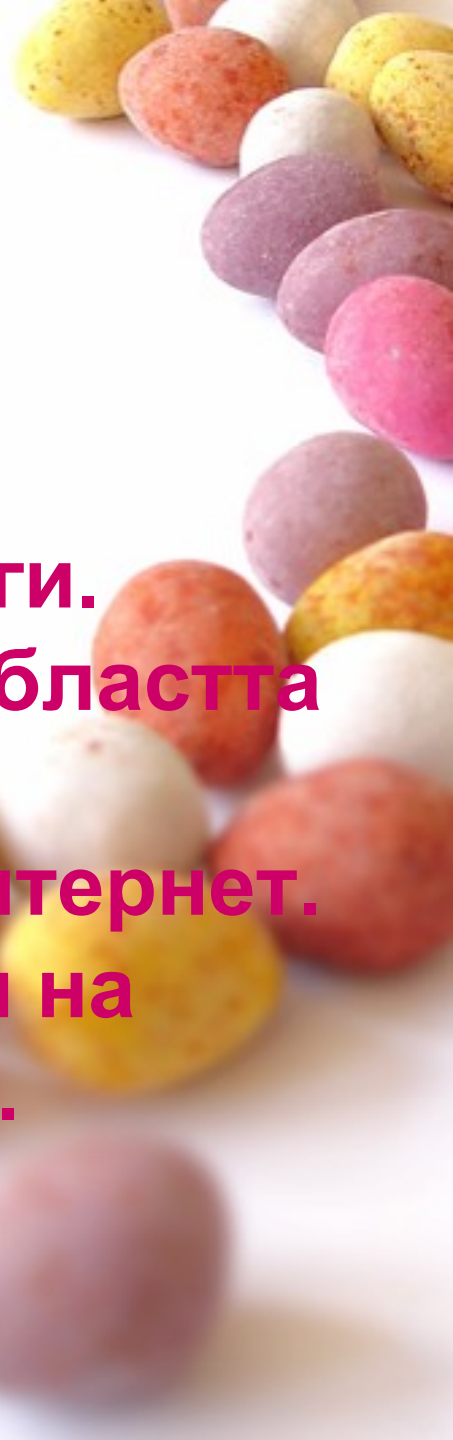


Тема 2

Телекомуникационни услуги.
Международни организации в областта
на комуникациите.
Органи за стандартизация на Интернет.
Информационни параметри на
съобщенията и каналите.



Телекомуникационни услуги



Съгласно стандартите на ITU услугите в ТК са три вида:

- ✓ носещи услуги (bearer services);
- ✓ телеуслуги (tele-services);
- ✓ допълнителни услуги (supplementary services).

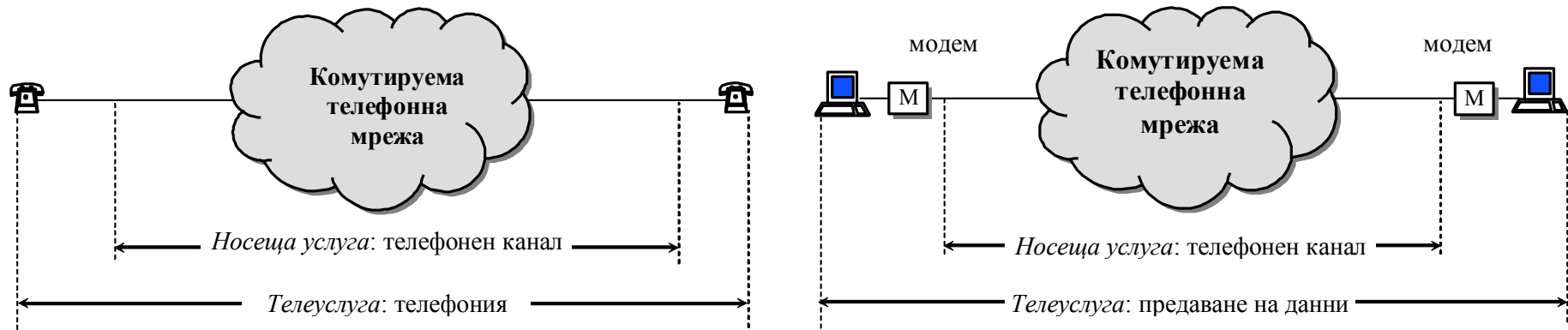
Първите два вида са наречени **основни** и могат да се предоставят самостоятелно, докато допълнителните услуги са винаги свързани с носеща услуга или телеуслуга.

