

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5382-72557

Workflow management rolí a užívateľov
Bakalárska práca

2016
PAVOL MARTIŠ

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Evidenčné číslo: FEI-5382-72557

Workflow management rolí a užívateľov
Bakalárska práca

Študijný program: Aplikovaná informatika
Študijný odbor: 9.2.9 aplikovaná informatika
Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky
Školiteľ: prof. RNDr. Gabriel Juhás, PhD.

Bratislava, 2016
Pavol Martiš

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Evidenčné číslo: FEI-5382-72557

Workflow manažment systém – server manažmentu rolí a užívateľov

Bakalárska práca

Študijný program: Aplikovaná informatika

Študijný odbor: 9.2.9. aplikovaná informatika

Školiace pracovisko: Ústav informatiky a matematiky

Vedúci záverečnej práce: prof. RNDr. Gabriel Juhás, PhD.

Bratislava 2016

Pavol Martiš

Pod'akovanie:

Abstrakt

Slovenský abstrakt v rozsahu 100-500 slov, jeden odstavec. Abstrakt stručne sumarizuje výsledky práce. Mal by byť pochopiteľný pre bežného informatika. Nemal by teda využívať skratky, termíny alebo označenie zavedené v práci, okrem tých, ktoré sú všeobecne známe.

Kľúčové slová: užívateľ, rola , workflow, Petriho sieť, RBAC , workflow

Abstract

Abstract in the English language (translation of the abstract in the Slovak language).

Keywords:

Obsah

Úvod	1
Analýza	3
1.1 Workflow management systém	4
1.1.1 Úloha	5
1.1.2 Proces	5
1.1.3 Smerovacie konštrukcie	5
1.1.4 Výhody použitia WfMS	5
1.1.5 Riadenie zdrojov vo WfMS	6
1.2 Petriho siete	7
1.2.1 História	7
1.2.2 Všeobecná definícia Petriho siete	7
1.2.3 Pravidlá pre spúšťanie prechodov	8
1.2.4 Príklad	8
1.2.5 Implementovanie Petriho sietí na workflow management systém	9
1.3 Riadenie prístupu	10
1.3.1 Princípy bezpečného dizajnu	11
1.3.2 Model Bell-LaPadula	12
1.4 RBAC	13
1.4.1 Popis modelu	13
1.4.2 Dizajn	13
1.4.3 Porovnanie RBAC s alternatívnymi metódami riadenia	16
1.4.4 Výhody RBAC	18
Opis riešenia - Workflow systém	19
2.1 Špecifikácia požiadaviek	19
2.1.1 Základný opis aplikácie	19
2.1.2 Funkcia rolí v aplikácii	19
2.1.3 Referencie	21
2.2 Návrh	22
2.2.1 Procesný portál - Martin Kováčik	22

2.2.2	Procesný editor - Tomáš Prieboj	23
2.2.3	Editor formulárov a dátového modelu - Ján Polaček	23
2.2.4	Editor manažmentu rolí a organizačnej štruktúry- Kristián Stroka	24
2.2.5	Procesný server - Anna Demeterová	24
2.2.6	Server formulárov a dátového modelu- Jakub Kováčik	25
2.2.7	Server manažmentu rolí a používateľov	25
Opis riešenia - Server manažmentu rolí a používateľov		27
3.1	Určenie požiadaviek	27
3.2	Návrh	27
3.2.1	Popis architektúry	28
3.3	Implementácia	30
3.3.1	Modul na priradovanie používateľov k rolám	30
3.3.2	Ukladanie rolí a referencií k Petriho sieti	34
3.3.3	Dátový model	35
3.4	Overenie riešenia	35
Záver		36

Zoznam skratiek

WFMS – Workflow management system

RBAC – Role-based access control

CSS - Cascading Style Sheets

XML - Extensible Markup Language

Zoznam obrázkov

1.1	smerovacie konštrukcie	6
1.2	Petriho sieť na "vytvorenie" vody	8
1.3	Spustenie siete s jedným žetónom v mieste "O" a tromi žetónmi v mieste "H"	9
1.4	and	10
1.5	or	10
1.6	sekvenčné a iteračné	10
1.7	Framework RBAC96 podľa Sandhu a spol.	15
1.8	Vzťahy RBAC podľa [7]	15
1.9	Rozšírené vzťahy RBAC podľa [7]	16
1.10	Príklad hierarchie rolí	16
1.11	Ekonomická návratnosť RBAC podľa [9]	18
2.12	Model workflow systému	20
2.13	Príklad priradenia rolí k prechodom (vytvorenie novej aplikácie zjednodušené)	20
2.14	Referencia na prechod	21
2.15	Referencia na prechod	22
2.16	Procesný portál	23
2.17	Procesný editor	23
2.18	editor formulárov a dátového modelu	24
2.19	Editor manažmentu rolí a organizačnej štruktúry	24
2.20	Procesný server	25
2.21	Server formulárov a dátového modelu- Jakub Kováčik	26
3.22	Model RBAC v aplikácii	28
3.23	Mapovanie používateľov na roly vo firme	29
3.24	Právomoci rolí v sieti	30
3.25	Právomoci definované v prechodoch	31
3.26	Prideľovanie	31
3.27	Prideľovanie	32
3.28	Správa rolí pre konkrétneho používateľa	32
3.29	Vymazanie používateľa priamo z tabuľky	32

3.30 Administrácia rolí vo firme	33
--	----

Úvod

Systém vývoja aplikačných programov sa veľmi rýchlo mení. So stúpajúcou zložitou počítačových systémov a zvyšovaním počtu užívateľov sa vynára potreba rozložiť aplikácie do viacerých navzájom nezávislých modulov. Najprv sa vytvorili databázy, ktoré umožnili oddeliť dáta od aplikácie. Následne sa v 80-ych rokoch analogickým spôsobom oddelilo užívateľské rozhranie od samotnej aplikácie. Vznikla tak MVC (model-view-controller) architektúra. Ďalším stupňom vývoja je potreba oddeliť všeobecnú funkcionálnosť od aplikácie. Oddelenie sa tak procesná, aplikačná a dátová časť. Túto myšlienku poskytuje workflow management systém (WFMS).

Workflow management systém umožňuje ľahko oddeliť procesy od vizuálnej a dátovej časti, vďaka čomu je upravovanie a znovupoužitie daných procesov jednoduchšie. Je možné si teda predstaviť, že dve rôzne firmy v rovnakej oblasti by využívali rovnaké procesy, pričom by mali osobitnú databázovú aj vizuálnu stránku.

Dôležitou otázkou pri tvorbe workflow management systémom je správa zdrojov. Treba určiť kto môže a naopak kto nesmie pristupovať ku konkrétnym prostriedkom, aby sa zachovala dôvernosc informácií a nemohol byť narušený systém. Vo WFSM je najpoužívanější spôsob správa zdrojov na základe systému rolí Role-based access control (RBAC). Tento model sa využíva kvôli tomu, že je založený na organizačnej štruktúre podnikov a poskytuje efektívne riadenie a údržbu právomocí. Vo WFSM je potreba oddeliť tvorbu procesov od jej používania. RBAC dokáže zabezpečiť previazanie medzi procesmi a konkrétnymi používateľmi. Okrem toho má RBAC ďalšie výhody ako napríklad uľahčenie administrácie priradením užívateľov k jednotlivým roliam v porovnaní so správou práv pre každého jednotlivého užívateľa osobitne.

Jedna z možností ako modelovať WFMS je prostredníctvom Petriho sietí. Petriho sieť je matematický nástroj na modelovanie a simulovanie diskretných procesov. Hlavné výhody Petriho sietí sú:

- formálna sémantika – proces špecifikovaný Petriho sieťou má precíznú definíciu
- grafické zobrazenie – Petriho sieť je grafický jazyk. Dôsledkom tohto Petriho siete sú intuitívne a ľahko pochopiteľné, preto sú vhodné aj pri komunikácii s koncovými užívateľmi.

- expresivita – Petriho siet podporuje všetky primitíva potrebné pre modelovanie workflow procesov. Keďže stavy sú reprezentované explicitne, umožňujú modelovanie závislostí a implicitné voľby.
- analýza – Umožňujú overiť vlastnosti (bezpečnosť, invariantnosť, deadlocky, atď.) a vyčísliť výkonové merania (čas odozvy, čas čakania, podiel obsadenosti, atď.)

Cieľom tejto práce je na základe štúdia a analýzy workflow managementu a Petriho sietí vytvoriť modul na správu rolí a užívateľov pre webovú aplikáciu, ktorá bude poskytovať WFMS na základe Petriho sietí.

Bakalárska práca pozostáva z 2 hlavných kapitol. Prvá kapitola je zameraná na analýzu workflow systému, Petriho siete a riadenie prístupu vo WFMS. Kapitola sa bližšie zameriava na možné prístupy

Druhá kapitola je zameraná na opis riešenia celej aplikácie, pričom bližšie rozoberá návrh a implementáciu modulu na priradovanie rolí k užívateľom a jej nadväznosti k ostatným častiam aplikácie.

Analýza

V biznis sektore je neustála potreba monitorovať a kontrolovať firemné procesy. Čím je podniková štruktúra hlbšia, procesy komplexnejšie a narastá počet zamestnancov, tým stúpa náročnosť riadenia a manažmentu podniku. Komplexné projekty sú len zriedkavo vypracované podľa pôvodného časového plánu. Toto meškanie je často spôsobené zlou koordináciou pracovných procesov. Vo firemných procesoch jednotlivé úlohy za sebou nasledujú v určitom poradí, ktoré musí byť prísne dodržané. Aj meškanie drobnej úlohy dokáže dominovým efektom zastaviť vykonanie nasledovných úloh. V konečnom dôsledku tak malé zaváhanie môže spôsobiť obrovské oneskorenie a finančné straty. Vzniká tak potreba jasne vymedziť jednotlivé kroky práce a minimalizovať administráciu a možné chyby. Riešenie tohto problému je možné riešiť využitím Workflow management systémov (ďalej WfMS) . WfMS ponúkajú možnosť explicitne zadefinovať firemné procesy, pričom dokážu automaticky zabezpečiť správnosť vykonávania jednotlivých úloh v korektnom poradí. Vo firemnom prostredí tak nastane poriadok a zjednoduší sa administrácia. Hlavnou nevýhodou WfMS sú náklady na samotnú implementáciu. Väčšina WfMS sa vyvíja pre potreby konkrétneho podniku, pričom náklady na ich naprogramovanie presahujú finančnú spôsobilosť stredných a drobných firiem. Na trhu sa tak objavujú generické WfMS systémy, ktoré dokážu zabezpečiť využívanie procesov viacerými organizáciami súčasne.

