

Realizácia príznakov závisí na stave rozvoja technológie a my dúfame, že dnes mnohé z nich sú ešte neznáme. Napriek tomu sa pokúsime o ich klasifikáciu. Signálom môže byť vtlačená fyzikálna vlastnosť alebo logická štruktúra. Často používanou fyzikálnou vlastnosťou je rozsah frekvencií obsiahnutých v signále, tak ako ho poznáme z klasických modulačných techník (AM, PhM, FM), alebo z vlnového multiplexu (WDM) v optických systémoch. Neskôr vyvinuté systémy vtlačali signálom logickú štruktúru. Použijeme terminológiu

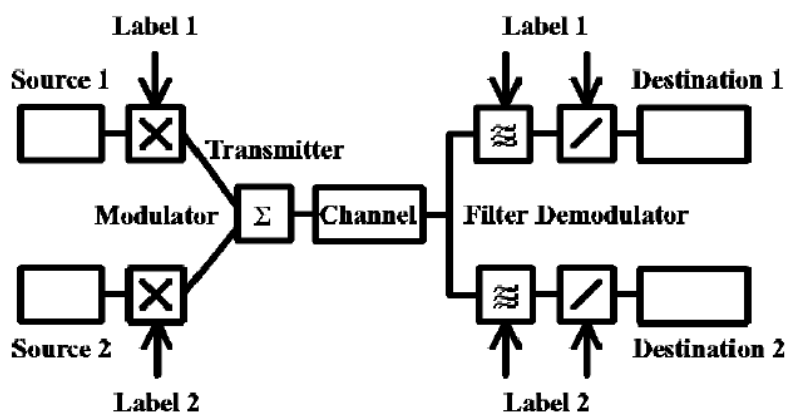
teórie kódovania a rozdelíme tieto príznaky na blokové a konvolučné. U blokových príznakov, samotný príznak je viditeľný a signál sa dá rozdeliť na časť príznakovú a časť ktorá obsahuje prenášanú informáciu. Ak je použité konvolučné príznak, potom na oddelenie príznaku od signálu je potrebný nejaký algoritmus. Príklady známych príznakov a ich klasifikácie ukazuje Tab. 1.1.

Typ príznaku		Technológia	Príznak
Fyzický		FDM, WDM	frekvencia
		TDM	časová poloha
		GSM	frekvencia + časová poloha
Kombinovaný		SDH	číslo + časová poloha
		IPoWDM	adresa + frekvencia
Logický	Blokový	IP	adresa, príznak (WDM)
		ATM	číslo VPI + VCI
	Konvolučný	CDMA	kód

Tab. 1.1 Príklady multiplexných príznakov

Všetky príznaku môžu byť vzájomne kombinované a vytvoriť tak nový typ príznaku. Označovanie signálov príznakmi je prvým krokom v procese multiplexu a budeme ho všeobecne nazývať moduláciou. Ak sú signály označené disjunktívnymi príznakmi, potom môžu byť zmiešané a vyslané do kanála. Na prijímacej strane by potom mali byť signály oddeliteľné. Toto vydeľovanie signálu budeme vo všeobecnosti nazývať filtráciou a jej výsledkom je jeden signál, ktorý dostaneme zo zmesi signálov v kanále. Tento signál je ešte stále označený príznakom, takže v ďalšom kroku musíme príznak zo signálu odstrániť. Tento proces nazveme demoduláciou. Po nej by signál mal mať rovnaký tvar ako originálny signál. Proces pozostávajúci z modulácie a zmiešavania modulovaných signálov nazveme multiplexom, proces pozostávajúci z filtrácie demodulácie nazveme demultiplexom. Tento princíp multiplexu a demultiplexu je znázornený na Obr. 1.2.

Basic Transmission Chain



Obr. 1.2 Základný prenosový reťazec

Zvláštny druh príznaku dostaneme, ak je signál vysielaný len cez určitú časť priestoru. Môžeme to dosiahnuť vedeniami resp. vlákňami, alebo smerovanými rádiovými spojmi. V tomto prípade filtre nie sú potrebné a uvedená schéma je podstatne jednoduchšia.

Z uvedeného vyplýva, že transportná vrstva by mala prenášať signály od viacerých zdrojov k viacerým prijímačom bez skreslenia cez spoločné komunikačné prostredie. Ako vidíme, čas pritom nehrá žiadnu úlohu a predpokladáme, že systém plní úlohu priebežne, t.j. zdroje generujú signály neustále do tých istých prijímačov. Záverom sa pokúsme o definíciu transportnej vrstvy.

