

Pridelovanie prostriedkov v dopravnom systéme

Ing. Michal Žarnay, PhD.¹

Abstrakt: Paper deals with analysis of resource allocation in transportation systems. It is the first step, when designer wants to find and solve potential deadlock states in modelled system. Deadlock-solving methods are often relative to a certain category of the system.

In the transportation system, it is useful to distinguish between transfer activities and other operations. Similarly, the processes composed of transfer activities are transfer processes, and any other are named general transportation processes. If the system contains only transfer processes, it can be described usually as sequential multi-type totally-ordered resource allocation system (RAS). If the processes include other operations, e.g. maintenance, the whole system falls usually in the category of non-sequential multi-type partially-ordered RAS. Category of the concrete transportation system depends on its properties. Specific for resource allocation in transportation system is also repeated allocation of the same resources and use of professions of resources by their allocation.

Kľúčová slova: systém pridelovania prostriedkov, dopravný systém, stav uviaznutia

1 Úvod

Simulácia komplexných modelov dopravných procesov prináša stavy, v ktorých sa prebiehajúce procesy v modeli zastavia z dôvodu čakania na požadované prostriedky, ktoré si navzájom blokujú. Sú to stavy uviaznutia. Spôsobujú zablokovanie časti alebo celého systému, čo je neželaný jav.

V snahe nájsť spôsob, ako riešiť alebo sa vyhnúť takým stavom, som použil metódy z teoretickej oblasti systémov pridelovania prostriedkov (anglicky Resource Allocation System – RAS). Tieto systémy sa podľa vlastností delia do kategórií, pre ktoré existujú príslušné metódy riešenia stavov uviaznutia.

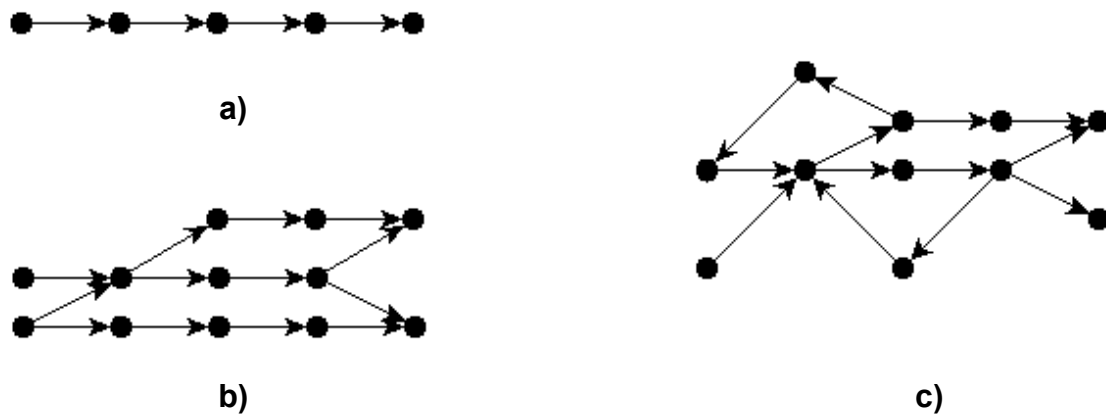
Prvý krok v riešení problému bola analýza, ako sa pridelujú prostriedky vo všeobecnom dopravnom systéme (DS), a teda do ktorej kategórie RAS všeobecný DS patrí. Táto analýza je predmetom tohto článku.

Článok je štrukturovaný nasledovne: po uvedení pojmov z oblasti RAS v kapitole 2 nasleduje vlastná analýza pridelovania prostriedkov vo všeobecnom DS. Jej výsledkom je vymedzenie kategórií RAS v kapitole 4.

2 Systém pridelovania prostriedkov

Pojmom systém pridelovania prostriedkov sa označuje v literatúre systém pozostávajúci z množiny **súbežne prebiehajúcich procesov**, ktoré v určitých fázach na úspešné dokončenie svojho vykonávania požadujú **výlučné použitie** určitého počtu **systémových prostriedkov** []. Prostriedky sú **obmedzené** a charakterizujú sa ako **opätovne použiteľné**, keďže ich pridelovanie a uvoľňovanie žiadajúcim procesom nemení ich povahu ani množstvo.