Možným nástrojom na implementovanie WfMS sa naskytuje použitie Petriho sietí. Petriho siete sú jasne formálne a matematicky definované, pričom ich modelovanie je jednoduché a intuitívne. Medzi hlavné výhody môžeme považovať grafické znázornenie, ktoré uľahčuje pochopenie princípov a fungovania tohto modelu. Ak pripojíme fakt, že adaptácia Petriho sietí na WfMS nie je komplikovaná , môžeme tak Petriho siete považovať za vhodný nástroj na modelovanie WfMS.

Petriho siete sú dobrým nástrojom na modelovanie procesov vo WfMS, nedokážu nám však samy o sebe zabezpečiť riadenie prístupových práv. Pre potreby WfMS systémov je najpoužívanější metóda riadenia rolí RBAC. Tento model nám ponúka lepšiu alternatívu k bežne používaným systémom DAC (data access control) a MAC (mandatory access control). Zásadný rozdiel medzi RBAC a ostatnými modelmi spočíva v oddelení prístupových práv od samotných používateľov. To zabezpečuje možnosť namodelovať proces nezávisle od používateľskej časti. Okrem toho má mnoho výhod,

ktoré pramenia z toho, že tento model je zhodný s tým, ktorý je vo firmách prirodzene zaužívaný.

1.1 Workflow management systém

V každom podniku je zaužívaná určitá logistika, nastavenie procesov na základe ktorých prebieha celé riadenie a manažment práce. Cieľom workflow manažmentu (WfM) je zaistiť aby bola táto logistika správne vykonávaná, čo znamená určiť kto má v danom momente spustiť akú úlohu. S narastajúcou veľkosťou podniku alebo zložitou procesov, manažment riadenia príde do bodu, kedy je len veľmi ťažko ovládateľný. Naskytuje sa tak potreba, aby sa celý manažment zautomatizoval. Vzniká tak workflow management systém (WfMS). Workflow Management Coalition definoval termín WfMS ako systém, ktorý kompletne určí, manažuje a vykonáva workflow cez softvér, ktorý má určené vykonávanie jednotlivých úloh na základe počítačovej reprezentácie workflow logiky. [15]

Workflow systémy sú založené na jednotlivých prípadoch (cases). Ako jednotlivý prípad si môžeme predstaviť konkrétnu požiadavku, ako je napríklad založenie si účtu, objednávka, spísanie závetu a podobne. Jednotlivé prípady sú často krát spúšťané samotnými zákazníkmi, ale nie je to pravidlo. Hoci takýchto prípadov môže vzniknúť v systéme mnoho, ich priebeh je riadený za pomoci jednotnej workflow logiky. Každý prípad je unikátny a má konečnú životnosť. Úloha, ktorá sa vykonáva v konkrétnom prípade sa nazýva pracovaná jednotka (working item). Spôsob vykonávania jednotlivých úloh (pracovných jednotiek) v prípade je určený prostredníctvom definície workflow procesov. [15]

Každý prípad vo WfMS má svoj začiatok a koniec. Medzitým sa proces nachádza v určitom stave, ktorý je definovaný prostredníctvom:

- architektúry daného prípadu - určuje nám ako sa môže daný prípad vyvíjať.
- doposiaľ splnených podmienok - zistíme tak aktuálnu "polohu", v akej sa daný prípad nachádza
- hodnoty atribútov v danom prípade - atribúty nám definujú isté podmienky. Predstavme si prípad šetrenia peňazí do pokladničky. Do pokladničky budeme vkladať peniaze, dokiaľ suma v pokladničke nepresiahne určitú hodnotu. V našom prípade sú atribútom peniaze

1.1.1 Úloha

Úloha je základnou logickou jednotkou workflow systému. Ako taká je nedeliteľná a v systéme sa musí vždy vykonať ako celok. V prípade neúspechu úlohy tak treba úlohu spustiť celú odznova. Je však možné rozlišovať medzi spustením a ukončením úlohy.

1.1.2 Proces

Proces definuje spôsob, akým sa vykonajú určité úlohy v konkrétnom prípade. Proces môže byť vo viacerých prípadoch rovnaký ale môže sa takisto odlišovať. Tieto odlišnosti v procese môžu byť napríklad spôsobené smerovacími konštrukciami, za pomoci ktorých je prípad namodelovaný. V prípade vybavovanie pôžičky môže byť žiadosť pre Ferka zamietnutá, zatiaľ čo taká istá žiadosť bude pre Janka schválená.

1.1.3 Smerovacie konštrukcie

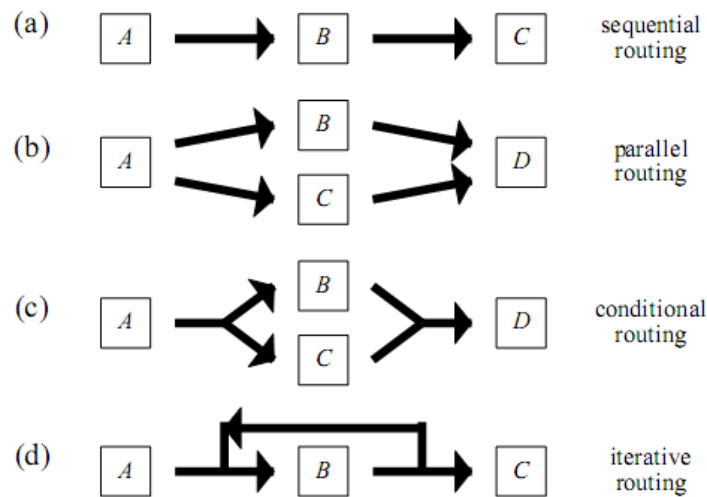
Postupnosť vykonávania úloh v systéme je určená na základe smerovania prípadu. V jednotlivých vetvách určujeme pre každú úlohu smerovacie konštrukcie, čím umožňujeme vytvoriť pre prípad odlišné životné cykly. Využívame štyri základné:

- sekvenčné - úlohy sa vykonávajú za sebou v poradí, v akom nasledujú
- paralelné – úlohy sa vykonávajú paralelne nezávisle na sebe za pomoci AND-splitov a AND-joinov.
- podmienené – vykonávanie úloh závisí od definovaných podmienok. Realizácia sa vykonáva za pomoci OR-splitov a OR-joinov
- iteračné- vykonanie jednej alebo viacerých úloh viackrát za sebou

1.1.4 Výhody použitia WfMS

Workflow management systém ponúka možnosť oddeliť procesnú časť, čím sa zabezpečia nasledovné výhody:

- zabezpečí sa tak jednotná funkcionálna manažmentu a oddelí sa od zvyšku systému. Tradične sa táto funkcionálna rozprestiera v celom systéme. Vďaka tejto separácii je možné rovnakú funkcionálnu použiť na viac ako jednu úlohu.
- aplikácie sú nezávislé od manažmentu, čo umožňuje upravovať logiku aj po implementovaní systému
- k logickej vrstve je možné pridávať rôzne aplikácie a rozširovať tak funkcionálnu systému



Obr. 1.1: Smerovacie konštrukcie vo workflow systémoch podľa [16]

- definovanie a návrh procesu je možné diagnostikovať a vopred tak zabrániť nežiaducim chybám
- z pohľadu manažmentu je možné v konkrétnom prípade identifikovať, v akom stave sa prípad nachádza. Celý proces sa tak ľahšie monitoruje. Dá sa zistiť, kto má v danom prípade a čase čo vykonávať. Celé vykonávanie procesu je pod drobnohľadom, čím sa urýchli čas vykonania celého procesu. V prípade problému vo vykonávaní prípadu, je možné rýchlo identifikovať zdroj

1.1.5 Riadenie zdrojov vo WfMS

Pod pojmom zdroj rozumieme jednotku, ktorá je určená na vykonávanie úlohy. Môžeme si pod tým predstaviť počítač (server, tlačiareň, fax ...) alebo človeka ako pracovnú jednotku. V biznis prostredí väčšinu zdrojov tvoria jednotliví pracovníci a zákazníci, nie je to však pravidlo.

Jednotlivé zdroje sa môžu zoskupovať do skupín s podobnou charakteristikou. Ak majú rovnakú funkcionálnu charakteristiku, nazývame túto skupinu rola. Ako príklad roly si môžeme predstaviť akúkoľvek pracovnú pozíciu a pod samotnými pracovnými zdrojmi samotného zamestnanca. Pridelenie právomocí zdrojom sa udeľuje nepriamo pomocou rol. Týmto spôsobom sa oddelí návrh procesu od jednotlivých používateľov. Taktiež sa tým uľahčí administrácia a zabráni sa deadlockom. Ak by sme totiž priradili úlohu ku konkrétnemu zdroju, nastali by problémy po vymazaní daného zdroja a samotný proces by nebolo možné ukončiť.

1.2 Petriho siete

1.2.1 História

Petriho siete vymyslel nemecký matematik Carl Adam Petri už ako 13 ročný na modelovanie chemických procesov. Neskôr ich popísal vo svojej dizertačnej práci "Communication with Automata"[11] v roku 1962. Časom sa však Petriho siete menili a dopĺňali. Dnes už podľa [1] poznáme viacero definícií Petriho sietí.

1.2.2 Všeobecná definícia Petriho siete

Petriho sieť je podľa [5] zvláštny typ orientovaného grafu spolu so začiatočným stavom (začiatočným značkováním) - $PN = (N, M_0)$. Obsahuje dva typy uzlov nazývanými: *place* (miesto) a *transition* (prechod). Tieto uzly môžu byť spolu prepojené prostredníctvom orientovanej hrany (arc). Spojenie medzi dvoma uzlami rovnakého typu nie je povolené.