С носещата услуга операторът на мрежата предоставя на клиентите си (които може да са оператори и на други мрежи) просто една “**транспортна система**” за информация, използвайки комутационните, мултиплексни и преносни ресурси. Носещите услуги осигуряват съвместимост само между т.нар. **крайни мрежови устройства (network termination)**, а клиентът на носещата услуга сам осигурява съвместимостта на абонатните терминали.





Телеуслугите са за комуникация “от абонат до абонат” (при тях участват и абонатните терминали). Примери за телеуслуги са телефония, телефакс, предаване на данни и др. Телеуслугите включват функциите и протоколите, ориентирани към пренасяне на информация, които са присъщи на носещите услуги.



На фигурата не е показана друга комбинация, при която носеща мрежа, построена за предаване на данни – Интернет – се използва за реализиране на телефония. Става дума за популярната днес услуга VoIP–Voice over Internet Protocol.



Телеуслугите могат да се обособят в следните 5 групи, според вида в който информацията се предоставя на абонатите:

- ✓ **Реч** (фиксирана телефония, мобилна телефония, VoIP).
- ✓ **Текст** (телекс, телетекс, SMS, E-mail).
- ✓ **Неподвижно изображение** (факс, формати използвани в Интернет).
- ✓ **Данни** (мрежи за данни, Интернет).
- ✓ **Видео или подвижно изображение** (видеотелефония, трето поколение мобилни мрежи GSM, Интернет).

Често 2, 3, и 4 се наричат общо **данни**.

Мултимедията е услуга, която се състои от две или повече от по-горе изброените.

Търговски наименования: **Dual-Play, Triple-play, Quadruple play services**





Телеуслугите могат да бъдат групирани и според начина, по който абонатът получава информацията:

- ✓ **Диалогови услуги** (*Interactive Services*) – които позволяват двупосочно предаване на информация между двата абоната, напр. телефонията.
- ✓ **Услуги със съобщения** (*Messaging Services*) – които използват принципа на “оставянето на съобщение”, т.е. да се запише информация, която да бъде прочетена или чута от този, за когото е предназначена. Такива са “гласова поща”, телексът, SMS и e-mail.
- ✓ **Услуги с извличане** (*Retrieval Services*) – абонатите да извличат информация от база данни. Напр. “Точно време”, “Прогноза за времето” или “Котировки на стоковата борса” и най-вече всичко от WWW (World Wide Web) на Интернет.
- ✓ **Разпространяващи (разпръскващи) услуги** (*Distributive Services*). Тези услуги са еднопосочни – радио и TV, телетекст.



Изисквания на телеуслугите към ТК

- ✓ Различните телеуслуги имат различни изисквания към съоръженията на ТК система и към ресурсите на мрежата. Най-очевидните са **честотната лента** и **качеството на обслужване**.
- ✓ **Честотната лента** (в честотната област) или **скоростта на предаване** (във времевата област) е параметър, който се поддава лесно на количествена оценка. Най-тясна лента изисква речта, а най-широка – видеото, като лентата много зависи от желаното качество на изображението.
- ✓ Модерните методи на **кодиране на информацията** и **цифровата обработка на сигналите** могат чувствително да намалят изискваната лента. Цифров телефонен канал с *импулсно-кодова модулация (ИКМ)* и скорост 64Kbit/s може да се замени с предаване със скорост 16Kbit/s, без да се забележи влошаване качеството на приемане.



Значение има и това, колко постоянен е цифровият поток. Различават се услуги с постоянна скорост на предаване (CBR—*Constant Bit Rate*) и с променлива скорост на предаване (VBR—*Variable Bit Rate*). С VBR характер е предаването на данни. Качеството на обслужване (QoS—*Quality of Service*) има комплексна оценка, но най-важните му параметри са вероятност за грешки (BER — *Bit Error Ratio*) и закъснение.

За речта и видеото е характерно, че:

- ✓ са аналогови по произход;
- ✓ не толерират закъсненията на получаване на информацията;
- ✓ толерират грешките (BER) до някакви граници.





За данните е в сила точно обратното, че:

- ✓ са цифрови по своята същност;
- ✓ толерират закъсненията в сравнително широки граници;
- ✓ грешките са недопустими.

Закъснението не се отразява на качеството на възприемане на речта и видеообмена, когато не надвишава 200÷300 ms. Допустимо колебание на това закъснение (jitter) е не повече от няколко милисекунди. При предаването на данни допустимото закъснение е с порядъци по-голямо. Ето защо в литературата речта и видеото се наричат *изохронни услуги* или още *услуги в реално време*, а трафикът от данни се нарича *еластичен*.





