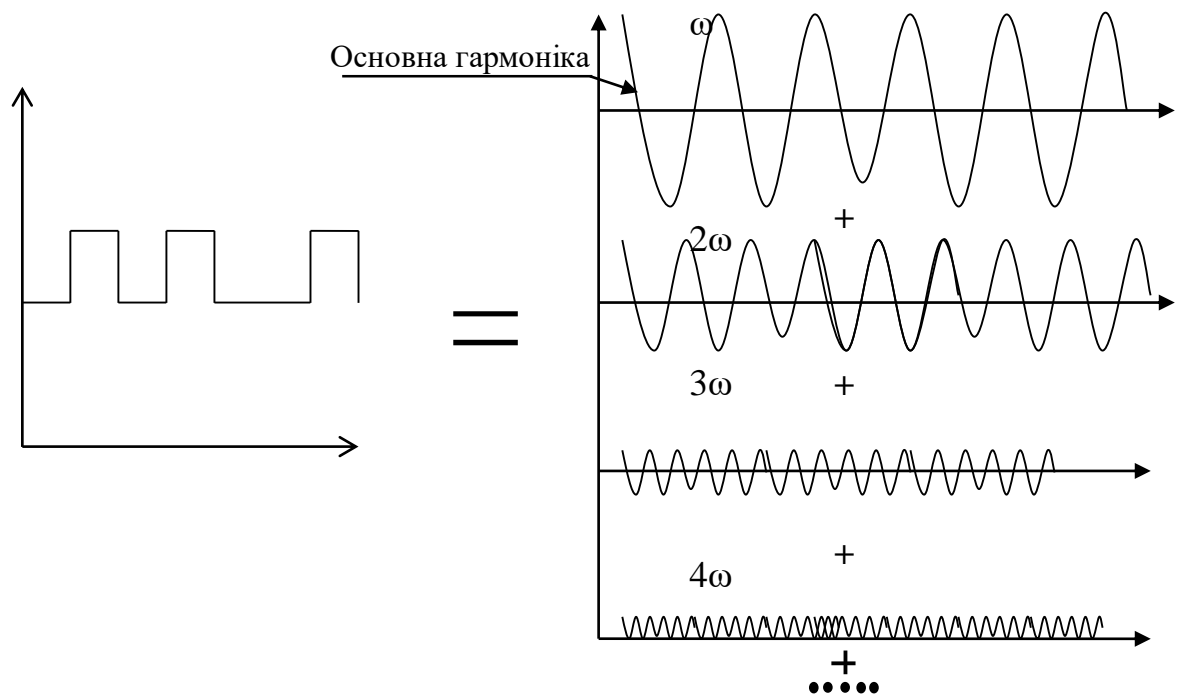
В цифрових ЛЗ сигнал має кінцеве число станів і являє собою імпульси прямокутної форми. Для створення швидкісних цифрових каналів використовується техніка часового мультиплексування. При цьому кожному низько швидкісному каналу виділяється певна доля часу (квант) високошвидкісного каналу.

Характеристики ліній зв'язку

При вивченні характеристик ЛЗ важливе значення має так званий спектральний аналіз сигналів. Із теорії гармонічного аналізу відомо, що кожен періодичний процес можна представити у вигляді суми синусоїдальних коливань різних частот і амплітуд:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\omega t + b_k \sin k\omega t) - \text{ряд Фур'є, де } a_k, b_k - \text{коефіцієнти ряду Фур'є, } \omega - \text{циклічна частота}$$

Такі синусоїдальні коливання називаються гармоніками. Гармоніка при $k=1$ називається основною гармонікою, вона має найнижчу частоту ω і найбільший період коливань серед усіх гармонік. Всі інші гармоніки мають частоту, кратну частоті основної гармоніки: 2ω , 3ω і т.д.



Мідні провідники являють собою деяку комбінацію активного, ємнісного і індуктивного опору, тому для синусоїдальних коливань різних частот ЛЗ буде мати різний повний опір. Значить і передаватися вони будуть по різному.

Повний опір електричного ланцюга :