¹ Žilinská univerzita, Fakulta riadenia a informatiky, Katedra dopravných sietí, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, tel.: ++421-41-5134 224, e-mail: Michal.Zarnay@fri.uniza.sk



Obr. 2.1 Schémy smerovania procesu v RAS: a) úplne usporiadaný, b) čiastočne usporiadaný, c) neusporiadaný.

2.1 Kategórie RAS

Sekvenčný RAS je systém, kde sú všetky procesy sekvenčné, t. j. pozostávajú zo sekvencie krokov pridelovania a uvoľňovania prostriedkov počas vykonania. Každý proces teda možno opísať postupnosťou fáz, kde každá fáza je definovaná podmnožinou prostriedkov potrebných pre jej úspešné vykonanie.

Ako sa uvádza v [1], sekvenčné RAS sa ďalej delia podľa

- súčasného používania prostriedkov a
- smerovania fáz procesu.

Podľa súčasného používania prostriedkov sa rozlišujú

- **jedno-jednotkový** RAS (Single Unit RAS, SU-RAS) – pri každej fáze spracovania potrebuje proces iba jednu jednotku jedného typu prostriedkov,
- **jedno-typový** RAS – (Single Type RAS, ST-RAS) – pri každej fáze spracovania môže proces potrebovať súčasne niekoľko jednotiek, no iba jedného typu prostriedkov,
- **viac-typový** RAS (Multiple Type RAS, MT-RAS) – pri každej fáze spracovania môže proces potrebovať súčasne niekoľko jednotiek niekoľkých typov prostriedkov.

Podľa smerovania procesov možno rozlíšiť (obr. 2.1)

- **úplne usporiadaný** RAS (Totally Ordered RAS, TO-RAS) – fázy procesu nasledujú v usporiadanej postupnosti za sebou podľa predpisu,
- **čiastočne usporiadaný** RAS – (Partially Ordered RAS, PO-RAS) – fázy procesu možno pružne smerovať v jednom alebo viacerých bodoch jeho spracovania – riadiaci prvok môže operatívne zvoliť jeden z variantov ďalšieho spracovania, pri ktorých je postupnosť alokácie a dealokácie prostriedkov rozdielna,
- **neusporiadaný** RAS (Non-Ordered RAS, NO-RAS) – pri spracovaní procesu sa pripúšťa aj možnosť opakovania niektorých fáz v cykle.

Tab. 2.1 Vzťahy medzi vymedzenými kategóriami RAS.

usporiadanosť		neusporiadaný		
		čiastočne usporiadaný		
pridelenie prostriedkov		úplne uspor.		
	1-1-ový	SU-TO-RAS	SU-PO-RAS	SU-NO-RAS
	1-typový	ST-TO-RAS	ST-PO-RAS	ST-NO-RAS
viac-typový		MT-TO-RAS	MT-PO-RAS	MT-NO-RAS

Podľa vlastností popisovaného systému možno kombinovať príslušné skratky do výsledného označenia, napr. jedno-jednotkový úplne usporiadaný systém označíme ako SU-TO-RAS alebo viac-typový čiastočne usporiadaný systém ako MT-PO-RAS. Prehľadne to zachytáva tab. 2.1.

Nesekvenčný RAS je systém, kde existuje aspoň jeden nesekvenčný proces. To je taký proces, v ktorom sa sekvencie krokov pridelovania a uvoľňovania prostriedkov oproti sekvenčnému procesu navyše v jednom alebo viacerých bodoch rozdelia do vetiev a prebiehajú súbežne. Tieto vetvy sa môžu, ale nemusia do konca procesu spojiť naspäť do jednej vetvy, kde by proces mal iba jeden bod ukončenia. V publikácii [1] sa takýto systém vyskytuje pod označením NS-RAS (Non-sequential RAS).