Допълнителните услуги създават удобства за абонатите, а за операторите увеличават приходите при наличния брой абонати. Допълнителните услуги са:

- ✓ *разпределени* (разположени по крайните централи);
- ✓ *централизирани* (съсредоточени в предвидения за целта възел на така наречените **интелигентни мрежи – IN** (Intelligent Network)).

Съществуват голям брой допълнителни услуги както във фиксираната публична (обществена) комутируема телефонна мрежа (**ОКТМ**), така и в интегрална мрежа **ISDN – Integrated Services Digital Network**, а също и в **мобилните мрежи**.





Примери за допълнителни услуги:

- ✓ *Индикация за номера на викация абонат (CLIP – Calling Line Identification Procedure)* върху дисплея на терминала на викания абонат.
- ✓ *Чакащо повикване (CW–Call Waiting)*, което означава, че по време на дадено повикване постъпва ново повикване към някой от двата абоната. Търсеният абонат е информиран за това с тих и кратък повтарящ се тонален сигнал, а той избира дали да приеме чакащото повикване. Той може да се прехвърля между двете повиквания без да ги прекъсва.
- ✓ *Безусловно пренасочване на повиквания (CFU–Call Forwarding Unconditional)*, което позволява всички постъпващи повиквания да бъдат насочвани към указан друг номер.
- ✓ *Пренасочване при неотговаряне (CDNA – Call Diversion on No Answer)*
- ✓ *Пренасочване при зает абонат (CDB–Call Diversion on Busy).*

Телекомуникационни стандарти



- ✓ ТК мрежа се простира върху цялото земно кълбо и на практика е най-голямата (и най-сложна) машина, създадена от човека. Още в зората на ТК, последните излизат извън националните граници. Това налага, още в онези времена, да има някакво международно регулиране и стандартизиране за ТК апаратура. **Международният съюз по телекомуникации – МСТ** (*International Telecommunication Union – ITU*) е създаден в 1865 г. и е най-старата организация към ООН.
- ✓ Съвместимостта между апаратурите, създадени от различни **производители**, вложени в мрежите си от различни **оператори** и използвана от различни **абонати** със своите терминали, е невъзможна без спазване на стандарти. ITU нарича стандартите си “по-меко” – **препоръки**, но те действат по-строго и по-задължително от всеки стандарт.



Международни организации. ITU е безспорно най-известната организация за ТК стандарти. Тя се дели на 3 сектора:

- ✓ сектор за телекомуникационни стандарти (ITU-T),
- ✓ сектор за радиокомуникации (ITU-R),
- ✓ сектор за развитие (ITU-D).

В действителност само първият сектор ITU-T разработва и издава стандарти (препоръки). Практическата работа се върши от 15 работни групи, съставени от специалисти от страните участнички. По-рано препоръките на ITU-T се приемаха и публикуваха през четири години. Днес този период е твърде голям и всяка препоръка вече се публикува веднага след разработването ѝ.



Препоръките са обединени в серии с еднаква начална буква в номерацията. Някои от сериите са:

- ✓ *X.* – мрежи за данни (например *X.25* – мрежа за пакетна комутация),
- ✓ *G.* – пренасяне (например *G.711* – ИКМ кодиране),
- ✓ *E.* – комутация и сигнализация,
- ✓ *I.* – интегрални мрежи,
- ✓ *Y.* – мрежи от следващо поколение NGN.

Друга международна организация е **ISO** – *International Standards Organization*. В нея влизат, на доброволен принцип, национални стандартизиращи институции. За ТК важен продукт на ISO е многослойният модел OSI.



- ✓ **Регионални организации.** Един пример за регионална организация е **ETSI**–*European Telecommunications Standards Institute*. Членове са държавни администрации, мрежови оператори, доставчици на услуги, производители и крайни клиенти. Един продукт на ETSI, който е възприет и извън Европа, е стандартът за мобилни комуникации **GSM** (Global System for Mobile communications) означаващ отначало **Group Special Mobile**.
- ✓ **Национални организации.** **БДС** (България), **DIN** (Германия), **BSI** (Великобритания), **ANSI** (САЩ) са национални организации. Членството на България в Европейския съюз води до пълно възприемане на стандартите ETSI.