Definícia:

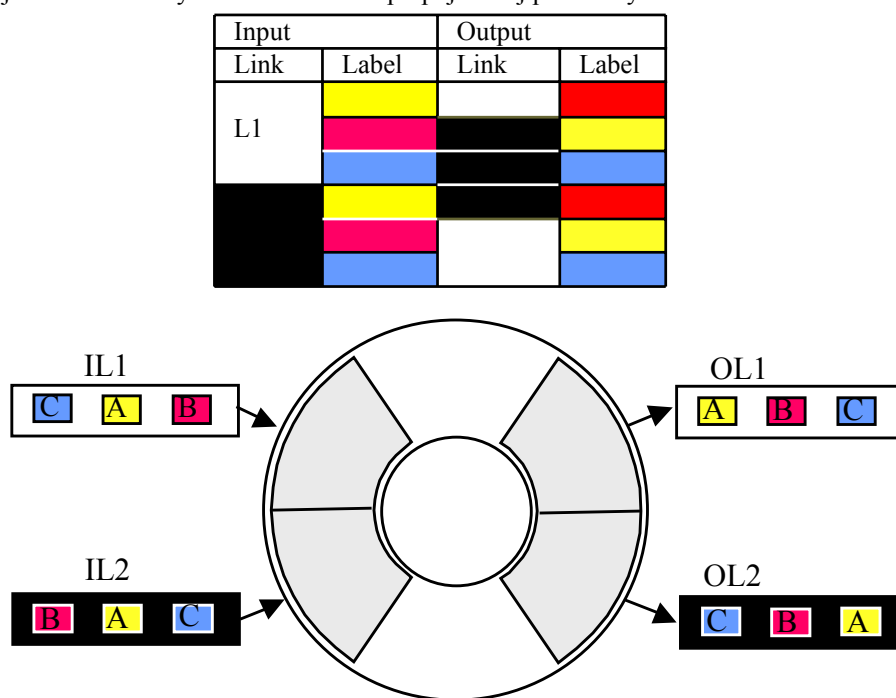
Transportná vrstva je časť komunikačného systému, v ktorej sa priradenie príznačov správam v čase nemení.

Nie je našou snahou v tomto článku dať úplnú množinu definícií, preto definíciu komunikačného systému neuvádzame a nechávame ju na intuitívnu predstavu. Definícia hovorí, že na každom vstupe predpokladáme stále toky informácie a jedinou úlohou transportnej vrstvy je preniesť individuálne toky zo vstupov cez spoločný kanál na odpovedajúce výstupy bez skreslenia. Obvykle sú výstupy od vstupov vzdialené a uvedená definícia explicitne priradzuje transportnej vrstve funkciu spoľahlivého a bezchybného prenosu. Aké vlastnosti spôsobuje pevné priradenie príznačov v transportnej vrstve? Musíme rozlíšiť dva prípady:

ak veľkosť vstupného toku je veľmi nerovnomerná, potom kapacita transportnej vrstvy nie je plne využitá, pretože voľnú kapacitu nie je možné priradiť inému zdroju bez zmeny príznaču. Preto je prirodzené očakávať, kapacita transportnej vrstvy v prístupových sieťach bude využitá veľmi zle.

Iná situácia je v chrbticových sieťach. Zákon štatistickej stálosti umožňuje pevné priradenie príznačov jednotlivým vstupom a tak bude hrať transportná vrstva oveľa dôležitejšiu úlohu.

Ako sme teda uviedli, ak by sa nepožila žiadna iná sieťová funkcia, využitie transportnej vrstvy v prístupových a okrajových sieťach by bolo veľmi zlé. Aby sme tomu zabránili, vytvára sa spojovacia vrstva, ktorej hlavnou úlohou je riadiť prístup náhodne vznikajúcich požiadaviek na jednotlivé vstupy transportnej vrstvy. Rozdelíme spojovaciu vrstvu na dve podvrstvy: prepojovaciu a signalizačnú (vrstvou manažmentu sa v tejto časti nebudeme zaoberať). Najskôr začneme vysvetlením funkcie prepojovacej podvrstvy.



