

Канали зв'язку

Раніше канал зв'язи визначався як сукупність технічних засобів, призначених для передачі повідомлень. Розглянемо питання ширше.

Канал можна представити як послідовне з'єднання пристроїв, виконуючих різні функції в загальній системі зв'язи.

Класифікація каналів можлива з використанням різних ознак. В залежності від призначення:

- телефонні; звукового мовлення;
- телебачення; телеметричні;
- ТГ; змішані; фототелеграфні.

В залежності від середовища: волоконні СВЧ(волоконно-оптичні); канали провідної зв'язи; радіоканали.

В залежності від використаного діапазону частот:

- повітряні до 150 кГц;
- симетричні кабелі до тисяч кГц;
- коаксіальні до десятків МГц;
- радіозв'язи від $3 \cdot 10^3$ — $3 \cdot 10^{11}$ Гц;
- волоконні –оптичний діапазон(нано м)

Існує тенденція до переходу на все більш високі частоти т.к. при цьому зростає швидкість передачі і т.д.

Класифікація за характером сигналів на вході і виході каналу:

- дискретні;
- неперервні (вихід модулятора, вхід демодулятора);
- дискретні з боку входу і неперервні з боку виходу або навпаки, інакше називаються дискретно-неперервними або напівнеперервними.

Всякий дискретний канал містить всередині себе неперервний канал. Пам'ятайте! Що дискретність або неперервність каналу не пов'язані з характером передаваних повідомлень. Можливо передавати дискретні повідомлення по неперервному каналу і неперервні по дискретному.

Прохідження сигналів через канали з детермінованими характеристиками (т.е. визначеними в кожен момент часу)

Передача сигналів по різних каналах зв'язи завжди супроводжується зміною-перетворенням цих сигналів, в результаті чого прийняті сигнали відрізняються від передаваних. Відмінності ці обумовлені перш за все лінійними і нелінійними перетвореннями вх. Сигнала, а також адитивним шумом в каналі.

З точки зору передачі інформації по каналу сигнали ділять на зворотні і незворотні. Зворотні – це ті які при перетвореннях не втрачають інформацію. Незворотні – ті, що втрачають і вони стають перешкодами (адитивними). Приклад найпростішого детермінованого зворотного перетворення вх. сигналу $X(t)$, який не змінює його форму.

$$Y(t)=kX(t-\tau)$$

В цьому випадку вх сигнал відрізняється коефіцієнтом масштабу, який компенсує посилення або ослаблення сигналу і простою затримкою в часі τ . Затримка сигналу в часі призводить до затримки прийому інформації. Але не до втрати її.

В реальних каналах зв'язи, коли можна ігнорувати адитивний шум перетворення сигналів має складний характер і зазвичай призводить до відмінності форми вихідного сигналу від входного.

Прохідження випадкових сигналів через канали з детермінованими лінійними параметрами.

Рассмотрим подход к построению математической модели канала, для которой соотношения между вх. и вых. сигналом задается интегральным преобразованием Дюамеля. При этом для нахождения вых. сигнала требуется знать помимо характеристик цепи (канала) характеристику вх. сигнала, действующего на цепь во всех промежутках его существования до текущего момента.

Линейная цепь характеризуется импульсной реакцией $g(t)$ или её преобразованиями Фурье – передаточной функцией $k(j\omega)$

$$Y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t-\tau)X(\tau) d\tau$$

В физически реализуемой цепи $g(t)=0$ при $t<0$. Поэтому нижний предел интеграла можно заменить 0. Произведя математические преобразования делаем вывод. Что функция корреляции(ФК) и спектр процесса на выходе цепи полностью определяется ФК или спектром на входе и АЧХ цепи, т.е. не зависит от распределения вероятностей вх. процесса, ни от фазо-частотных хар-к цепи.

Вывод: достаточно знать ФК входного сигнала для нахождения ФК на выходе системы. Этот вывод верен и для линейной цепи с переменными параметрами.