- ✓ **Професионални организации.** Институтът на инженерите по електротехника и електроника (Institute of Electrical and Electronics Engineers – **IEEE**) е най-голямата световна професионална инженерна организация. Създател на много международно приети стандарти в ТК, като IEEE 802.3 за Ethernet LAN, IEEE 802.11 за безжичен LAN, IEEE 802.16 за WiMAX и др.
- ✓ **Органи за стандартизация на Интернет.** През 1983 г. е създаден **IAB** (Internet Architecture Board), наричан тогава Internet Activities Board. През 1989 г. към него са формирани два органа – **IRTF** (*Internet Research Task Force*) (изследователска група) и **IETF** (*Internet Engineering Task Force*) (група за проектиране). Днес стандартите за Интернет се разпространяват от **IETF**. Стандартите, пускани от IETF се наричат “Молба за коментар”- **RFC** (*Request For Comment*). Създаването на RFC следва формална процедура по преминаване етапите на предлагане, обсъждане и приемане. Всичките RFC са достъпни на адрес www.ieft.org/rfc

Информационни параметри на съобщенията и каналите



Съобщенията, обект на предаване в ТК, биват аналогови и дискретни.

- ✓ **Дискретни** са съобщенията, изградени чрез набор (азбука) от краен брой символи. Такива са текстовите съобщения и данните.
- ✓ **Аналогови** (непрекъснати) са съобщенията, изградени от безбройно много символи (използващи безкрайно дълга азбука). Такива са говорните и музикалните съобщения, тези от аналогови сензори и др. Човекът генерира основно аналогови съобщения и основните му сензори (слух, зрение, осезание) възприемат аналогови съобщения. Въпреки това, техническите средства за предаване и съхраняване на съобщения са обект на тотална цифровизация.



- ✓ Съобщенията се описват обикновено само информационно чрез *количеството информация и информационния излишък*, които съдържат, а източниците на съобщения се описват с техните *скорост на създаване на информация (производителност на източника)* и *максималната си информационна производителност (капацитет на източника)*, както и с *информационния си излишък*.
- ✓ Всяко съобщение носи информация за някаква физическа система, която може да заема различни състояния. Колкото дадено състояние е по-неочаквано (с по-малка вероятност за заемане), толкова повече информация съдържа съобщението за него. Така количеството информация се свързва със степента на неопределеност на системите и с големината на вероятността за заемане на възможните ѝ състояния.

Въведение в теория на информацията (кратко :))

- ✓ Мярката за неопределеност на една система е нейната **ентропия**. Ако една система X има n възможни състояния $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, които може да заема с вероятности $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$, **ентропията $H(X)$, bit** на тази система се определя по формулата

$$H(X) = - \sum p_i \log_2 p_i, \text{ bit}$$

- ✓ Ако n -те състояния се заемат с равни вероятности $p_i = 1/n$, ентропията на системата ще бъде максимална

$$H(X)_{\max} = - \sum p_i \log_2 p_i = \log_2 n, \text{ bit}$$

- ✓ Всяко съобщение a_i за дадена система намалява нейната неопределеност. Ако началната ентропия на системата е била $H(X)$ и след получаването на съобщението е намаляла до $H_1(X)$, то **количеството информация**, съдържаща се в съобщението, е равна на това намаление.

$$I_a = H(X) - H_1(X), \text{ bit.}$$



- ✓ Ако съобщението е изяснило напълно системата, т.е. $H_1(X) = 0$, то $I_a = H(X)$, *bit*.
- ✓ Така, количеството информация в съобщение, изясняващо напълно състоянието на система с 2 равновероятни състояния, ще бъде $I_a = H(X) = \log_2 n$, $= \log_2 2$, $= 1 \text{ bit}$, а на система с 32 равновероятни състояния: $I_a = H(X) = \log_2 n$, $= \log_2 32 = 5 \text{ bit}$.
- ✓ Ако състоянията не са равновероятни, $I_a = H(X)$ ще се изчислява по общата формула за ентропия. Тогава

$$H(X) = - \sum p_i \log_2 p_i < H(X)_{\max} = \log_2 n, \text{ bit}$$

и количеството информация в съобщението ще е по-малко от максималното

$$I_{a \max} = H(X)_{\max}$$

т.е. все едно, че съобщението е недонатоварено с информация.

Въведение в теория на информацията...