Graf Petriho siete obsahuje:

- miesta - označované krúžkom
- prechody - označené obdĺžnikom
- hrany - spájajú jednotlivé uzly. Hrany môžu mať určitú násobnosť. Poznáme tieto typy hrán:
 - hrana z miesta do prechodu
 - hrana z prechodu do miesta
- váha hrany - reprezentuje násobnosť hrany
- značkovanie - priradzuje každému miestu počet značiek (tokenov) - m-rozmerný vektor nezáporných celých M , $M(p)$ - počet značiek v mieste p

Formálna definícia

Pre formálne opísanie Petriho sietí použijeme definíciu z [10]

Petriho sieť je orientovaný bipartitný graf reprezentovaný päticou (P, T, F, W, m_0) , kde:

- $P = \{p_1, \dots, p_n\}$ - konečná neprázdna množina miest;
- $T = \{t_1, \dots, t_n\}$ - konečná neprázdna množina prechodov;
- $P \cap T = \emptyset, P \cup T \neq \emptyset$;

$F \subseteq (PxT) \cup (TxP)$ - množina hrán (toková relácia);

$W : F \rightarrow N \cup \{0\}$ - váhová funkcia ;

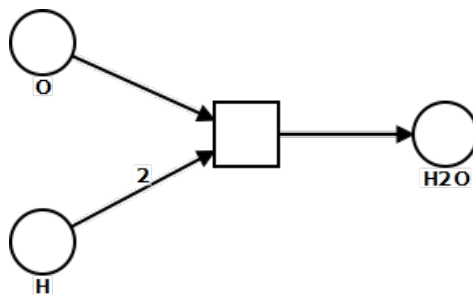
$m_0 : P \rightarrow N \cup \{0\}$ - počiatočné značkovanie;

1.2.3 Pravidlá pre spúšťanie prechodov

1. Prechod je aktivovaný , ak každé z jeho vstupných miest obsahuje aspoň $w(p,t)$ značiek
2. Spustenie prechodu t spôsobí zrušenie $w(p,t)$ značiek v každom vstupnom mieste p prechodu t a pridanie $w(t,p)$ značiek do každého výstupného miesta p prechodu t ;

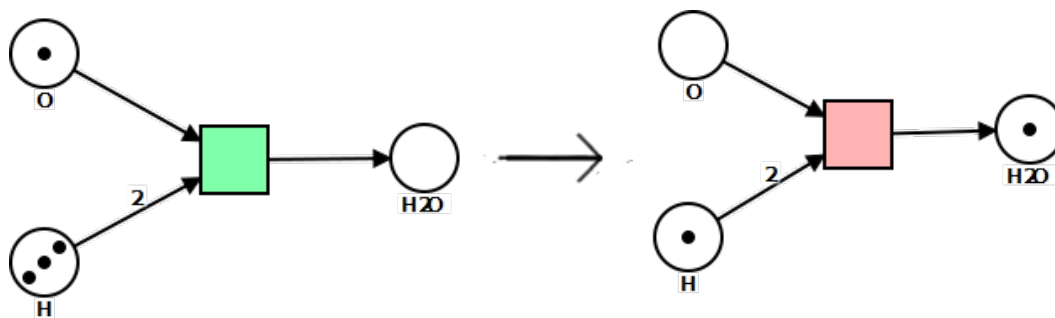
1.2.4 Príklad

Na obrázku 1.2 môžeme vidieť jednoduchú Petriho sieť ktorá znázorňuje spojenie dvoch prvkov vodíka a kyslíka na vytvorenie vody. Máme tri miesta. Dve z nich nám predstavujú jednotlivé prvky a tretie predstavuje molekulu vody H_2O . Medzi nimi je prechod ktorý v tejto sieti znázorňuje spojenie dvoch prvkov do jednej molekuly. Medzi miestom O a prechodom máme jednoduchú hranu, zatiaľ čo z miesta H do prechodu máme hranu násobnosti dva. Jednotlivé násobnosti znázorňujú, koľko tokenov (prvkov) treba skonzumovať z každého miesta, aby bolo možné prechod spustiť. Na druhej strane vidíme jednoduchú hranu z prechodu do miesta H_2O , ktorá nám značí, že po skonzumovaní značiek z miest O a H sa vytvorí práve jedna značka v mieste H_2O (vyprodukuje sa práve jedna molekula).



Obr. 1.2: Petriho sieť na "vytvorenie" vody

Pre spustenie tohto procesu je potrebné aby bola v mieste "O" minimálne jedna značka a v mieste "H" značiek minimálne dve. Po spustení prechodu sa v miestach vstupujúcich do prechodu odoberie počet tokenov daný násobnosťou hrany. Naopak vo výstupnom mieste sa značky podľa násobnosti hrany pridávajú.



Obr. 1.3: Spustenie siete s jedným žetónom v mieste "O" a tromi žetónmi v mieste "H"

1.2.5 Implementovanie Petriho sietí na workflow management systém

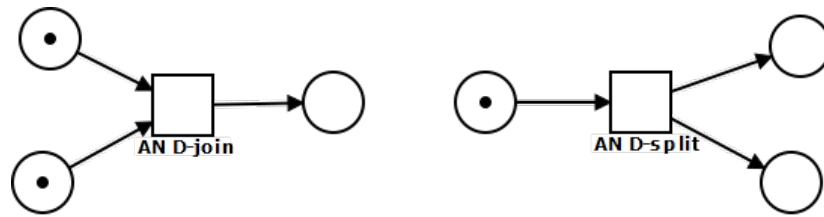
V minulosti sa objavilo niekoľko systémov, ktoré sa snažili implementovať WfMS, ale po čase narazili na problémy, lebo ich architektúra nespĺňala náležité požiadavky. Mnohé z nich nedokázali súčasne implementovať paralelné a alternatívne smerovanie, ostatné narazili na problémy, keď ich aplikácia modelovala WfMS len pomocou udalostí (pri vykonaní úlohy sa systém nedostal do určitého stavu, ale na udalosť nasledovalo okamžité spustenie ďalšej udalosti). W.M.P. van der Aalst v [14] vysvetlil 3 hlavné výhody použitia Petriho sietí na modelovanie workflow management systému:

- formálna sémantika spolu s grafickou reprezentáciou
- stavové modelovanie namiesto udalostného - toto riešenie umožňuje vidieť stav v akom sa proces nachádza a takisto rozlišuje medzi povolením a vykonaním úlohy
- analýza – vďaka tomu, že sú Petriho siete dobre matematicky popísané, umožňujú dobre analyzovať workflow sieť, čo umožní získať štatistické dáta, prípadne zamedziť problémom

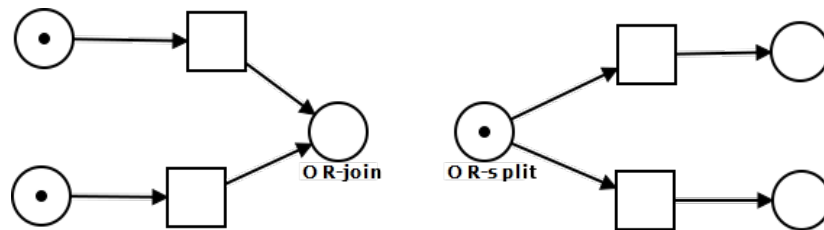
Mapovanie WfMS na Petriho siete je možné ľahko ukázať. Úlohy sú mapované na prechody. Závislosti sa mapujú prostredníctvom miest a hrán. Jednotlivé prípady môžu byť odlišené rôznou farbou tokenov v rozšírených Petriho sieťach. Stav, v akom sa prípad nachádza definuje rozloženie tokenov Petriho sietí, ktorá modeluje WfMS sa nazýva Workflow sieť (WF-sieť). Aby Petriho sieť bola súčasne WF-sieťou, musí spĺňať tieto podmienky

- PN má dve špeciálne miesta: miesto "I" a miesto "O", ktoré reprezentujú počiatočný a koncový stav
- ak pridáme prechod "t" do PN, ktorý spája miesto "I" a "O", potom je PN silno spojená. To znamená, že pre každý pár uzlov X a Y existuje priama cesta od X do Y.

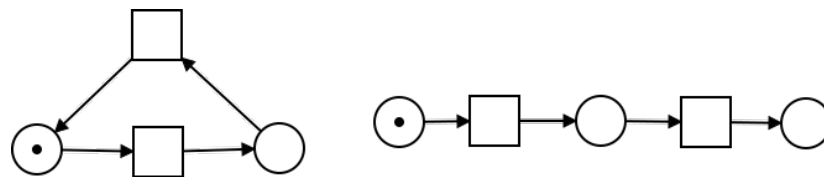
Smerovacie konštrukcie



Obr. 1.4: AND konštrukcia v Petriho sieti



Obr. 1.5: OR konštrukcia v Petriho sieti



Obr. 1.6: Iteračné (vľavo) a sekvenčné(vpravo) konštrukcie v Petriho sieti

1.3 Riadenie prístupu

V nasledovnej sekcii rozoberieme princíp a pravidlá riadenia prístupu podľa [7]. Riadenie prístupu, známe pod pojmom autorizácia je koncept, ktorý používame od čias, kedy ľudia pocítovali potrebu chrániť svoje veci. Hlavnou myšlienkou je určiť oprávnenia tak, aby k chránenému objektu mohli pristupovať iba zdroje, ktoré patria do určitej množiny. Tento pojem je ľahké pomýliť si s autentifikáciou. Autentifikácia je proces určenia, či identita používateľa nie je falošná. V skutočnosti sa autentifikácia a autorizácia dopĺňujú. Správna autorizácia závisí od presnej autentifikácie. Každý internetový používateľ rozdiel dobre pochopí na príklade zadávania hesla. Ak sa chce Janko prihlásiť do systému, musí zadať svoje používateľské meno janko96 a k nemu priradiť určené heslo. Tento proces poznáme pod pojmom autentifikácia. Zatiaľ čo autentifikácia zisťuje, kto ste, autorizácia určuje, čo môžete spraviť. Nad každým objektom

definuje, či máte k nemu práva alebo nie. Na to aby bola autorizácia realizovaná je potrebný určitý typ vzťahu medzi používateľovým ID a systémovými zdrojmi. Jednou z možností je priradiť k objektu zoznam oprávnených používateľov, alebo naopak uložiť zoznam objektov ku ktorým môže pristupovať používateľ s daným ID. Tento vzťah je bližšie definovaný konkrétnym modelom pre riadenie prístupu. Na to, aby sme správne pochopili rôzne modely, potrebujeme si ako prvé definovať tieto pojmy:

- používateľ - pojem odkazuje na človeka, ktorý komunikuje s počítačovým systémom. Vo väčšine systémov je dovolené, aby jeden používateľ mal priradených viacero prihlasovacích ID a zároveň tieto ID môžu byť súčasne aktívne
- session - inštancia komunikácie medzi používateľom a systémom
- subjekt - počítačový proces, ktorý je spustený na základe práv používateľa
- objekt - môže byť zdroj, ku ktorému pristupujeme v počítačovom systéme. Nahliadame naň zväčša ako na pasívnu entitu, ktoré obsahujú informácie. Nie je to však pravidlo. Ako objekt môžeme v určitých situáciách považovať programy, tlačiarne, a iné aktívne entity
- operácia - je aktívny proces vyvolaný subjektom. Staršie modely riadenia prístupu, ktoré sa striktne zaoberali tokom informácií (čítanie a zapisovanie) používali pojem subjekt na všetky aktívne procesy. Model RBAC však vyžaduje vymedzenie týchto dvoch pojmov. V prípade bankomatu, po prihlásení používateľa prostredníctvom PIN, riadiaci program pod oprávneniami používateľa je subjekt. Tento subjekt môže spustiť viacero operácií- výber z účtu, dočasný vklad, výpis z účtu a iné
- oprávnenia - sú povolenia na vykonanie určitej akcie v systéme

1.3.1 Princípy bezpečného dizajnu

V roku 1975 Salzer a Schroeder [12] popísali ochranné mechanizmy, ktoré musí dobrý dizajn prístupových práv obsahovať. V skutočnosti však niektoré z nich siahajú do 19-teho storočia, kedy ich popísal Auguste Kerchoffs.

Minimálne oprávnenia : Hlavnou požiadavkou autorizácie je potreba vymedziť používateľovi minimálne oprávnenia, teda také, ktoré mu vymedzia prístup iba k úlohám, ktoré potrebuje na vykonávanie svojej práce. Tým sa predíde problémom, kedy jednotlivý používateľ môže svojou aktivitou vykonať nežiaduce operácie. Je potrebné si uvedomiť, že práva používateľa sa môžu meniť v závislosti od času, úlohy alebo samotnej funkcie.

Jednoduchosť mechanizmu Dizajn by mal byť dostatočne zrozumiteľný, aby bolo možné dokázať jeho správne fungovanie. Taktiež by mal byť dostatočne jednoduchý, aby prípadné bolo možné chyby ľahko identifikovať a opraviť.

Protiporuchové princípy Prístupové oprávnenia by mali byť založené na inklúzii. Subjekt má mať explicitne definované práva. Na začiatku by mali byť jeho práva k objektu nulové. Tento princíp zabezpečí v prípade poruchy mechanizmu, aby bol zamietnutý prístup oprávnenému ako aj neoprávnenému prístupu.

Pravidelná autorizácia Každá požiadavka na prístup k objektu by mala požadovať autorizáciu subjektu. Žiadne ukladanie výsledkov prístupu by nemalo byť povolené.

Verejne známy princíp autorizácie (Kerckhoffov princíp) Bezpečnosť autorizácie by nemala závisieť od utajenia princípu. Ak je dizajn správny, jeho odhalenie by nemalo narušiť bezpečnosť.

Oddelenie právomocí Ak je to možné, ochranný mechanizmus by mal závisieť od čo najviac nezávislých podmienok. Príkladom môže byť vyžiadanie spolupráce dvoch nezávislých entít.

Mechanizmus najmenšej právomoci V dizajne by sa malo minimalizovať zdieľanie viacerými používateľmi. Implementácia tohto princípu vyžaduje fyzické alebo logické oddelenie systémov

Používateľská akceptácia Ochranný systém by mal byť pre používateľov transparentný a ľahký na používanie. Užívateľ by nemal byť nútený sa odhlásiť a znova prihlásiť k vykonaniu bežných úloh

1.3.2 Model Bell-LaPadula

V 70-tych rokoch vznikla potreba formálne popísať model, ktorý bude spĺňať bezpečnostné požiadavky pre potreby viacúrovňovej bezpečnostnej politiky pre Ministerstvo Obrany USA. V roku 1973 tak vznikol model Bell-LaPadula [3]. Princíp tohto modelu je jednoduchý a matematicky jasne zadaný. Určuje 3 pravidlá:

1. Prvé pravidlo definuje, že subjekt nesmie čítať dokumenty, pokiaľ pre ne nedosahuje dostatočnú úroveň bezpečnostnej klasifikácie. Používateľ teda nie je oprávnený čítať dokumenty, ktoré majú vyššiu úroveň bezpečnosti. Napríklad používateľ s klasifikáciou *secret* môže čítať súbory s bezpečnosťou *secret* a *regular*, ale nesmie čítať dokumenty s úrovňou *Top secret*

2. Druhé pravidlo definuje, že subjekt nie je oprávnený zapisovať do objektov s nižšou úrovňou bezpečnosti. Toto pravidlo zabezpečuje aby nebolo možné neúmyselne kompromitovať informácie do nižšej bezpečnostnej úrovne. Naopak zapisovanie do vyššej úrovne bezpečnosti je povolené. Môžeme si napríklad predstaviť, že chceme poslať tajný dopis prezidentovi.
3. Tretie pravidlo pridáva extra úroveň bezpečnosti nezávislú od ostatných. Zabezpečuje aby bolo možné rozdeliť riadenie prístupu na základe toho, kto sa snaží prístupovať k akému objektu. Napríklad úradník z ministerstva vnútra môže mať prístup k niektorým dokumentom s klasifikáciou *Top secret* , ale nesmie mať prístup ku každému takémuto dokumentu, ako napríklad dokument s pozíciu jadrových hlavíc. Pridáva sa tak takzvaný "Access Control Matrix", čiže sa dá vyhľadať v matici podľa používateľa a objektu, aké má daný používateľ nad objektom právomoci.

1.4 RBAC

1.4.1 Popis modelu

Vo WfMS sa ako najlepší model riadenia prístupu preukázal systém rolí RBAC (role-based access control). RBAC poskytuje abstraktný a všeobecný model. Sám o sebe však neposkytuje striktné riešenia bezpečnosti prístupu a nie je ani priamo zadefinované ako musí byť tento model implementovaný. V [9] je RBAC popísaný ako model , ktorý dokáže zabezpečiť schopnosť vizualizovať a centrálne riadiť práva používateľov. Zároveň poskytuje možnosť zadefinovať, vymedziť a kontrolovať prístupové práva medzi používateľom a rolou, rolou a rolou alebo rolou a právomocami. RBAC ako model neurčuje konkrétnu politiku riadenia a môže implementovať tradičný princíp riadenia ako DAC, MAC a iné.

Výhodou tohto modelu je možnosť priradiť viacerým používateľom rovnaké práva na základe určitých spoločných vlastností. Vo WfMS je táto vlastnosť veľmi cenená pokiaľ chceme oddeliť návrh procesu od používateľského riešenia.

1.4.2 Dizajn

V jednej organizácii môže byť viacero rol, ktoré vykonávajú rôzne funkcie. Práva na vykonávanie určitých operácií sú priradené týmto rolám. Jednotliví zamestnanci a členovia firmy sú priradení k rolám, čím nepriamo získavajú tieto právomoci. Vďaka tomu, že tieto právomoci nie sú priamo priradené konkrétnym členom, ale rolám, administrácia právomocí pre konkrétného člena sa zjednodušuje na zaradenie člena do určitej

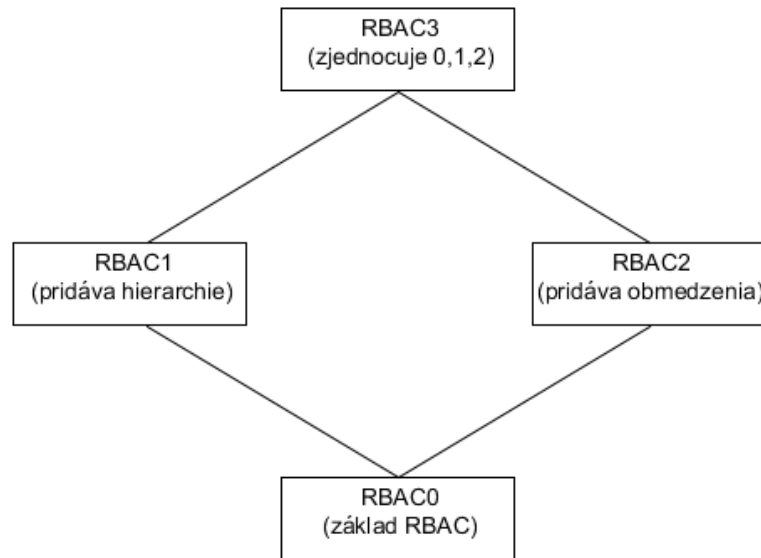
roly. V roku 1992 NIST sformulovala základné požiadavky do všeobecného modelu. Definovali sa 3 pravidlá:

1. Priradenie k role : subjekt je oprávnený vykonať operáciu jedine v prípade, že je priradený k roli. Autentifikácia ako taká sa v RBAC nepovažuje za takúto operáciu. Pre všetky ostatné operácie v RBAC architektúre je však potrebné aby mal subjekt priradenú rolu
2. Autorizácia role: Užívateľ môže vystupovať iba pod takou rolou, ku ktorej je oprávnené priradený.
3. Autorizácia operácie: subjekt s aktívnou rolou je oprávnený spúšťať iba také operácie, pre ktoré má daná rola oprávnenia ich spúšťať. Spolu s prvým a druhým pravidlom sa tak zabezpečí, že subjekt môže vykonávať iba povolené operácie