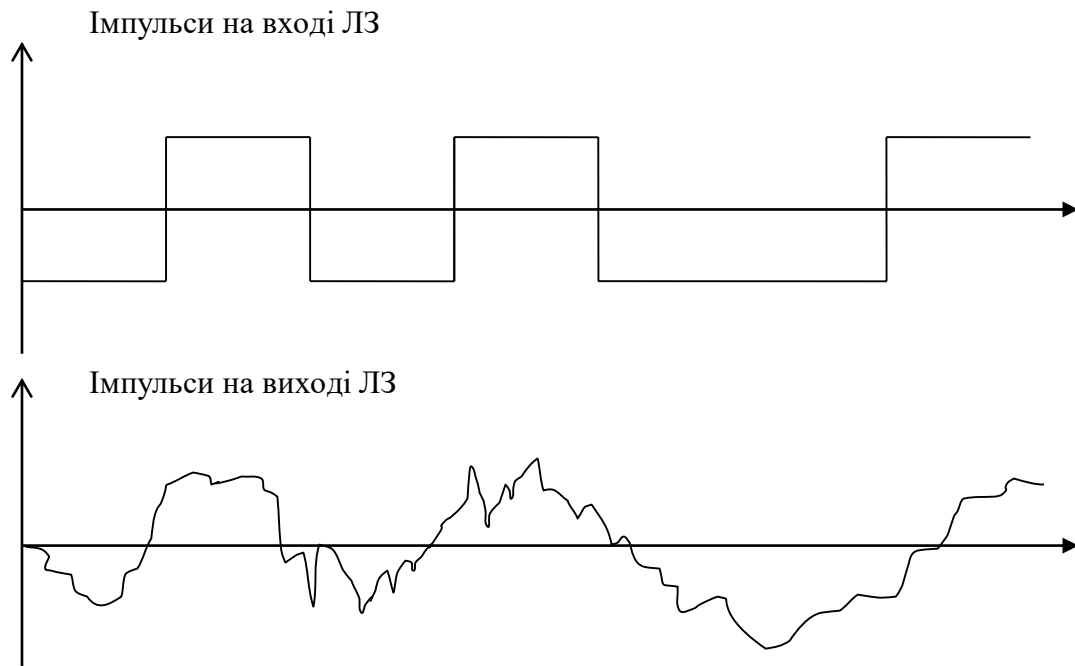
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C + X_L)^2}$$

Де R - активний опір, $R = \frac{\rho l}{S}$, де ρ – питомий опір матеріалу провідника, l і S – довжина і

площа поперечного перерізу провідника. X_C – ємнісний опір $X_C = \frac{1}{\omega C}$, де C – ємність провідника. X_L – індуктивний опір $X_L = \omega L$, де L – індуктивність провідника.

Проаналізуємо як зміниться повний опір в залежності від частоти гармоніки. При низькій частоті гармоніки $\omega \rightarrow 0$ зростає ємнісний опір $X_C \rightarrow \infty$. При високій частоті гармоніки $\omega \rightarrow \infty$ зростає індуктивний опір $X_L \rightarrow \infty$. Активний опір взагалі не залежить від частоти сигналу.

Таким чином, при передачі імпульсних сигналів, характерних для комп'ютерних мереж, згасають низькочастотні і високочастотні гармоніки, в результаті імпульси втрачають свою прямокутну форму.

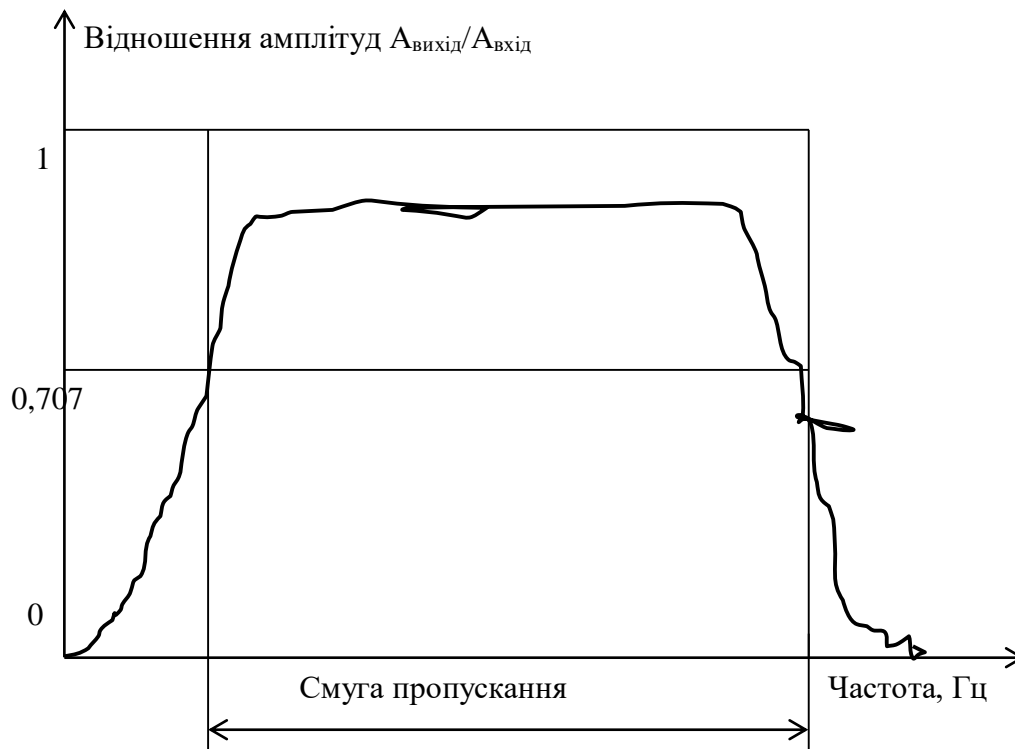


Варто зазначити, що свою долю у викривленні сигналів вносять і зовнішні завади, наприклад, від електричних та електронних приладів, атмосферних явищ і т.д.