- ✓ За да се оцени тази недонатовареност, се въвежда мярката **информационен излишък R на източника на съобщението**

$$R = \left(1 - \frac{H}{H_{\max}}\right) \cdot 100, \quad \%$$

- ✓ В теорията на информацията под **източник на съобщение** се разбира набора (ансамбъла) от съобщенията за дадена система заедно с техните вероятности за поява. Излишъкът R очевидно е параметър и на съобщението. Съвременните говорими езици имат излишък от над 70%, защото отделните символи са свързани със сложни вероятностни връзки и така езикът може да служи при неидеални условия (напр. силен околен шум), когато могат да се изгубят дори 70% от предаваните символи. При опростените, формализирани езици, напр. в телеграмите, този излишък достига до 90%.
- ✓ **Данните (цифровите съобщения) имат нулев информационен излишък и затова никакви загуби на символи (никакви грешки при предаването) не са допустими!!!**



- ✓ Понеже в ТК канали има смущения, които предизвикват грешки, се налага използване на специални шумоустойчиви кодове, които на практика въвеждат информационен излишък.
- ✓ **Информационна производителност H_t (bit/s)** на източника се нарича количеството информация, произвеждана за единица време.
- ✓ **Капацитет на източника C_u (bit/s)** се нарича неговата максимална производителност

$$C_u = H_{tmax}, (bit/s)$$

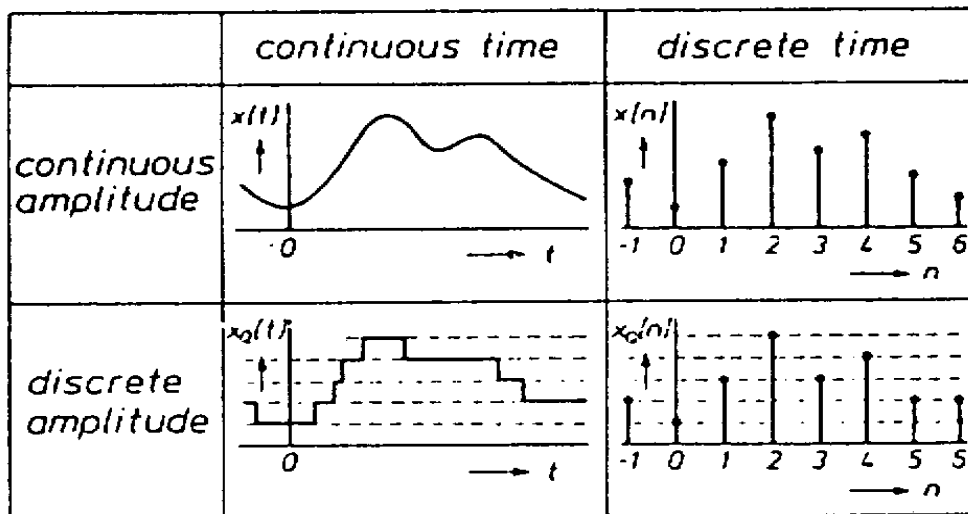
Описание на сигналите



Сигнал се нарича променяща се във времето (в такт със съобщението) **физическа величина**, напр. електрическо напрежение или ток, интензивност на светлина, звуково налягане. Съществуват 4 типа сигнали:

- а) **аналогови $x(t)$** (непрекъснати по време и по амплитуда),
- б) **дискретни по време, но с аналогова амплитуда $x(n)$** ,
където с $n=nT$ е означено дискретизираното през интервали на дискретизация T , s време,
- в) **аналогови по време, но с дискретни (краен брой) амплитуди $x_q(t)$** , където индексът q означава **quantized** – квантуван, дискретизиран по амплитуда,
- г) **цифрови $x_q(n)$** (дискретни по време и по амплитуда).

Описание на сигналите...



Най-често срещани в ТК са аналоговите и цифровите сигнали.

Сигналите се описват във **времева** и в **честотна** области, а също и в по-абстрактни области (като операторни функции, отношения на полиноми с променлива **s** – оператор на Лаплас – при аналогови сигнали и с променлива **z** – при цифрови сигнали). Информационното описание на сигналите съвпада с това на съобщенията, които те пренасят.

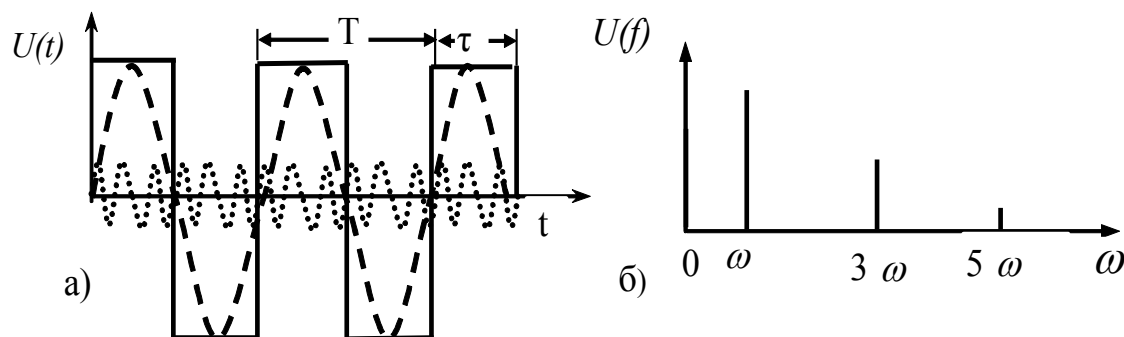
Описание на сигналите във времева област