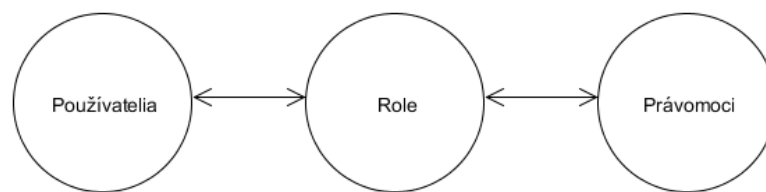
V nasledujúcej publikácii [8] NIST rozobrala RBAC viac do detailov , navrhla prídavné funkcionality a zahrnula špecifické formy vzťahov , tak aby spĺňali požiadavky na oddelenie právomocí (SoD). V roku 1996 Sandhu a spol. [13] predstavili framework RBAC96 založený na RBAC a rozložil tak RBAC do štyroch koncepčných modelov. Ponúkli tak riešenie pre komerčnú implementáciu RBAC. Základný model RBAC0 predstavuje jadro, v ktorom sú obsiahnuté všetky 3 spomenuté pravidlá. Nadväzujúci model RBAC1 pridáva ku základnému modelu hierarchický systém, čím umožňuje pre jednotlivú rolu zdediť právomoci inej roly. Celý systém sa tak dokáže sprehľadniť a ak je jedna rola nadradená iným, stačí, aby bol používateľ priradený k nadradenej role a automaticky dostane právomoci všetkých podradených rolí. RBAC2 pridáva obmedzenia ako napríklad oddelenie právomocí (ak chceme aby dve úlohy nemohol vykonať rovnaký používateľ z rovnakej role).

Jadro RBAC

Jadro RBAC , taktiež značené ako RBAC0 poskytuje základ pre riadenie prístupu na základe rol. Rozlišuje päť základných administratívnych prvkov: používateľov, roly a oprávnenia, pričom oprávnenia pozostávajú z operácii aplikovaných na objekty. Základ RBAC pozostáva z definovania oprávnení pre roly a používatelia sú priradení k roliam a tým nadobúdajú právomoci patriace rolám. Obrázok 1.8 ukazuje vzťah užívateľov, rolí a oprávnení. Dvojitá šípka značí vzťah m:n. Teda napríklad jeden používateľ môže byť priradený k viacerým roliam a zároveň jedna rola môže pozostávať z mnohých používateľov. Tento princíp predstavuje flexibilné riešenie priradenia práv rolám a užívateľov k rolám, čím podporuje princíp minimálnych oprávnení. Každé oprávnenie predstavuje kombináciu objektov a operácii. Celý systém oprávnenia na základe rol môžeme vidieť na obrázku 1.9.



Obr. 1.7: Framework RBAC96 podľa Sandhu a spol.



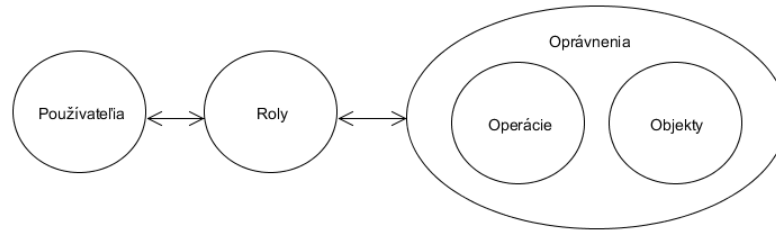
Obr. 1.8: Vzťahy RBAC podľa [7]

Hierarchické štruktúry

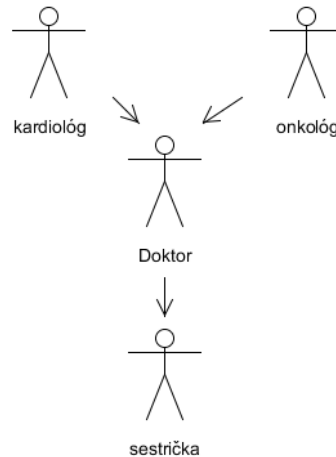
Mnoho rol v má v procesoch prelínajúce sa právomoci. Používatelia patriaci odlišným rolám môžu byť oprávnení vykonávať rovnaké operácie. Hierarchia rol zabezpečí prirodzené rozšírenie pre automatické splnomocnenie nadradených rol. Môžeme si predstaviť napríklad juniorské a seniorské pozície v organizácii. Seniorská pozícia by mala obsahovať oprávnenia juniorskej, pričom môže zahŕňať oprávnenia, ktoré juniorskej pozícii neprináležia. V opačnom smere to nie je možné. Pre realizáciu hierarchickej štruktúry sa často zavádza relácia čiastočného usporiadania, ktorá verne znázorní štruktúru organizácie.

Obmedzenia

Do modelu RBAC je možné pridať ďalšie obmedzenia, ktoré bližšie definujú politiku prístupu práv. Medzi tie základné patrí vylúčenie práv. V niektorých prípadoch chceme zamedziť aby používateľ mohol pristupovať súčasne k dvom objektom. [1] definuje vylúčenie práv ako rozdelenie zodpovednosti pre citlivé údaje, tak aby žiaden jednotlivec



Obr. 1.9: Rozšírené vzťahy RBAC podľa [7]



Obr. 1.10: Príklad hierarchie rol

nebol schopný narušiť bezpečnosť dát. Poznáme dve základné kategórie: statické a dynamické vylúčenie práv. Najľahšie ich rozlíšime podľa toho, v akom čase ich v systéme zavádzame. Statické vylúčenie práv sa určuje na začiatku a vopred zamedzí jednému používateľovi súčasne byť priradený v rolách, ktoré sa vzájomne vylučujú. Pri dynamickom vylúčení práv sa vylúčenie práv aplikuje v čase, keď je používateľ prihlásený v systéme. Tento typ vylúčenia je slabšou formou obmedzenia a dovoľuje jednému používateľovi zastávať dve vylučujúce sa role, avšak nemôže používať obidve v samotnej používateľskej session.

1.4.3 Porovnanie RBAC s alternatívnymi metódami riadenia

Okrem modelu RBAC existuje na trhu mnoho alternatívnych riešení riadenia prístupu. Zatiaľ čo RBAC rieši politiku prístupu na základe organizačnej štruktúry, ostatné metódy sa viac zameriavajú na bezpečnosť prístupu z pohľadu používateľa alebo administrátora. Zabezpečenie práv je definované až k používateľom. V tejto časti si ukážeme tri časté modely: access control list (ACL), DAC (discretionary access control) a MAC (mandatory access control).

RBAC

Štandardné systémy riadenia

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Rola nemusí obsahovať žiadnych používateľov • Rola sa ľahko mapuje na štruktúru organizácie • Prístupové práva sa mapujú na roly • Používateľom sú priradené role | <ul style="list-style-type: none"> • Prístupové práva sú naviazané na používateľov • Používatelia sú rozdelení do skupín • Skupina je pomenovaná množina používateľov, práv a ďalších skupín, ktorá spravidla obsahuje aspoň dvoch používateľov • Skupiny sa neviažu na štruktúru organizácie |
|--|---|

Tabuľka 1.1: Porovnanie RBAC so štandardnými prístupmi riadenia

ACL

Tento prístup definuje ku každému objektu zoznam používateľov a ich právomocí. Administrátor v systéme ľahko vyhľadá kto má k akému objektu aké právomoci. Problém nastáva, ak chceme zistiť všetky právomoci, ktoré prináležia konkrétnemu používateľovi. Ešte väčšie komplikácie nastávajú pri potrebe upraviť alebo vymazať používateľovi právomoci, pretože treba prejsť všetky možné objekty v danom systéme.

voliteľné riadenie prístupu DAC

Podľa [2] DAC predstavuje riadenie prístupu k objektu založené na identite subjektu, skupiny alebo ich kombinácie. Subjekt, ktorý vlastní určité práva je schopný ich predávať ďalšiemu subjektu. DAC teda necháva jednotlivým používateľom možnosť pridelovať a odoberať prístupové práva. Tento prístup však môže byť často nežiadúci, ak chceme zamedziť šíreniu dát medzi neoprávnených používateľov. DAC bližšie nešpecifikuje právomoci pre konkrétneho používateľa. Akonáhle môže používateľ k objektom pristupovať, môže dáta zmeniť alebo rozšíriť práva pre neautorizovaného používateľa. (Sandhu and Samarati, 1994)

povinné riadenie prístupu MAC

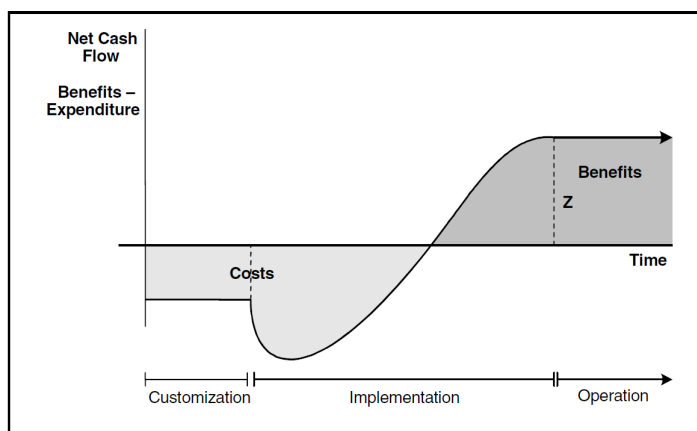
Ako riešenie pre hlavný problém DAC architektúry, povinné riadenie prístupu MAC definuje hierarchické úrovne bezpečnosti. Vychýľuje sa tak od štandardných prístupov a implementuje MLS (multilevel security). Iba administrátori sú oprávnení spravovať a

priradiť prístupové práva. Ku každému objektu ako aj subjektu sa priradí určitá bezpečnostná úroveň. Riadenie prístupu je následne automaticky riadené pomocou dvoch pravidiel. Prvé z nich povoľuje čítať v rovnakej a nižšej bezpečnostnej úrovni, zatiaľ čo druhé zabezpečuje zapisovanie do rovnakej alebo vyššej bezpečnostnej úrovne. [4]