Прохождение случайных сигналов через нелинейные цепи

Рассмотрим безинерционную нелинейную систему с распределенными параметрами.

$$Y(t) = \varphi[X(t)]$$

Вх вых. сигнал

В силу неприменимости суперпозиции к нелинейным системам рассмотрение сложного воздействия нельзя свести к рассмотрению прохождения каждого из компонентов в отдельности. При нелинейных преобразованиях возникает трансформация (изменение) спектра входного воздействия. А именно, если на вход нелинейной системы воздействует смесь регулярного сигнала и аддитивный шум $X(t)=u(t)N(t)$, в узкой полосе частот F_c , группирующейся около средней частоты f_0 , то в общем случае на выходе будут соответствовать составляющие комбинационных частот трех видов, группирующихся около частот $nf_0(n=0,1,2)$; продукты биения составляющих вх. сигналов между собой (схс); продукты биения сост. вх. шума(шхш); продукты биения сигнал – шум (схш). Разделить их на выходе системы обычно невозможно. Математический аппарата для нахождения вых. сигнала достаточно громоздкий и сложный.

Математическая модель каналов связи.

Рассмотрим наиболее простые и широко используемые мат.м модели каналов.

Идеальный канал без помех представляет собой линейную цепь с постоянной передаточной функцией, обычно сосредоточенной в ограниченном спектре частот. Выходной сигнал при заданном входном оказывается детерминированным. Модель годится для кабельных каналов.

Канал с аддитивным гауссовским шумом, в котором сигнал на выходе

$Z(t) = kU(t-\tau) + N(t)$, где $U(t)$ – вх. сигнал; k, τ – постоянные; $N(t)$ – гаус. аддит. Шум с нулевым мат. ожиданием и заданной корреляционной функцией. Обычно запаздывание τ не учитывают, что соответствует изменению начала отсчета времени на выходе канала.

Этому описанию удовлетворяет радиоканал в пределах прямой видимости, а также радиоканалы с медленными общими замираниями, при которых можно надежно предсказать значение k, τ .

Канал с неопределенной фазой сигнала отличается от предыдущего тем, что в нем запаздывание является случайной величиной.

Модели дискретного канала. В состав канала входит непрерывный канал и модем. Модель содержит задание множества возможных сигналов на его входе и распределение условных вероятностей выходного сигнала при заданном входном.

$$B^{[n]} = B^{[n]} + E^{[n]}$$

Случайная последовательность из n символов, где V сигнал на выходе; $V^{[n]}$ сигнал на входе канала, $E^{[n]}$ -случайный вектор ошибки.

Модем осуществляет переход от непрерывного канала к дискретному, преобразует помехи и искажения непрерывного канала в поток ошибок.

Перечислим наиболее важные простые модели дискретных каналов.

Симметричный канал без памяти – это дискретный канал, в котором каждый переданный кодовый символ m б принят ошибочно с фиксированной вероятностью p , причем вместо переданного символа „в” с равной вероятностью принят любой другой символ

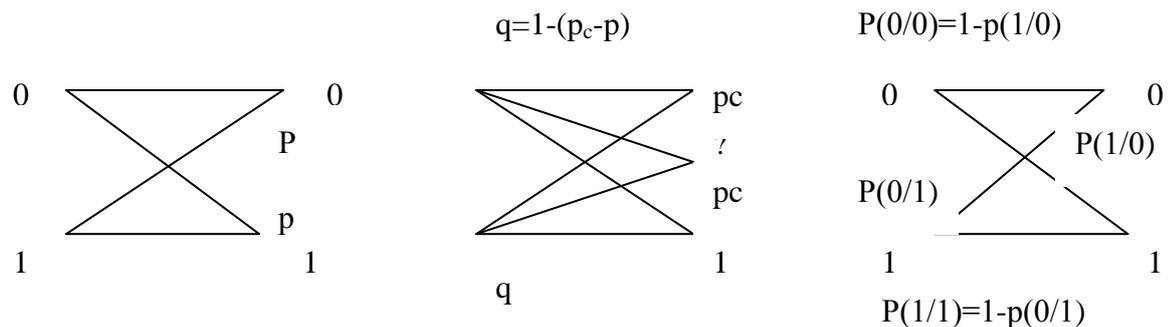
$$P(b_j/b_i) = \begin{cases} p/(m-1) & i \neq j \\ 1-p & i = j \end{cases}$$

Термин без памяти означает, что вероятность ошибочного приема символа не зависит от предистории.