Tu je dobré si uvedomiť, že (ne)sekvenčnosť procesov je ďalšou, v poradí treťou vlastnosťou, ktorou možno RAS deliť na kategórie. To znamená, že aj pre nesekvenčný RAS možno vymedziť 9 kategórií (ako v tab. 2.1). Definícia nesekvenčného procesu v publikácii [1] na strane 95 naň nekladie nijaké ďalšie podmienky, preto NS-RAS zložený z takýchto procesov spadá do najvšeobecnejšej kategórie nesekvenčných MT-NO-RAS.

Pre jednoduchosť značenia v ďalšom texte pridám k zaužívaným skratkám ešte predponu S alebo N podľa toho, či ide o sekvenčný alebo nesekvenčný systém, napr. S-MT-NO-RAS alebo N-MT-NO-RAS.

3 Analýza pridelovania prostriedkov v dopravnom systéme

Jadro analýzy spočíva v určení, čo je činnosť a čo je proces v systéme, a v zaradení procesov do kategórií systémov pridelovania prostriedkov. Okrem toho posúdim význam ďalších detailov v dopravnom systéme pre vytváraný model.

3.1 Činnosti a procesy v dopravnom systéme

Pod dopravným procesom rozumiem technologický proces, v ktorom sa pomocou prostriedkov obsluhuje zákazka s cieľom jej premiestnenia. Tento proces možno ďalej rozčleniť na technologické činnosti ako najmenšie, ďalej už nedeliteľné jednotky. Napríklad procesom môže byť preprava kontajnera od dodávateľa k odberateľovi, ktorá pozostáva z činností prepravy cestným vozidlom a plavidlom, prekládky v termináloch kombinovanej dopravy a z činností s tým súvisiacich.

Technologické činnosti možno z hľadiska povahy rozdeliť na premiestňovacie a ostatné obslužné.

Premiestňovacie činnosti sú základnými činnosťami v dopravnom systéme. Keby sa v ňom nenachádzali, už by to nebol dopravný systém. Jednak ide o činnosti premiestnenia požiadaviek medzi miestom vzniku požiadavky a jej cieľom (napr. jazda kamiónu so zásielkou medzi distribučným skladom a zákazníkom), a taktiež o pomocný presun pohyblivých prostriedkov bez priameho pôsobenia na premiestnenie požiadavky, no s cieľom k tomu prispieť (napríklad presun prázdneho nákladného vozidla z miesta údržby do distribučného skladu k zásielke).

Medzi **ostatné obslužné činnosti** možno zahrnúť činnosti, ktoré sú nevyhnutné pre vykonanie procesu premiestnenia, ako je nástup a výstup cestujúcich, nakladanie a vykladanie nákladu, oprava a údržba dopravných prostriedkov, kontrola ich technického stavu, cestujúcich alebo zásielok a pod. Tieto činnosti sa vyskytujú medzi činnosťami presunu, pričom sa zaraďujú mimo alebo počas plnenia požiadavky na premiestnenie.

Na splnenie jednej požiadavky na premiestnenie sa možno pozrieť z rôznych úrovní detailnosti. Jeden pohľad to môže ukázať ako činnosť trvajúcu od štartu plnenia požiadavky až do jeho skončenia (napríklad cesta autobusového spoja od odchodu z autobusovej stanice v Žiline po príchod na autobusovú stanicu v Bratislave). Podrobnejší pohľad nám túto činnosť môže zobrazíť ako sériu presunov, ktoré sú prerušené zastávkami a doplnené inými obslužnými činnosťami. Zastávky môžu byť buď plánované alebo vynútené (napríklad autobus sa po ceste zastaví na autobusovej stanici v Považskej Bystrici podľa cestovného poriadku a niekoľkokrát ho donúti premávka na ceste zastaviť na križovatkách). V druhom prípade by sme to mohli vnímať tiež ako proces skladajúci sa z niekoľkých činností premiestnenia, prípadne činností nástupu a výstupu cestujúcich a činností zabezpečujúcich plynutie cestnej premávky. Rozlíšenie, čo sa považuje za činnosť a čo už za proces zložený z viacerých činností závisí od toho, aký cieľ a akú úroveň podrobností chce dizajnér modelu dosiahnuť.

Pre ďalšiu analýzu potrebujem ešte rozlíšiť uvažované technologické procesy na premiestňovacie a kombinované (obr. 3.1).