1.4.4 Výhody RBAC

V podnikovej oblasti prináša RBAC model revolúciu pre riadenie prístupu. Tento systém výrazne zjednodušuje administratívu, čo v konečnom dôsledku zvyšuje celkovú produktivitu a znižuje náklady. Všeobecne platí, že čím viac používateľov sa v systéme vyskytuje, tým je výhodnejšie a efektívnejšie použiť tento systém. Systém RBAC sa ukazuje ako atraktívna náhrada alternatívnych modelov. V [9] NIST popísala ekonomickú návratnosť zavedenia RBAC do systému. Môžeme vidieť (obr. 1.11), že návratnosť investície rastie s časom používanie. Hlavné výhody RBAC sú

- rýchla administrácia - najťažšie pri systéme RBAC je definovať na začiatku jej štruktúru. Neskôr pri pridávaní nových užívateľov nie je zväčša potrebné vytvárať novú rolu, ale iba priradiť nového používateľa do už existujúcich rol. Pri zmene alebo odstránení používateľa z firmy nevznikajú problémy s odstraňovaním a mazaním právomocí
- zrozumiteľnosť - zväčša sa na definovanie rol používajú termíny blízke človeku ako lekár, manažér, programátor. Takéto riadenie práv je teda pre človeka prirodzenejšie ako ostatné zaužívané metódy. Ľudia tak nevynaložia veľa úsilia na samotné študovanie administrácie rol.
- nové možnosti bezpečnosti - statické a dynamické vylúčenie práv



Obr. 1.11: Ekonomická návratnosť RBAC podľa [9]

Opis riešenia - Workflow systém

2.1 Špecifikácia požiadaviek

2.1.1 Základný opis aplikácie

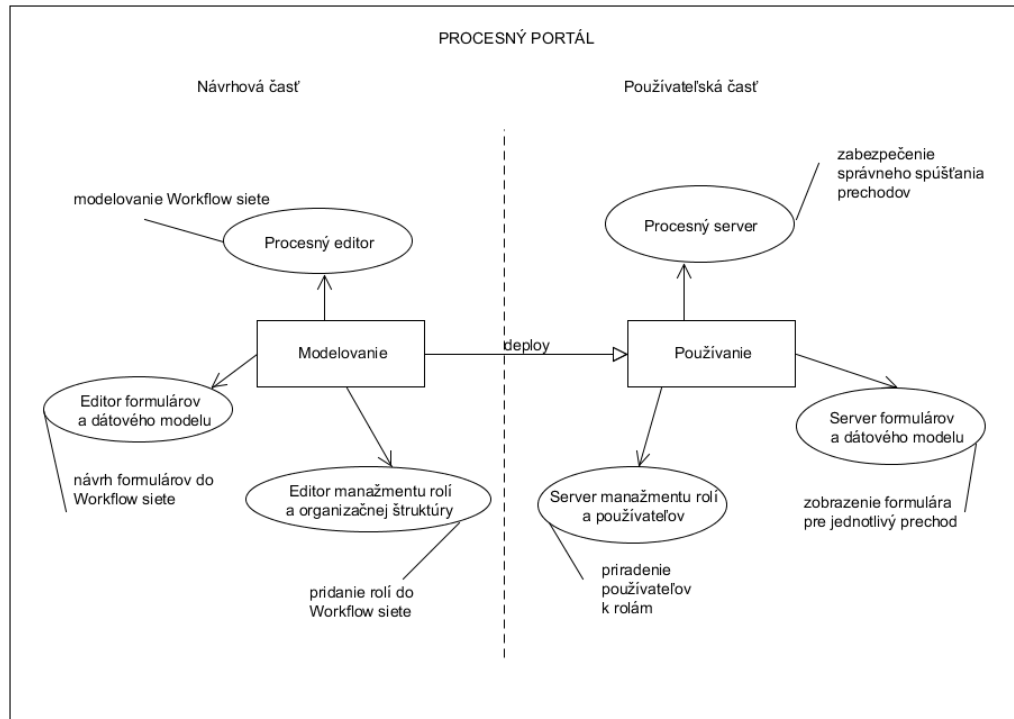
Zistili sme, že workflow management systém je silný nástroj, ktorý umožní používateľovi oddeliť a jasne znázorniť procesnú časť od aplikácie. Tento systém ponúka mnohé výhody. Jednou z možností ako WfMS implementovať je použitím Petriho sietí. Petriho siete sú jasne formálne definované a matematicky overené. Rozhodli sme sa preto implementovať Petriho siete ako nástroj pre modelovanie procesov.

Celý systém bude fungovať na portáli, cez ktorý bude možné sa registrovať a následne prihlásiť. Aplikáciu môžeme pomyselne rozdeliť na modelováciu a používateľskú časť (obrázok 2.12). V modelovacej časti je možné navrhovať a modelovať procesy prostredníctvom Petriho sietí. Ku nim sa v *editore manažmentu rolí a organizačnej štruktúry* pripoja role a v *editore formulárov a dátového modelu* sa namapujú formuláre. Takto vytvorená workflow sieť spolu s rolami a formulármi je tak pripravená na používanie.

Pre používanie potom stačí workflow sieť nasadiť (deploy) do konkrétnej firmy. Vo firme bude potrebné priradiť konkrétnych používateľov ku rolám, ktoré táto workflow sieť používa. Následne tak môžeme považovať Workflow systém za funkčný a z Workflow siete budeme môcť vytvárať nové prípady. Prechody sa budú dať spúšťať v každom prípade automaticky podľa namodelovanej logiky.

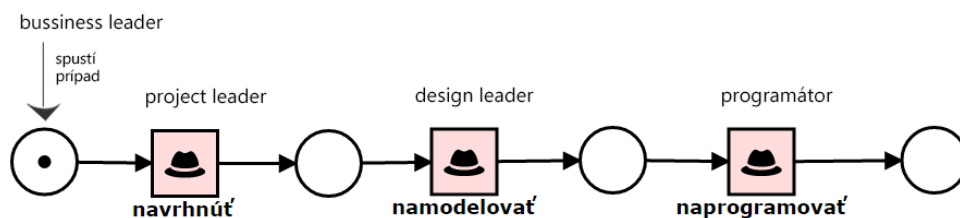
2.1.2 Funkcia rolí v aplikácii

V biznis procesoch väčšinu úloh vykonávajú fyzické osoby. V každej firme je niekoľko zamestnancov, ktorí majú rôzne právomoci. Zároveň však môžeme vidieť ich neustálu fluktuáciu. Zamestnanci do firmy prichádzajú a aj odchádzajú. Takisto sa stáva, že zamestnanec zmení pozíciu vo firme a dostane tak nové právomoci. Pre management riadenia takéhoto systému nám nestačí využitie klasických modelov, prípadne systém na správu takéhoto systému by bol vysoko nákladný. Z týchto dôvodov väčšina workf-



Obr. 2.12: Model workflow systému

low management systémov využíva model prístupu na základe rolí RBAC. Pre potreby našej aplikácie preto využijeme základy tohoto modelu (konkrétne implementujeme základný model RBAC0). V každej Workflow sieti priradíme rolu na sieť, aby sme vedeli určiť, kto môže spustiť nový prípad. Zároveň v Petriho sieti definujeme ku každému prechodu jednu rolu, ktorá môže daný prechod spustiť. Samotné právomoci danej role nad prechodom sú určené v dátovej časti. Vo formulári ku prechodu sa dajú políčka nastaviť ako povinné, upraviteľné a viditeľné. To nám zabezpečí ekvivalent k právomociam read, write.

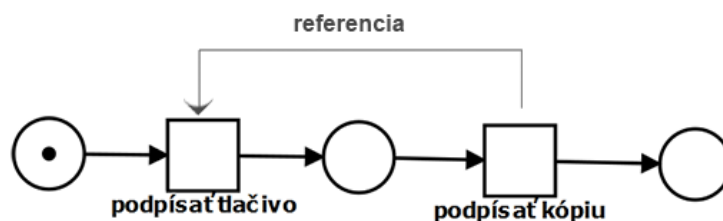


Obr. 2.13: Príklad priradenia rolí k prechodom (vytvorenie novej aplikácie zjednodušene)

2.1.3 Referencie

Role v procese zabezpečia prenos prístupových práv z úloh na používateľa. V rámci jednej role si môžeme predstaviť skupinu používateľov, ktorí majú určité spoločné prístupové práva vo firme. V niektorých procesoch však treba zabezpečiť, aby dve od seba závislé úlohy, mohol spustiť len ten samý používateľ. Samotné role túto funkcionálnosť nedokážu zabezpečiť. V našej aplikácii je nutné ju explicitne zdefinovať. Do našej aplikácie sme použili systém referencií na prechody v Petriho sieti. Konkrétne sme implementovali dva typy referencií : *referencia na prechod* a *referencia na prvého používateľa z role*.

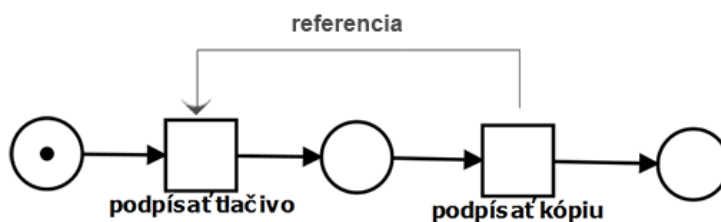
Najskôr opíšeme referenciu na prechod. Referencia na prechod zabezpečí, aby ten samý používateľ ktorý spustí prechod, na ktorý odkazuje referencia, bol jediný oprávnený na spustenie prechodu s touto referenciou. Jednoduchým príkladom je ak rozložíme jeden zložitý prechod, ktorý musí vykonať ten samý používateľ na dve menšie. Predstavme si napríklad podpísanie tlačiva. Ku tlačivu treba podpísať aj jeho kópiu. Naš prvý prechod predstavuje podpísanie tlačiva a druhý prechod je priradený k podpísaniu kópie tlačiva. Podpísanie kópie obsahuje v sebe referenciu na prvý prechod s podpísaním originálneho tlačiva. V praxi to znamená, že obidve tlačivá musí podpísať tá istá osoba.