- ✓ Времето описание на сигналите е това, което се вижда на екрана на осцилоскопа. Сигналите във времева област могат да бъдат:
 - а) **периодични** (с период на повторение T),
 - б) **непериодични**,
- а в зависимост от степента на тяхната предсказуемост биват:
 - а) **детерминирани** – напълно предсказуеми и описвани с формула,
 - б) **случайни** – описвани с теорията на случайните процеси чрез различни статистически характеристики.

Описание на сигналите във времева област...

Детерминираниите сигнали не съдържат (не носят) полезна информация. Те са напълно описани и известни в приемната страна и могат да бъдат генерирани направо там. Сигналите, които пренасят информация, имат винаги вероятностен (случаен) характер.



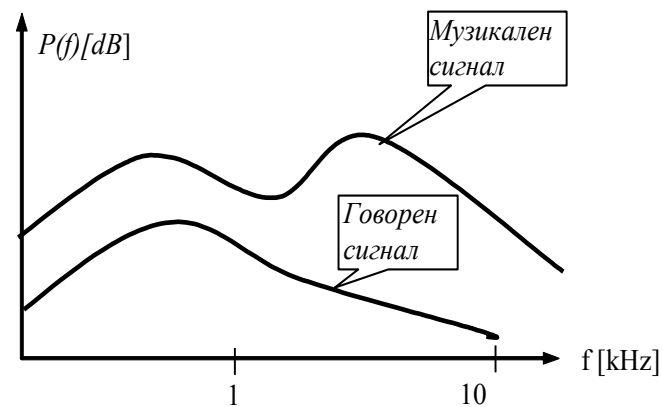
Периодичен дискретен сигнал във времева (а) и честотна (б) области

- ✓ **Скорост на предаване V (Baud)** на дискретен сигнал се нарича броят импулси (броят дискретни стойности) предавани за една секунда $V = 1/\tau$, Baud.
- ✓ **Ефективна продължителност τ_e** на сигнала се нарича интервалът от време, в който се разполага основната част (напр. 90%) от енергията на сигнала.



Описание на сигналите в честотна област

- ✓ Детерминирани **периодични** сигнали се описват в честотна област чрез техните **амплитуден** и **фазов спектри**, получени чрез редове на Фурие. Периодичните сигнали имат дискретен спектър. Спектралното описание на **непериодичните** сигнали се получава от описанието във времева област чрез правото преобразуване на Фурие като **спектрална плътност**, която има непрекъснат характер.
- ✓ Вместо амплитуден спектър при случайните сигнали се работи с т.нар. **енергиен спектър**, който дава представа за разпределението на енергията на сигнала за различни честоти. Той се получава по формулата на Винер-Хинчин.



а) Енергийни спектри на звукови сигнали



Ефективна ширина F_e на спектъра на сигнала се нарича лентата от честоти, в която се разполага основната част (напр. 90%) от енергията на сигнала. Съществува любопитна закономерност, свързваща параметри от честотна и времева области, съгласно която за всеки сигнал

$$F_e \tau_e = \text{const.}$$

Това означава, че:

1. Ако се скъсява сигнала, ширината на спектъра му се увеличава, защото

$$F_e = \text{const} / \tau_e.$$

2. Най-подходящи за предаване на информация са сигналите, чието произведение $F_e \tau_e$ е минимално. Такива са сигналите с камбановидна форма.

Ефективната ширина F_e на спектъра на говорните сигнали с телефонно качество е само 3.1 kHz (от 0.3 до 3.4 kHz), на музикалните сигнали с много високо (Hi-Fi) качество е около 20 kHz (от 20 Hz до 20 kHz), а с УКВ или магнетофонно Hi-Fi-качество – 12.5 kHz, на т.в. сигналите – около 13 MHz.

bit, Baud, Byte



✓ В Компютърната техника обикновено се работи само с двоични сигнали (0 и 1) и ако те са равновероятни, всеки от тези двоични сигнали носи по един bit информация. Затова там често наричат импулсите и двоичните символи **битове** и мярката **скорост на предаване на информация в bit/s** (означавана още като **bps** – bits per second) съвпада по стойност с мярката **брой импулси за секунда в Baud**. Затова компютърните специалисти никога не използват единицата Baud.