Obr. 1.3 Funkcie prepojovacej vrstvy

Predpokladajme konfiguráciu podľa Obr. 1.3. Do prepojovacej vrstvy (prepojovací uzol) sú pripojené dve vstupné transportné vrstvy (linky IL1 a IL2) a dve výstupné transportné vrstvy (linky OL1 a OL2). Všetky transportné vrstvy používajú rovnaké 3 príznačky, teda celá konfigurácia používa len tieto 3 príznačky. Úlohou prepojovacej vrstvy je preniesť signál zo vstupnej linky na správnu výstupnú linku. Aby sa zabránilo zmiešaniu signálov, je nutné príznaču signálov zmeniť. Preto sa prenos signálov riadi prepojovacou tabuľkou, v ktorej je každej kombinácii príznaču a vstupnej linky priradená kombinácia príznaču a výstupnej linky. Signál pri vstupe do prepojovacej vrstvy je označený pred vstupom do vyrovnávacej pamäte podľa mena linky (napr. v našom obrázku biela alebo čierna). V ďalšom kroku je signál na výstupe vyrovnávacej pamäte identifikovaný podľa mena linky a príznaču signálu a postúpi do centrálnej prepojovacej matice, ktorá podľa toho prečíta zo prepojovacej tabuľky meno výstupnej linky a nový príznač signálu. Podľa mena výstupnej linky je signál poslaný do príslušnej vyrovnávacej pamäte výstupnej linky, z ktorej sa vysiela signál s novým príznačom do výstupnej linky (transportnej vrstvy). Na rozdiel od transportnej vrstvy, kde je priradenie vstupov k výstupom pevné, v prepojovacej vrstve je priradenie výstupov k vstupom dané prepojovacou tabuľkou, ktorí nie je pevná a môže sa meniť. Táto vlastnosť sa využije vtedy, keď jeden prenos signálu je ukončený a príde požiadavka na prenos iného signálu. Vidíme, že prepojovacia vrstva vytvára stavový automat, v ktorom prenos signálu závisí na stave prepojovacej tabuľky. To umožňuje veľkú redukciu objemu prenášanej riadiacej informácie a umožňuje vysokú efektívnosť využívania príznačov.

Ako sme spomenuli, v prípade, že sa prenos jedného signálu ukončí, alebo príde požiadavka na prenos nového signálu, prepojovacia tabuľka vyžaduje obnovu stavu. Jedinou možnosťou, ako obnovu prepojovacej tabuľky urobiť, je preniesť túto informáciu do tabuľky. Ako vidíme, obnova prepojovacej tabuľky vytvára potrebu prenosu nového signálu, ktorý opäť musí byť prenášaný cez prepojovaciu a transportnú vrstvu komunikačnej siete. Tým sa problém prepojovania začína cykliť, pretože doručenie obnovovacej informácie do prepojovacej tabuľky vyžaduje novú prepojovaciu tabuľku, tá vyžaduje svoje obnovenie, atď. Preto spojovacia vrstva vyžaduje novú podvrstvu, ktorú nazývame signalizačnou. Jej hlavnou úlohou je obnova prepojovacích tabuliek. Aby sa zabránilo cykleniu obnovy prepojovacích tabuliek, ktoré sme vyššie spomenuli, signalizačná podvrstva musí používať na prepojovanie signálov pevné prepojovacie tabuľky. To znamená, že príznak je jedinečný pre každý cieľový uzol, alebo inými slovami – označenie cieľového uzla je samotným príznakom. Tento spôsob prepojovania signálov sa nazýva smerovanie. Teda signalizačná podvrstva vyžaduje smerovanie, alebo ak by sme boli trochu provokujúci, Internet s protokolom IPv4 nie je nič iné ako signalizačná sieť. Ďalšie funkcie signalizačnej podvrstvy spomenieme neskôr, teraz sa pokúsme o definíciu.

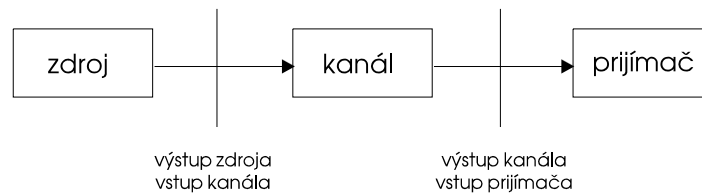
Definícia: Spojovacia vrstva je časť komunikačného systému, v ktorej sa priradenie vstupov k jednotlivým výstupom môže v čase meniť. Prepojovanie je funkcia spojovacej vrstvy, ktorá premiestňuje signál zo vstupu na výstup a mení jeho príznak podľa prepojovacej tabuľky. Smerovanie je funkcia spojovacej vrstvy, ktorá premiestňuje signál zo vstupu na výstup podľa smerovacej tabuľky bez zmeny príznaku signálu.