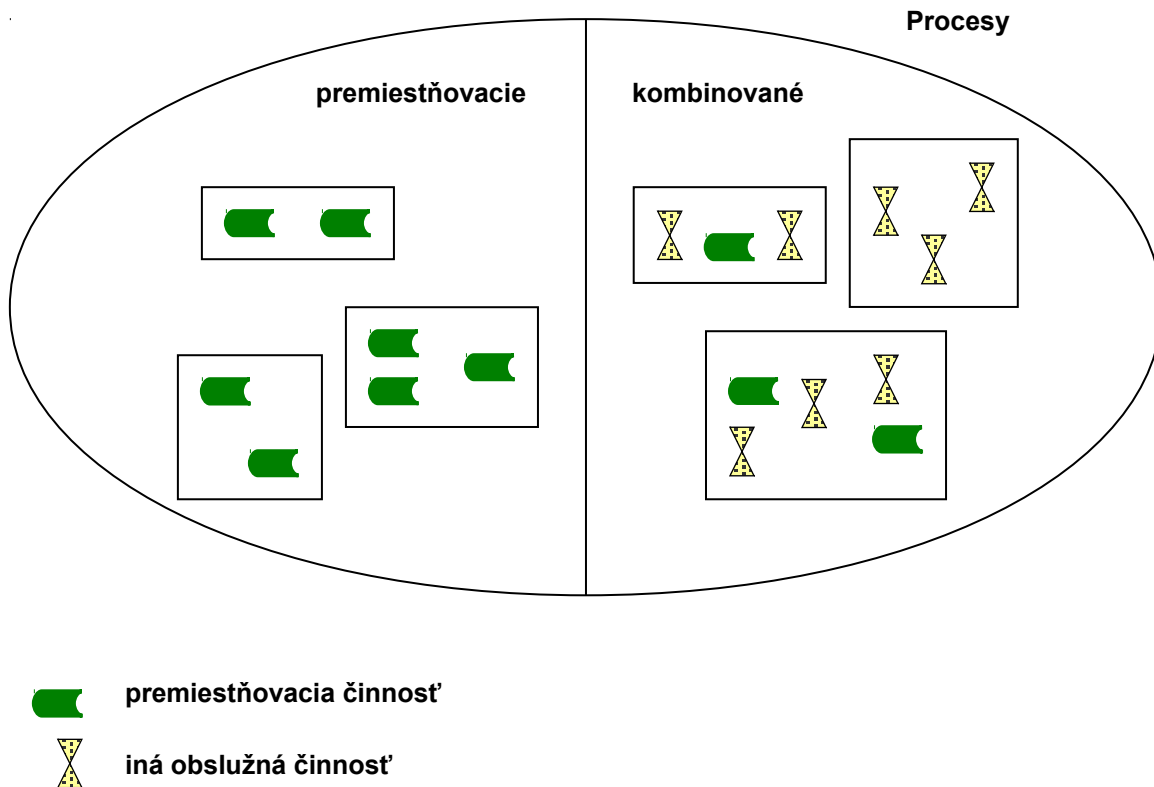
Za **premiestňovacie procesy** považujem procesy, ktoré sa skladajú výhradne z premiestňovacích činností doplnených nanajvýš vynútenými technologickými prerušeniami, ako sú napríklad vyššie spomenuté zastávky na križovatkách v cestnej doprave. Tieto procesy však neobsahujú iné obslužné činnosti než premiestňovacie.

Medzi **kombinované procesy** zaraďujem všetky tie, ktoré pozostávajú z ľubovoľných obslužných činností. Spravidla zahŕňajú okrem ostatných aj premiestňovacie činnosti, hoci to nie je podmienkou. Príkladom procesu takéhoto druhu môžu byť už spomenuté autobusové spoje zastavujúce na viacerých miestach kvôli obsluhu cestujúcich.

3.2 Vykonávanie činností v dopravnom systéme

Pre ďalšiu analýzu potrebujem poznať vzťahy medzi vytýčenými činnosťami z dvoch pohľadov, a to z hľadiska

- času – činnosti sa môžu vykonať postupne za sebou alebo súbežne vedľa seba,
- vzájomných vzťahov – činnosti sú vo vzťahu závislom, t. j. začiatok jednej závisí od stavu spracovania druhej činnosti, alebo nezávislom.