Obr. 2.14: Referencia na prechod

V procese však môžu existovať úlohy, ktoré sa v určitom prípade nikdy nevykonajú. Príkladom v Petriho sieti je podmienené vykonanie prechodov na základe OR-splitu. V prípade, že by sme namodelovali proces s referenciou na takýto prechod, pri vykonávaní procesu by sme sa dostali do stavu, kedy by nikto daný prechod nemohol spustiť a tým pádom by nebolo možné proces ukončiť. Takýto stav by bol nežiadúci a spôsobil by mnoho problémov. Druhým problémom je, že v procese vopred nevieme určiť poradie vykonávania jednotlivých úloh. Chceme aby prechod1 aj prechod2 spustil rovnaký človek z role. Nevieme však v akom poradí budú prechody za sebou nasledovať. Z týchto

dôvodov sme sa rozhodli pridať "referenciu na prvého používateľa z role". Táto referencia rieši obidva problémy zároveň. Prechod, ktorý bude označený touto referenciou, bude môcť spustiť jedine používateľ, ktorý v procese prvýkrát spustil prechod pod takou rolou, akú má prechod s referenciou. V prípade, že taká neexistuje, znamená to, že dosiaľ nebol spustený žiaden prechod, ktorý by obsahoval danú rolu. V tomto prípade bude môcť prechod spustiť ktorýkoľvek používateľ, ktorý je priradený k danej role.



Obr. 2.15: Referencia na prechod

2.2 Návrh

V nasledujúcej sekcii bližšie popíšeme jednotlivé časti systému, tak ako sme si ich rozdelili.

2.2.1 Procesný portál - Martin Kováčik

Procesný portál slúži na zjednotenie všetkých častí dohromady. Základnou myšlienkou portálu je poskytnúť možnosť vytvárať, využívať a manažovať Workflow systémy. Taktiež slúži ako e-shop. Ponúka možnosť vytvorenej Workflow siete kopírovať do iných firiem. Všetky firmy a workflow siete sú verejne viditeľné. Vytvára priestor, kde sa dajú procesy vzájomne vymieňať. Vďaka tomu môžu používatelia využívať vo svojich firmách Workflow systém bez nutnej znalosti samotného modelovania Workflow siete. Portál umožňuje registráciu a prihlásenie používateľov. Prihlásený používateľ môže manažovať svoj profil : prezerať svoje objednávky, meniť heslo. V prípade straty hesla zabezpečí jeho opätovné zaslanie. Každý používateľ môže vytvoriť a spravovať vlastnú firmu. Vo firme je zahrnutá správa používateľov. Ich pridávanie a vyhadzovanie z firmy ako aj priradenie práv na správu firmy. Nového používateľa je možné pridať do firmy cez zaslanie pozvánky. Zaregistrovaní používatelia majú vstup do firmy voľný, prípadne zabezpečený cez heslo. V portály je zabezpečený prístup do modelovania workflow sietí

spolu s editorom manažmentu rolí a editorom formulárov, ako aj k správe rolí a ich mapovaniu na používateľov.

Obr. 2.16: Procesný portál

2.2.2 Procesný editor - Tomáš Priboj

Procesný editor ponúka možnosť modelovať Petriho sieť a navrhnuť tak workflow sieť pre vytvorenie firemných procesov. Nájdeme tak v ňom nástroje na kreslenie rôznych objektov ako miest, prechodov a hrán. Každý takýto objekt je možné presunúť a vymazať. Pri presúvaní je automaticky zabezpečené presúvanie hrán napojených na objekt. Vymazanie objektu analogicky zaručí odstránenie hrán, ktoré by inak nemali začiatok alebo koncový bod. Každé miesto a prechod je možné označiť menovkou. Udeľovanie značkovania (tokenov) pre miesta je zabezpečené dvoma spôsobmi. Prvý spôsob pridáva tokeny ľavým tlačidlom myši a pravým tokeny uberá. Druhý spôsob umožní k miestu ručne napísať počet tokenov. Dôležitou funkcionalitou je simulácia Petriho siete. Dovoľuje používateľovi simulovať proces v Petriho sieti, pričom v každom stave zobrazuje aktívne prechody. Aplikácia umožňuje ukladanie siete buď vo formáte svg ako obrázok, alebo vo formáte xml, z ktorého je možné neskôr celú sieť importovať na účely modelovania. Pre potreby Workflow systému, editor ukladá popis workflow siete a cez komunikáciu prostredníctvom json-u s procesným serverom umožňuje uložiť sieť do databázy. Po uložení do databázy prijme id, ktoré bolo sieti priradené. Následne tak môže používateľa presmerovať na editor formulárov a dátového modelu.

Obr. 2.17: Procesný editor

2.2.3 Editor formulárov a dátového modelu - Ján Polaček

Po tom, ako sa workflow sieť nakreslí v procesnom editore je potrebné k prechodom priradiť formuláre, ktoré sa budú neskôr zobrazovať pri spracovaní úloh v prípadoch. Editor formulárov a dátového modelu umožňuje navrhnuť dátový model pre formuláre. Modelovanie formulárov je realizované cez vytváranie, editovanie, prípadne mazanie vstupných polí. Tie môžu byť pridané v podobe *krátkej odpovede*, *dlhej odpovede*, *výberu z viacerých* (select boxu) alebo *zaškrtnutých možností* (checkboxy). Ku každému sa dá pridať otázka a popis. Pre jednotlivý vstup definujeme, či je povinný, viditeľný a upraviteľný. Pre potreby prepoužívania formulárov a ich ukladania do databázy sa vytvorí dataset, ktorý reprezentuje premenné, do ktorých sa ukladajú hodnoty z vstupných polí. Editor dokáže načítať a uložiť Petriho sieť cez formát SVG. Jednotlivé

formuláre a dátové typy je možné uložiť vo formáte XML a následne spätne nahráť na načítanú sieť (napr. prostredníctvom SVG). Editor spolupracuje so *serverom formulárov a dátového modelu*. Prostredníctvom JSON dát sú formuláre priebežne ukladané na server.

Obr. 2.18: editor formulárov a dátového modelu

2.2.4 Editor manažmentu rolí a organizačnej štruktúry- Kristián Stroka

Podobne ako pri editore formulárov, *Editor manažmentu rolí a organizačnej štruktúry* slúži na bližšie definovanie prechodov, konkrétne sa zameriava na otázku kto môže spustiť prípad a prechody v ňom. Editor umožňuje vytvárať roly a následne každému prechodu vymedziť prostredníctvom rol a referencii práva na spustenie prechodu. Každému prechodu je možné priradiť rolu, prípadne jednu z dvoch referencii : *referenciu na prechod* a *referenciu na prvého používateľa z role*. Toto priradenie je možné následne zrušiť. Editor načítava Petriho sieť prostredníctvom SVG formátu načítaním zo súboru, prípadne z databázy. Mapovanie rolí a referencii je možné uložiť v XML formáte. Pre potreby Workflow systému je ukladanie mapovania do databázy zabezpečené prostredníctvom JSON komunikácie zo *serveru manažmentu rolí a používateľov*. Rovnakým spôsobom je možné z databázy načítať roly vo firme v akej používateľ práve modeluje.

Obr. 2.19: Editor manažmentu rolí a organizačnej štruktúry

2.2.5 Procesný server - Anna Demeterová

Procesný server zabezpečuje správne fungovanie Workflow systému po jeho namodelovaní vo firme. Pre konkrétneho používateľa vo firme zabezpečí, aby mohol vytvárať nové prípady a preberať úlohy z vytvorených prípadov podľa stavu, v akom sa prípad nachádza a používateľských oprávnení zadaných na základe rolí. Stará sa tak o to, aby každý prípad nasledoval logiku definovanú namodelovanou Workflow sieťou. Kontroluje a zabraňuje možným kolíziám referencii a iným deadlockom. Ukladá históriu vykonaných prípadov a úloh. Umožňuje vizualizáciu stavu, v akom sa prípad nachádza. Okrem toho spracováva workflow siete vytvorené v *procesnom editore* a ukladá vytvorenú sieť do databázy. Po prebratí úlohy používateľovi zobrazí možnosť túto úlohu vykonať. To ho presmeruje na *server formulárov a dátového modelu* kde sa používateľovi zobrazí formulár patriaci danej úlohe. Ak je formulár vyplnený, odošle sa

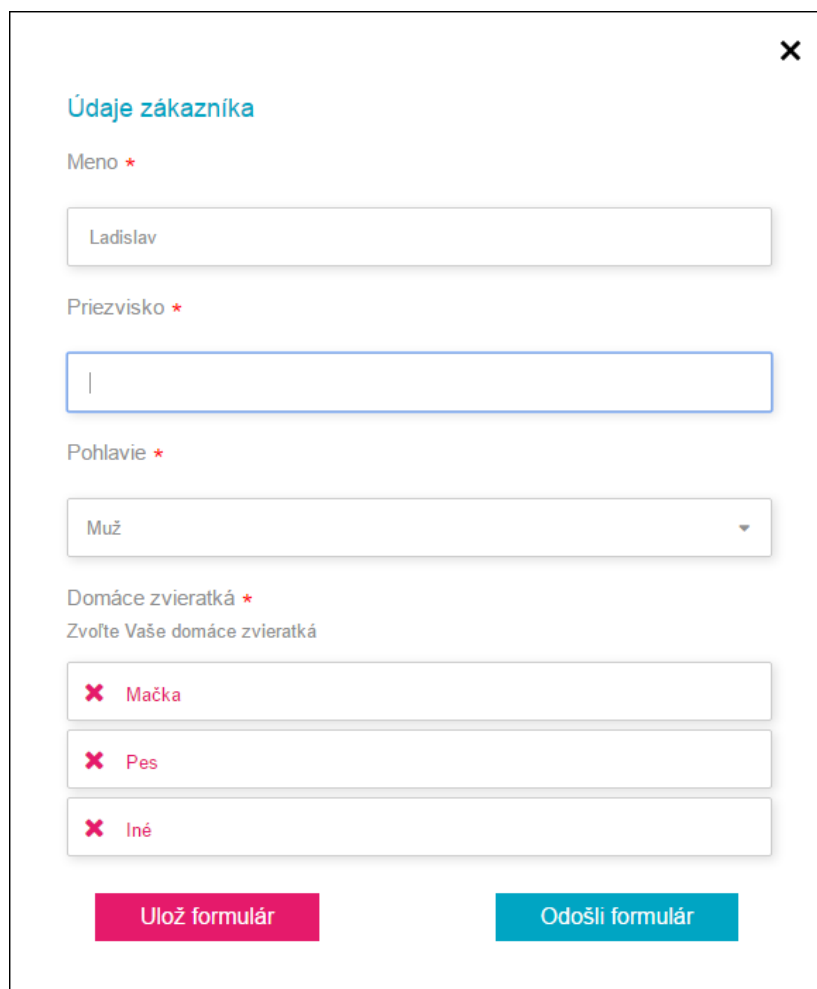
naspať potvrdenie. Procesný server tak dokončí úlohu, prípad sa tak posunie do nového stavu. Procesný portál nanovo vypočíta aktívne prechody na spustenie.