Všeobecne platí, že príznaku používané spojovacou vrstvou môžu byť rovnakého druhu ako príznaku v transportnej vrstve, viete si však predstaviť aké by bolo ne hospodárne použitie fyzikálnych príznakov pre smerovanie, aby sme zabránili zmiešaniu signálov smerovaných k tom u istému cieľu v jednej linke. Preto sa pre smerovanie používajú len logické príznaky. Podľa nášho názoru je smerovanie vhodné pre siete s menším objemom dát alebo s vysokým pomerom množstva prenášanej informácie k množstvu informácie v príznakoch. Tak je to napríklad v signalizačnej podvrstve, kde sa údaje generujú prevažne na začiatkoch a koncoch spojení. Najmä hlasový signál v telefónii však vyžaduje prenos malých kúskov informácie, aby nedošlo k zhoršeniu kvality kvôli vysokému oneskoreniu. V tomto prípade hromadná telefónia (po ľubovoľnej sieti) je možná len vtedy, ak sa dosiahne vysoká hospodárnosť v používaní príznakov, t.j. ak pre spojovanie hlasu bude použitá prepojovacia podvrstva a smerovanie bude využité len pre signalizáciu. To znamená, že dáta s nižším objemom v porovnaní s riadiacou informáciou a požadujúce prenos v reálnom čase by mali používať spojovo orientované služby prenosu. Na druhej strane služby typu “always on” by mali mať vysoký pomer prenášanej informácie v porovnaní s informáciou v príznakoch. Potom môžu byť tieto služby nespojovo orientované a môžu používať signalizačnú podvrstvu aj na prenos informácie aplikácie.

Napriek tomu, že sme definovali transportnú, spojovaciu vrstvu, či prepojovaciu, signalizačnú podvrstvu, nebudeme tu špekulovať o tom, čo je prenosový alebo spojovací (prepojovací, smerovací) systém. Je pravdou, že každý z týchto systémov viac-menej obsahuje obidve funkcie – prenos aj spojovanie. Napríklad súčasné optické spojovacie systémy s mikro elektro-mechanickými prvkami sú viac prenosovými ako spojovacími systémami. Dokonca optické systémy s crossconnect prvkami používajúcimi OEO prepojovanie patria medzi prenosové systémy, hoci samotné crossconnect prvky patria do spojovacej vrstvy. Preto pre hrubé rozlíšenie prenosových a spojovacích (prepojovacích/smerovacích) môže byť použité časové hľadisko. Ak priradenie príznaku jednotlivému signálovému prvku sa mení pre každý signálový prvok alebo spojenie, potom budeme systém nazývať spojovacím (prepojovačom/smerovačom). Ak je toto priradenie nemenné po dlhšiu dobu (medzi dvomi zásahmi manažmentu siete), potom nazveme systém prenosovým. Toto hrubé delenie môže byť užitočné na to, aby sme sa vyhli znásobovaniu základných komunikačných funkcií. Bez ohľadu na hierarchiu, je zaujímavé poznamenať, že napríklad z uvedeného pohľadu je MPLS prenosovým systémom. Nechávame na čitateľov aby zvážili čo sú prevažujúce základné komunikačné funkcie systémov LAN, MAN, ATM, MPLS, MP λ S, RSVP, SDH, WDM, atď. v rôznych úlohách, konfiguráciách alebo topológiách.

INFORMAČNÝ REŤAZEC PRENOSOVEJ VRSTVY

Prirodzenou vlastnosťou väčšiny vecí v prírode je, že sa menia. Táto zmena sa prenáša na okolité veci a to buď priamo, alebo sprostredkované pomocou iných vecí. V tejto učebnej pomôcke budeme študovať základné matematické modely takéhoto sprostredkovaného prenosu zmien z jedného objektu, ktorý nazývame zdrojom na iný objekt, ktorý nazývame prijímačom. Objekt, ktorý prenos sprostredkúva nazývame kanálom. Budeme študovať objekty, u ktorých existuje z určitého pohľadu pevné rozhranie medzi zdrojom a kanálom, resp. kanálom a prijímačom. Prvé rozhranie nazveme výstupom zdroja alebo vstupom kanála, druhé rozhranie nazveme výstupom kanála alebo vstupom prijímača.



Obr. 1.4 Základný inforčmačný reťazec

Niektorú merateľnú fyzikálnu veličinu kanála, ktorá je závislá od zmien na vstupe kanála nazývame signálom. Množinu hodnôt signálu na výstupe zdroja nazývame abecedou zdroja, množinu hodnôt na vstupe prijímača nazývame abecedou prijímača.

Našou úlohou nebude len analyzovať procesy prechodu signálu z výstupu zdroja na vstup prijímača. Budeme sa snažiť aj o usporiadanie vecí tak, aby prenos signálu z výstupu zdroja na vstup prijímača bol čo najefektívnejší a súčasne najvernejší (tieto pojmy budú definované neskôr).