Obr. 3.1 Delenie procesov podľa činností, ktoré obsahujú.

Typickým príkladom vykonania činností za sebou so závislosťou sú premiestňovacie procesy, kde jednotlivé etapy cesty nastávajú za sebou závisle: kým nie je dokončená jedna, nemôže začať nasledujúca. Na druhej strane príkladmi nezávislých činností sú technická prehliadka plavidla a prekládka nákladu medzi plavidlom a pevninou počas jeho pobytu v prístave. Tieto činnosti môžu prebiehať buď súbežne alebo za sebou podľa okolností. Pri minimalizácii celkového času spracovania požiadavky je snaha nezávislé činnosti spracovať súbežne.

3.3 Kategorizácia procesov

Z pohľadu RAS možno nájsť medzi premiestňovacími a kombinovanými procesmi niektoré typické odlišnosti.

V **premiestňovacom procese** sa činnosti vykonávajú v typických prípadoch sekvenčne, kde jeden úsek premiestnenia nasleduje za druhým. Zákazka má po celý čas pridelený minimálne jeden prostriedok, a to dopravnú cestu, na ktorej stojí alebo sa pohybuje. Za predpokladu, že dĺžka dopravného prostriedku alebo kompletu v zákazke je taká, že sa zmestí celý na každý úsek dopravnej cesty v systéme (a pre jednoduchosť predpokladáme, že presun medzi úsekmi je jedna nedeliteľná udalosť), tak proces nepotrebuje mať pridelený viac ako jeden prostriedok naraz. Ak by navyše boli všetky cesty pre zákazky dané, tak systém presúvania takých zákazok by sa dal modelovať najjednoduchším systémom pridelovania prostriedkov – sekvenčným jednotkovým úplne usporiadaným RAS (S-SU-TO-RAS).

Príkladom takého systému (príklady sú prehľadne zaradené v tab. 3.1) je montážna linka televízorov, kde dopravný pás prepravuje časti televízorov od jedného pracoviska k druhému v presne definovanej postupnosti. Každé pracovisko pozostáva z jednej linky obsluhy, t. j.

Tab. 3.1 Príklady sekvenčných dopr. systémov kategóriami RAS.

	úplne uspor.	čiastočne uspor.	neuspor.
1-1-ový	montážna linka alebo systém AGV bez variantov	montážna linka alebo systém AGV s variantmi	
1-typový			
viac-typový	metro		

rovnaká činnosť na danom mieste postupnosti sa dá vykonávať vždy iba na jednom televízore naraz.

Ďalším príkladom S-SU-TO-RAS je systém automatizovaných riadených vozidiel (Automated Guided Vehicles – AGV), ktorý sa používa vo výrobných procesoch s vysokým stupňom automatizácie. V tomto systéme sa vozidlá pohybujú po uzavretej sieti trás a prepravujú náklad medzi pružne volenými cieľmi cesty. Ich dĺžka je v porovnaní s dĺžkou cestných úsekov tak malá, že pri prechode z jedného úseku do druhého možno zanedbať krátky časový úsek, keď sa vozidlo nachádza na dvoch susedných úsekoch naraz.

Ak existujú variantné cesty pre proces, na popísanie je vhodný sekvenčný jednotkový čiastočne usporiadaný RAS (S-SU-PO-RAS). Montážna linka bude prislúchať tejto kategórii, ak aspoň na jednom mieste v sekvencii spracovania aspoň jedného procesu sú najmenej dva rôzne varianty poradia vykonania dvoch alebo viac činností – napríklad nezávislá montáž dvoch druhov súčiastok v ľubovoľnom poradí. Systém AGV zaradíme do tejto kategórie vtedy, ak aspoň jedna trasa medzi dvoma bodmi má varianty, t. j. vozidlo môže prejsť rôznymi cestami pri dvoch premiestneniach medzi rovnakými bodmi.