До основних характеристик ліній зв'язку (ЛЗ) відносяться:

- амплітудно-частотна характеристика (АЧХ)
- смуга пропускання
- затухання
- завадостійкість
- пропускна здатність
- достовірність передачі даних
- питома вартість

АЧХ показує, як затухає амплітуда синусоїдального сигналу на виході ЛЗ в порівнянні з амплітудою на її вході в залежності від частоти сигналу.



Знання АЧХ дозволяє визначити форму вихідного сигналу практично для будь-якого вхідного сигналу. Але так як затрати на отримання АЧХ ЛЗ великі, на практиці використовуються більш спрощені характеристики – смуга пропускання і затухання. Смуга пропускання (bandwidth) – це безперервний діапазон частот, для якого відношення амплітуди вихідного сигналу до вхідного перевищує деяку наперед задану межу, звичайно $0,707 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$ для відношення амплітуд або 0,5 для відношення потужності.

Смуга пропускання для кабелю UTP категорії 5 дорівнює 100 МГц, для категорії 6 = 250 МГц і для категорії 6a = 500 МГц.

Затухання (attenuation) – відносне зменшення амплітуди чи потужності сигналу при передачі по ЛЗ сигналу певної частоти. Затухання зазвичай вимірюється в децибелах і обчислюється за формулою:

$$A = 10 \log_{10} P_{\text{вих}} / P_{\text{вх}},$$

де $P_{\text{вих}}$ – потужність сигналу на виході лінії, $P_{\text{вх}}$ – потужність сигналу на вході лінії.

Наприклад, кабель кручена пара категорії 5 має затухання не нижче –23,6 дБ для частоти 100 МГц при довжині кабелю 100 м.

Пропускна здатність (ПЗ) лінії (throughput) характеризує максимально можливу швидкість передачі даних через ЛЗ. ПЗ вимірюється в бітах за секунду біт/с, а також кілобітах за секунду Кбіт/с, мегабітах за секунду Мбіт/с і т.д. (в мережевих технологіях кілобіт дорівнює рівно 1000 біт, а не 2^{10} як в програмуванні).

ПЗ залежить від фізичного і логічного кодування. Фізичне кодування це спосіб представлення дискретної інформації у вигляді сигналів. Для кодування використовують зміну якого-небудь параметра періодичного сигналу – частоти, амплітуди і фази синусоїди, або знак потенціалу послідовності імпульсів. Якщо сигнал змінюється так, що можна відрізнити тільки два його стани, то будь-яка його зміна буде відповідати найменшій одиниці інформації – біту. Якщо сигнал має більш ніж два різних стани, то будь-яка його зміна буде нести декілька біт інформації.

[Наприклад, нехай сигнал кодується чотирма значеннями амплітуди –1 В, 2 В, 3 В і 4 В. 1 В може означати два підряд нульових біта – 00, 2 В – 01, 3 В – 10, 4 В – 11. Отже, якщо сигнал має 4 стани, то одна зміна стану несе два біти інформації.].

Кількість змін інформаційного параметру несучого періодичного сигналу за секунду вимірюється в бодах (baud). ПЗ ЛЗ в бітах за секунду може бути як вище, так і нижче за число бод. Якщо сигнал має більш ніж два різних стани, то ПЗ буде вище за число бод. Якщо, наприклад, сигнал модему має 8 різних станів і працює на швидкості 2400 бод, то його ПЗ дорівнює 7200 біт/с, так як при одній зміні сигналу передається 3 біти інформації.

Логічне кодування виконується до фізичного і полягає в такій зміні біт вихідної інформації, яка б надавала новій послідовності біт додаткові властивості, наприклад, можливість фіксування помилок або шифрування даних. При цьому нова послідовність біт стає довшою, тому логічне кодування зменшує ПЗ каналу.

Зв'язок між максимально можливою ПЗ лінії і її смугою пропускання встановив Клод Шеннон:

$$C = F \log_2(1 + P_c/P_{\text{ш}}),$$

де C - максимально можливою ПЗ лінії в біт/с, F - смуга пропускання лінії Гц, P_c - потужність сигналу, $P_{\text{ш}}$ - потужність шуму. [аналіз формули]

Відношення Найквіста також визначає максимально можливу ПЗ ЛЗ, але без впливу шуму:

$$C = 2F \log_2 M,$$

Де M - кількість різних станів інформаційного параметра. [аналіз формули]

Достовірність передачі даних характеризує імовірність викривлення для кожного біта даних, що передається. Цей показник інколи називають інтенсивністю бітових помилок (BER – Bit Error Rate). Величина BER для мідних кабелів складає 10^{-4} - 10^{-6} , для оптоволоконних ЛЗ 10^{-9} . 10^{-4} означає, що на 10000 біт в середньому викривлюється значення 1 біту.

Стандарти кабелів

[розглядаються на лабораторній роботі]