Pre správne splnenie tejto podmienky je potrebné vo väčšine prípadov zaradiť medzi zdroj a kanál, resp. kanál a prijímač ďalšie objekty. Z praktických dôvodov zavádzame dve dvojice objektov s opačnými vlastnosťami:

kóder zdroja-dekóder prijímača

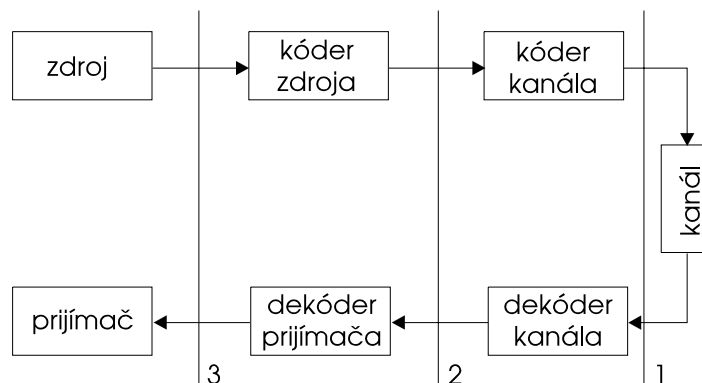
kóder kanála-dekóder kanála.

Kóder zdroja je objekt, ktorého úlohou je prispôsobiť daný zdroj možným kanálom.

Dekóder prijímača je objekt ktorého úlohou je prispôsobiť daný prijímač možným kanálom.

Kóder kanála je objekt, ktorého úlohou je prispôsobiť daný kanál možným zdrojom informácie.

Dekóder kanála je objekt, ktorého úlohou je prispôsobiť daný kanál možným prijímačom informácie.



Obr. 1.5 Informačný reťazec

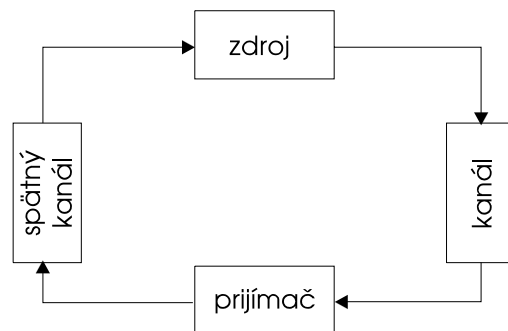
Takéto delenie je samozrejme relatívne a nič nám nebráni v tom, aby sme napr. objekty tvoriace zdroj a kóder zdroja nezahrmuli do nového objektu, ktorý budeme považovať za zdroj, prijímač a dekóder prijímača zahrnieme do nového prijímača a kóder kanála, dekóder kanála do nového kanála. Dostávame tak opäť základnú schému zdroj - kanál - prijímač. Na Obr. 1.5 je takéto združenie objektov vyjadrené čiarou 2.

Na úrovniach vyjadrenými čiarami 1,2,3, sa budeme stretávať s rôznymi druhmi signálov. Preto takéto postupné premiestňovanie objektov zo zdroja a prijímača do kanála od úrovne čiary 1 až po úroveň čiary 3 nám pomôže nielen pri utriedení si modelov informačných reťazcov, ale umožní zvýrazniť spoločné vlastnosti rôznych modelov základného informačného reťazca: zdroj - kanál - prijímač. Preto látka v tejto učebnej pomôcke je usporiadaná tak, že najprv sa študujú modely signálov, modely kanálov, potom sa študuje základný informačný reťazec na úrovniach :

- 1 - vstup kanála - výstup kanála
- 2 - kóder kanála - dekóder kanála
- 3 - kóder zdroja - dekóder prijímača

a nakoniec sa študujú všeobecné zákonitosti prenosu informácie zo zdroja do prijímača.

Musíme si uvedomiť, že vo všeobecnosti spôsobujú nielen zmeny v zdroji, zmeny v prijímači, ale aj zmeny v prijímači späťne spôsobujú zmeny v zdroji. Niekedy toto spätné pôsobenie nemôžeme zanedbať, inokedy ho môžeme využiť na zlepšenie vlastností celého informačného reťazca. Budeme preto študovať aj informačný reťazec so spätnoväzbovým kanálom.



Obr. 1.6 Informačný reťazec so spätnou väzbou

Poznámka: V celom ďalšom texte budeme študovať vlastnosti informačného reťazca a signálov na odpovedajúcich modeloch. Kvôli jednoduchosti vyjadrovania však budeme používať rovnaké názvy pre objekt aj pre jeho model. Napr. pod kanálom budeme rozumieť elektrické vedenie aj jeho matematický model