Pokiaľ pripustíme, že dĺžka presúvanej jednotky je dlhšia ako niektorý úsek dopravnej cesty v systéme, potom treba jednotke pri použití kratších úsekov pridelovať viac úsekov cesty naraz. Čitateľovi je asi zrejmé, že bezprostredne susediace úseky dopravnej cesty treba považovať za rozličné typy prostriedkov, a teda ide o súčasné pridelenie prostriedkov z viacerých typov. Za predpokladu presne vytýčených ciest pre zákazky na popísanie takého systému potrebujeme sekvenčný viac-typový úplne usporiadaný RAS (S-MT-TO-RAS), pri existencii variantov ciest by to bol sekvenčný viac-typový čiastočne usporiadaný RAS (S-MT-PO-RAS).

Príkladom S-MT-TO-RAS je systém metra, v ktorom každá linka má svoju presne vymedzenú trasu a trate sú rozdelené na úseky, kde každý môže naraz pojať iba jeden vlak a zvyčajne každý vlak svojou dĺžkou sa zmestí do každého vymedzeného úseku. Pri prechode medzi úsekmi vlak obsadzuje obidva susedné úseky.

Neusporiadaný RAS v tomto prípade len zriedka pripadá do úvahy, keďže opakovanie činností pri presune znamená pohyb aspoň jedenkrát do kruhu, čo nie je efektívne vykonanie procesu. Niekedy sa to môže vyskytnúť z dôvodu bezpečnosti (napríklad lietadlo krúži vo vzduchu nad cieľovým letiskom čakajúc na pokyn pristáť), no ide o zriedkavý, neplánovaný jav.

Kombinované dopravné procesy majú takisto spravidla pridelenú dopravnú cestu, kde sa objekt obsluhy nachádza. Na vykonanie obsluhy alebo pohybu však treba zvyčajne prideliť ďalšie prostriedky, ako technické zariadenie alebo personál, pričom súčasne môže proces vlastniť viac ako jednu jednotku daného typu prostriedkov (napr. dvaja vozmajstri pri technickej prehliadke vlaku). To znamená, že proces môže potrebovať súčasne niekoľko jednotiek niekoľkých typov prostriedkov.

Z hľadiska smerovania sa môžu v spracovaní kombinovaných procesov vyskytovať aj varianty, napríklad podľa obsahu zákazky – pri obsluhu vlaku výskyt, resp. absencia vozňov so zákazom jazdy cez pahorok. Spravidla však už v momente výberu je podľa situácie v systéme rozhodnuté, ktorý variant sa použije. Nevybraté varianty môžu byť znevýhodnené podľa určitého kritéria (napr. poloha uvažovaných prvkov v systéme) alebo diskvalifikované porušením podmienok ich použitia (napr. neprítomnosť potrebnej skupiny vozňov v súprave vlaku).

Opakovanie činností do kruhu sa v kombinovaných dopravných procesoch môže takisto vyskytnúť, napr. nákladné vozidlá prevážajúce sypký materiál zo skladu na stavenisko. Vo všeobecnom prípade teda uvažujeme o neusporiadanom viac-typovom systéme MT-NO-RAS. Opakovaniu činností sa možno niekedy vyhnúť napríklad tým, že sa celý cyklus nahradí jednou agregovanou činnosťou. Potom by stačila kategória MT-PO-RAS, teda čiastočne usporiadaný viac-typový RAS. Keďže aj variantné smerovanie sa vyskytuje zriedka, tak stačí spravidla MT-TO-RAS, teda úplne usporiadaný viac-typový RAS.

Ako som už naznačil v predchádzajúcej časti, činnosti môžu pri spracovaní zákazky prebiehať aj súbežne, čo rozdelí priebeh procesu na viac ako jednu vetvu. Typicky sa činnosti po začiatku procesu rozdelia do paralelných vetiev, ktoré sú neskôr zosynchronizované a na konci sa zlúčia do jedného bodu, kde vykonanie procesu končí. V takom prípade sa proces už označuje ako nesekvenčný a na popisanie systému, kde je aspoň jeden taký proces, potrebujeme nesekvenčný RAS.