✓ В Комуникационната техника, за да се повиши скоростта на предаване на информацията, се предават дискретни сигнали с повече възможни състояния, напр. 4, 8, 16, 256 и т.н. Тогава всеки импулс носи 2, 3, 4 или 8 bit информация. Ако се работи с импулси с 256 стойности и скоростта на предаване на импулсите е напр. 2000 Baud, то скоростта на предаване на информацията с тези импулси ще бъде $2000 \cdot 8 = 16000$ bit/s.

✓ **Byte** се нарича група (кодова комбинация) от 8 bit или двоични сигнали.

Електрически параметри на сигналите



- ✓ **Напрежение, ток и мощност** в абсолютни единици (V, A, W).
- ✓ **Ниво по напрежение** p_u – напрежение U в относителни логаритмични единици (децибели – dB) – отнесено към 0.775 V

$$p_u = 20 \lg(U/0.775), \text{ dB}$$

- ✓ **Ниво по мощност** p_w - мощност P_s в относителни логаритмични единици (децибели по мощност – dBm) – отнесено към 0.001 W

$$p_w = 10 \lg \frac{P_s}{0.001}, \text{ dBm}$$

- ✓ **Динамичен обхват (диапазон)** D_s на сигнала:

$$D_s = 10 \lg \frac{P_{max}}{P_{min}}, \text{ dB}$$

представляващ логаритъм от отношението на максималната към минималната мигновена мощност на сигнала.



- ✓ **Пикфактор на сигнала Q** – логаритъм от отношението на максималната към средната мощност P_{av} на сигнала

$$Q = 10 \lg \frac{P_{max}}{P_{av}}, \text{ dB}$$

- ✓ В реалните комуникационни канали нивото на сигналите по мощност рядко надвишава 0 dBm. Динамичният обхват на говорните сигнали с телефонно качество е 20-35 dB, а пикфакторът Q – 14-18 dB.

Описание на комуникационните канали



- ✓ **Комуникационен канал** нарекохме техническата част на комуникационната система (без източника и получателя на съобщението). Каналите също биват аналогови и дискретни (цифрови) и също се описват с **електрически, времеви, честотни и информационни параметри.**

Електрически параметри на каналите



✓ Допустимо ниво $P_{wk.\dot{on}}$ на входа на канала.

✓ Динамичен обхват D_k на канала

$$D_k = 10 \lg \frac{P_{max}}{P_N}, \text{ dB}$$

представляващ лог. отношение на максилно допустимата мощност на входа на канала към мощността P_N на смущенията. Динамичният диапазон на аналогов телефонен канал е около 45 dB, а на музикално CD, разгледано като канал за предаване на информация – над 92 dB.

✓ Условия за неизкривено предаване: $D_s \leq D_k$ и $P_{ws.max} \leq P_{wk.\dot{on}}$

✓ Затихване $A(\omega)$ и усиление $G(\omega)$ на канала:

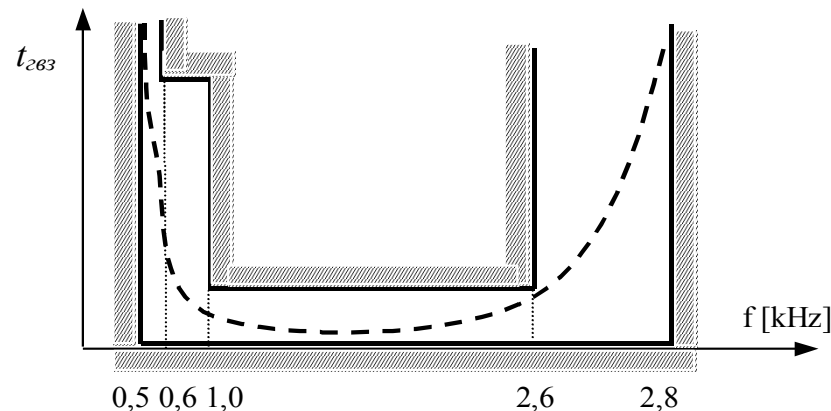
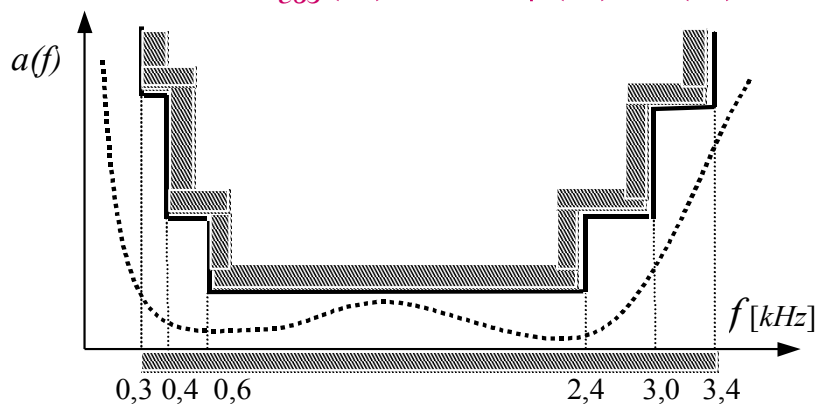
$$A(\omega) = - G(\omega) = 10 \lg \frac{P_{ex}}{P_{uz}}, \text{ dB}$$