Симметричный канал без памяти со стиранием отличается от предыдущего тем, что алфавит на выходе канала содержит дополнительный $(m+1)$ символ, обозначаемый „?”. Этот символ появляется, когда демодулятор не может надежно опознать переданный символ. Вероятность такого отказа от решения или стирания символа p_c в данной модели постоянна и не зависит от передаваемого символа.

Несимметричный канал без памяти – в этой модели вероятность вектора ошибки зависит от того, какая последовательность символов передается.

Марковский канал – простейшая модель дискретного канала с памятью. В ней вероятность ошибки образует простую цепь Марков, т.е. зависит от того правильно или ошибочно принят предыдущий символ, но не зависит от того, какой символ передается.



Симметричный канал переход вероятности

Симметричный канал со стиранием

Несимметричный канал

Відомості про канали.

Канал називається дискретним, якщо вхідні і вихідні простори (повідомлення) дискретні і неперервні, якщо ці простори неперервні. Якщо один із просторів дискретний, а другий неперервний, то канал називається відповідно дискретно-неперервним чи неперервно-дискретним. Властивості дискретного каналу визначені, якщо задані:

1. алфавіти вхідних кодових символів $a_i (i = 1, 2, \dots, m)$ та вихідних $a'_j (j = 1, 2, \dots, m')$;
2. швидкість передачі символів;
3. ймовірність переходів $p_{ji} = p(a'_j/a_i)$, тобто ймовірності того, що прийнятий символ a'_j , коли був переданий символ a_i . У загальному випадку $m \neq m'$, і символи a_i можуть відрізнятися за своєю природою від символів a'_j . Наприклад, звуки мови, які складають вхідний алфавіт при телефонній передачі, можуть відтворюватися на прийомному кінці не тільки у вигляді звуку, а й у вигляді тексту, записаного на плівку.

Якщо ймовірність переходів $p = p(a'_j/a_i)$ для кожної пари i, j не залежать від часу і від того. Які символи передавалися раніше, то канал називається однорідним каналом без пам'яті. Якщо ці ймовірності залежать від часу, то канал неоднорідний. Математичним описом каналу з пам'яттю є дискретний ланцюг Маркова.

Якщо в однорідному каналі алфавіти кодових символів на вході та виході однакові, тобто $m = m'$, то для будь-якої пари $i \neq j$ ймовірності переходів постійні $p = p(a'_j/a_i) = p_0 = const$, такий канал називається симетричним (рис. 4.3). В симетричному каналі

$$p_{11} = p_{22},$$

$$p_{12} = p_{21}.$$

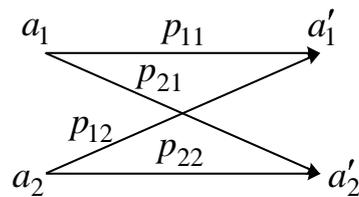
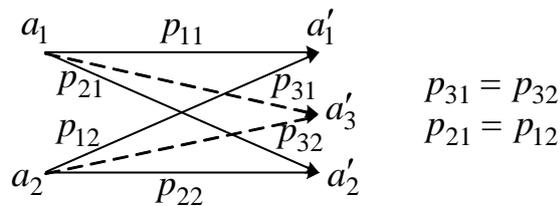


Рис.4.3.

Серед каналів, в яких алфавіти на вході і виході неоднакові, представляє інтерес так званий витираючий канал (рис. 4.4), в якому $m' = m + 1$.



$$p_{31} = p_{32}$$

$$p_{21} = p_{12}$$

Рис.4.4.

В такому каналі вихідний алфавіт містить додатковий символ a'_{m+1} , що позначає «стирання». Поява цього символу на виході означає, що переданий символ спотворений завадами і не може бути впізнаним. Як буде показано надалі, введення такого витираючого символу полегшує можливість правильного декодування прийнятої кодової комбінації.

В каналі без завад кожному вхідному символу a_k однозначно відповідає символ a'_k на виході (ймовірності неправильних переходів рівні нулю).