Z uvedeného vychádza, že dopravný systém všeobecne patrí do kategórie nesekvenčných viac-typových neusporiadaných RAS (N-MT-NO-RAS) a podľa absencie spomínaných vlastností možno konkrétny systém zaradiť aj do niektorej kategórie pre menej zložité systémy. Zo skúseností v modelovaní možno konštatovať, že najčastejším predstaviteľom všeobecného dopravného systému je N-MT-PO-RAS, teda systém bez cyklického opakovania sa činností.

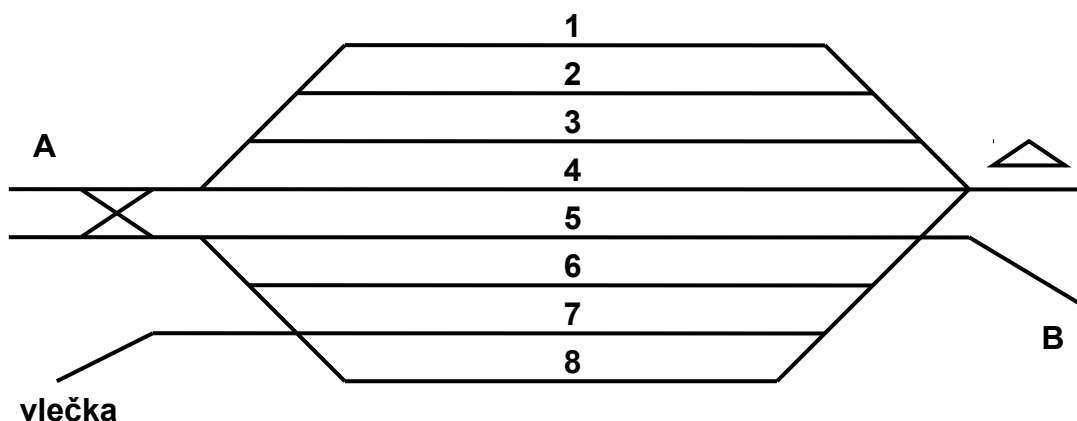
Príkladom takého systému je vlakotvorná železničná stanica, kde procesy pri tvorbe a zániku vlakov obsahujú zväčša činnosti v súbežnom vzťahu a používajú prostriedky viacerých typov. Taktiež sa môžu vyskytovať varianty spracovania, vtedy sú procesy iba čiastočne usporiadané a celý systém je N-MT-PO-RAS. Ak sa nevyskytujú varianty spracovania, ide o N-MT-TO-RAS.

3.4 Detaily k pridelovaniu prostriedkov

Aby bola analýza úplná, treba sa ešte zmieniť aj o spôsoboch pridelovania prostriedkov v dopravnom systéme. Vyššie už bolo spomenuté, že procesy všeobecne môžu potrebovať viac prostriedkov viacerých typov naraz. Okrem toho treba zohľadniť ešte dve okolnosti.

Prvou okolnosťou je fakt, že prostriedky môžu byť jednému procesu pridelené a uvoľnené aj viac ako jedenkrát počas jeho spracovania. Napríklad v malom prístave, ktorý má úzky vjazd do prístavného bazéna prispôbený na plavbu iba jednej lode, potrebuje dostať plavidlo tento vjazd na vplávanie do prístavného bazéna ako aj na neskoršie vyplávanie z neho. Na začiatku ho dostane pridelený a po vplávaní ho uvoľní pre ďalšie plavidlá. Po skončení obsluhy ho plavidlo opäť použije na opustenie prístavného bazéna. To znamená, že proces tento prostriedok postupne dostane pridelený, uvoľní, dostane pridelený a opäť uvoľní. Ide teda o opakované pridelenie prostriedku procesu.

Druhou okolnosťou sú vlastnosti, ktoré môžu prostriedky rozdeliť do viacerých množín, pričom jeden prostriedok môže patriť do viac ako jednej množiny. K rozdeleniu prostriedkov dochádza podľa tzv. profesií, čo sú pomenovania ich príslušnosti k množinám. Typické použitie je napríklad v železničných staniach, kde koľaje možno označiť profesiami podľa ich určenia, napríklad staničná koľaj, traťová koľaj, odstavňá koľaj a pod.