В ТК се използват няколко мерки за затихване, дефинирани при различни стойности на товарните съпротивления на канала.

Описание на каналите в честотна област



Ако се разглеждат като линейни електрически вериги, каналите се описват с техните **амплитудно-честотна $K(\omega)$** и **фазово-честотна $\phi(\omega)$** характеристики (**АЧХ** и **ФЧХ**). Вместо с АЧХ, която съвпада с усилването $G(\omega)$, по-често се работи с реципрочната и логаритмична мярка – затихването $A(\omega)$. Вместо с ФЧХ, която трудно се измерва при географски разместени вход и изход на каналите, по-често се работи с т. нар. групово време на закъснение $t_{гвз}(\omega) = -d\phi(\omega)/d(\omega)$, s



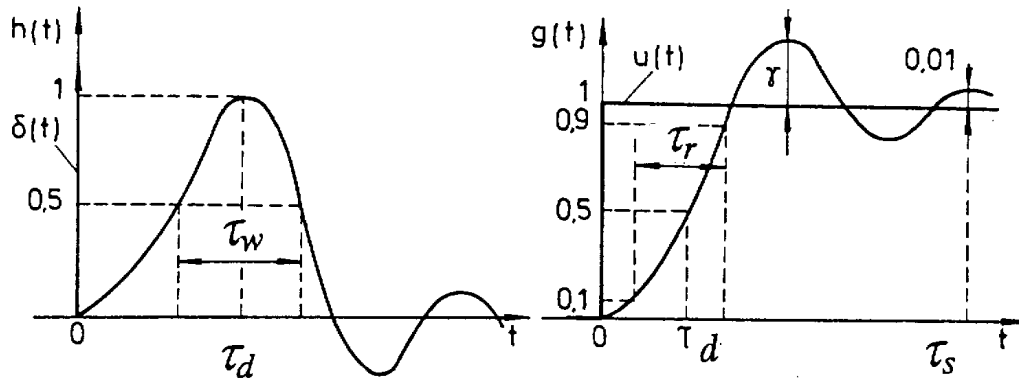
Шаблони за неравномерностите на затихването $a(f)$ и ГВЗ $t_{гвз}(\omega)$ на аналогов телефонен канал

Честотна лента (F_k) на канала се нарича диапазонът на пропускане на канала, в който затихването не надвишава зададена стойност (най-често 3dB). Освен с F_k тя често се означава с BW_k (от bandwidth)

Описание на каналите във времева област



Като линейни вериги, каналите се описват във времева област с техните импулсна $h(t)$ и преходна $g(t)$ характеристики (ИХ и ПХ), представляващи реакцията на канала на делта-функция и на единично напрежение подадени на входа.



Ширината τ_w на ИХ, която е приблизително равна на времето за нарастване τ_r на ПХ, ограничава максималната скорост на предаване на импулсни сигнали B_{max} (Baud) по каналите. Тя е пряко свързана и с ширината на честотната лента F_k чрез популярния критерий на Найкуист

$$B_{max} = 2 F_k, \text{ Baud} - \text{за нискочестотни (т. нар. base-band) канали}$$

$$B_{max} = F_k, \text{ Baud} - \text{за лентови (високочестотни) канали}$$

Известно е друго фундаментално ограничение, свързващо честотните и времевите параметри на каналите $F_k \tau_w = \text{const} > 1/\pi = 0.318$

При инженерни пресмятания се приема $F_k \tau_w > 0.35$

Информационно описание на каналите



- ✓ Пропускателна способност на канала C_k (bit/s)

$$C_k = F_k \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_N} \right), \text{ bit/s}$$

- ✓ В дискретен канал без смущения: $C_{k.max} = B_{max} \cdot \log_2 m$, bit/s
където m е броя на възможните равновероятни стойности на сигнала