Obr. 3.2 Schéma koľajiska pre aplikáciu použitia profesií koľají.

Majme napríklad 8-koľajovú vhodovú skupinu zriaďovacej stanice – koľaje 1–8 (obr. 3.2). Kým zo smeru A sú dostupné všetky koľaje skupiny, z trate zo smeru B ústiacej zo strany pahorka je dostupná iba polovica z nich: koľaje 5–8. Ďalej koľaje 7 a 8 sú vyhradené aj na výmenu vozňov s príslušnou vlečkou a koľaje 4 a 5 slúžia na presun posunovacej zálohy z pahorka ku vlakovej súprave pred rozradením. Pri rôznych žiadostiach o pridelenie koľaje tak možno vyberať vždy z príslušnej množiny koľají podľa profesie. To spôsobuje, že niektoré koľaje sa vyskytujú vo viac ako jednej množine, napr. koľaj č. 5 až v troch.

Opakované pridelenie a použitie profesií pri výbere sú okolnosti, ktoré sú v zložitých systémoch bežné, ba priam nevyhnutné, a treba ich pri spravovaní prostriedkov v dopravnom systéme zohľadniť.

4 Záver

Z analýzy pridelovania prostriedkov v dopravnom systéme vyplýva, že dopravný systém všeobecne je v kategórii nesekvenčných viac-typových neusporiadaných systémov pridelovania prostriedkov (N-MT-NO-RAS). Keďže však cyklické opakovanie sa rovnakých činností v rámci jedného procesu sa vyskytuje zriedkavejšie, resp. ho zvolením vhodnej úrovne detailnosti možno často nahradiť jednou agregovanou činnosťou, dostaneme nesekvenčný viac-typový čiastočne usporiadaný systém pridelovania prostriedkov (N-MT-PO-RAS). Podľa prítomnosti alebo absencie ďalších rozoberaných vlastností procesov môže byť konkrétny systém zaradený aj do niektorej kategórie pre menej zložené systémy.

Ak sa v dopravnom systéme modeluje iba premiestňovanie, prípadne aj iné obslužné činnosti bez požiadavky súbežnosti v rámci jedného procesu, tak na popis stačí kategória sekvenčných viac-typových čiastočne usporiadaných RAS (S-MT-PO-RAS).

Uvedené kategórie sú pre všeobecné dopravné systémy. Pri konkrétnom vybranom systéme môže byť kategória podľa jeho vlastností iná.

Určené kategórie sú kľúčové pri výbere existujúcich metód na riešenie stavov uviaznutia, kde niektoré fungujú iba pre určité kategórie systémov. Jedna z nich, algoritmus bankára, bola overená pre všeobecný dopravný systém vo forme N-MT-PO-RAS s opakovaným pridelovaním a použitím profesií pri výbere prostriedkov. Podrobnejšie informácie možno nájsť v [1].

Príspevok bol spracovaný s podporou grantu Vedeckej grantovej agentúry VEGA 1/4057/07 a výskumného projektu MŠM 0021627505 – Teorie dopravných systémů.

Zoznam bibliografických citácií

1. EZPELETA, J., RECALDE, L. A deadlock avoidance approach for non-sequential resource allocation systems [Prístup k vyhýbaniu sa uviaznutiu pre nesequenčné systémy pridelovania prostriedkov]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, vol. 34, no. 1, January 2004, pp. 93-101.
2. PETERSON, J. L. *Operating System Concepts* [Koncepty operačného systému]. Addison-Wesley, 1981. Citované v publikácii (Reveliotis et al., 1997).
3. TRICAS, F. *Deadlock Analysis, Prevention and Avoidance in Sequential Resource Allocation Systems* [Analýza, prevencia a vyhýbanie sa uviaznutiu v sekvenčných systémoch pridelovania prostriedkov]. Ph.D. Thesis. Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, Universidad de Zaragoza, máj 2003.
4. ŽARNAY, M. *Systém na podporu rozhodovania pre riadenie dopravných procesov*. Dizertačná práca. Fakulta riadenia a informatiky, Žilinská univerzita v Žiline, január 2007.