Obr. 2.20: Procesný server

2.2.6 Server formulárov a dátového modelu- Jakub Kováčik

Serverová strana formulárov a dátového modelu rieši zobrazovanie formulárov pre spustené úlohy v konkrétnom prípade. Formulár môže obsahovať krátku odpoveď, dlhú odpoveď, zaškrtnuté pole a výber z viacerých možností. Po odoslaní formuláru prebieha validácia, či sú vstupné polia správne vyplnené. Taktiež umožňuje priebežne uložiť vyplnené polia, bez toho aby sa formulár odoslal. To umožní používateľovi odložiť vyplňanie na neskôr. Táto časť je pevne previazaná s editorom formulárov (2.2.3). Zatiaľ čo editor rieši modelovanie dátového modelu a návrh formuláru, serverová časť sa stará o ukladanie dát a následné zrekonštruovanie formuláru pre jeho samotné vyplňanie. Komunikácia medzi editorom a serverom prebieha prostredníctvom JSON dát vymieňaných cez AJAX. Pre editor zabezpečuje uloženie a načítanie v rámci databázy.

2.2.7 Server manažmentu rolí a používateľov



Údaje zákazníka

Meno *

Ladislav

Priezvisko *

Pohlavie *

Muž

Domáce zvieratká *

Zvoľte Vaše domáce zvieratká

☐ Mačka

☐ Pes

☐ Iné

Ulož formulár

Odošli formulár

Obr. 2.21: Server formulárov a dátového modelu- Jakub Kováčik

Opis riešenia - Server manažmentu rolí a používateľov

3.1 Určenie požiadaviek

Aplikačným výstupom tejto bakalárskej práce je web stránka, ktorej účelom je vytvoriť jednoduché a intuitívne aplikačné rozhranie pre priradzovanie používateľov k roliam. V aplikácii by sa mali dať vyhľadať všetci používatelia vo firme. Pre rýchlejšie vyhľadávanie a prehľadné údaje bude možné používateľov zotriediť do kategórie podľa rolí. Užívatelia, ktorí nemajú priradenú žiadnu rolu, budú mať vlastnú podsekciu. Vďaka tomu bude mať firma každého používateľa pod kontrolou, aby mal priradenú minimálne jednu rolu. Užívatelia sa budú dať zoradiť podľa ich id, mena, priezviska alebo e-mailovej adresy. V každej podsekcii umožníme vyhľadávať konkrétneho používateľa na základe textového vstupu. Vstup sa porovná s id, menom, priezviskom aj emailom každého používateľa z vybranej podsekcie.

Niektoré firmy majú vo svojej štruktúre niekoľko desiatok zamestnancov. Každý používateľ sa bude dať jednotne aj skupinovo priradiť k požadovanej role. Zároveň bude možné osobitne spravovať roly pre konkrétneho člena firmy. Ďalšou funkcionalitou aplikácie je manažment rolí vo firme. Do firmy bude možné vložiť nové roly, prípadne niektoré roly odstrániť. Pri odstránení roly z firmy, treba dať pozor, aby sme nemohli odstrániť také, ktoré firma práve používa na vykonávanie vlastných procesov. Takisto bude možné do firmy pridať roly z xml súboru vygenerované v editore manažmentu rolí a užívateľov (2.2.4) . Túto funkcionalitu bude možné pri integrácii plne odstrániť. Zároveň má aplikácia poskytovať rozhranie pre tento editor, aby bolo možné uložiť do databázy vytvorené roly, referencie a ich mapovanie na Workflow sieť.

3.2 Návrh

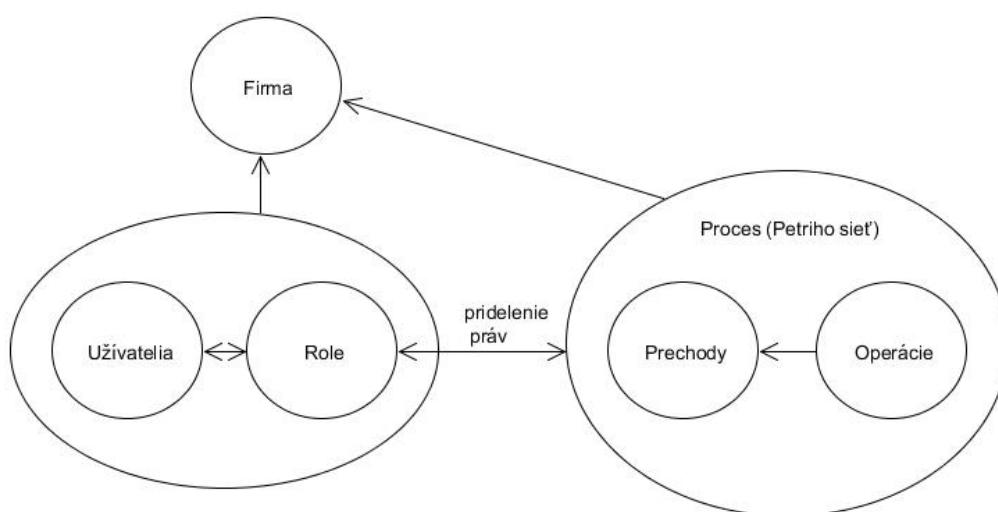
V tejto časti sa zameriame na podrobný opis implementácie modulu na správu a priradzovanie rolí k používateľom. Vysvetlíme fungovanie rolí v systéme, databázový model a popíšeme celkovú architektúru a spôsob implementácie rolí v našom systéme. Rozo-

berieme možné bezpečnostné riziká a spôsob ich riešenia. Navrhujeme možné rozšírenia našej aplikácie, aby sme tak zabránili vzniknutým problémom.

3.2.1 Popis architektúry

Základnou myšlienkou RBAC architektúry je odstrániť priame priradenie práv k používateľom. Tento výsledok sa zabezpečí pridaním medzikroku a teda rolí medzi samotných používateľov a ich právomoci. Samotná implementácia RBAC silno závisí od konkrétneho systému. Naša aplikácia sa zameriava na vytvorenie WfMS za pomoci Petriho sietí.

Ako prvé si definujeme základnú architektúru. Na obrázku 3.22 môžeme zreteľne vidieť dve nezávislé časti fungovania workflow systému. V ľavej časti ilustrácie vidíme sekciu, ktorá sa zaoberá pridelovaním používateľov k roliam, zatiaľ čo pravá časť znázorňuje proces samotný. Vo firme je vďaka tomu zabezpečené, aby sa procesy mohli vytvárať nezávisle od používateľov. Priradenie práv je zabezpečené väzbou medzi rolami a procesmi. Pre správnu funkcionálnosť je však potrebné, aby firma mala priradené tie role, ktoré sú použité v jednotlivých procesoch, ktoré firma využíva. Definovanie prístupových práv je zabezpečené nad samotnými prechodmi v sieti.



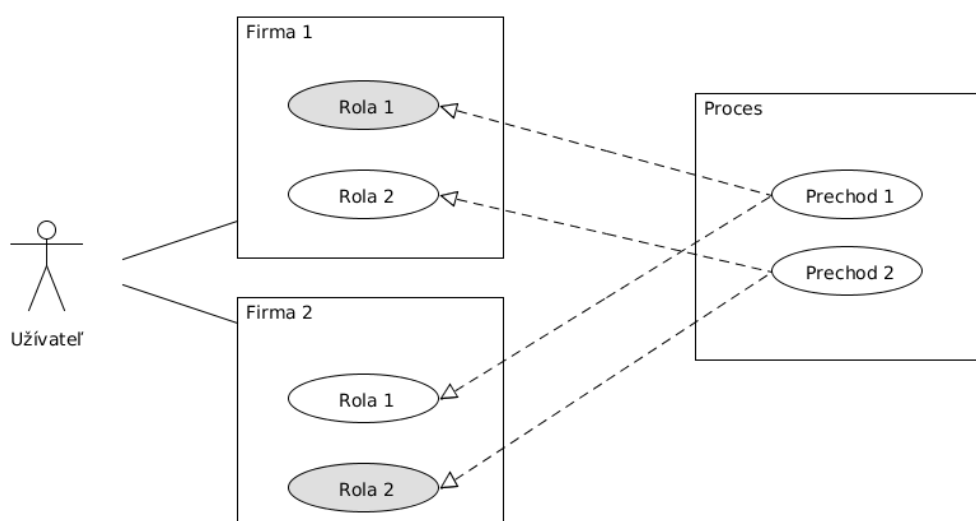
Obr. 3.22: Model RBAC v aplikácii

Priradenie používateľov k roliam

V našej aplikácii nechceme aby bol používateľ viazaný len na jednu firmu. Chceme aby pod rovnakým účtom mohol figurovať vo viacerých firmách, prípadne mal možnosť si založiť vlastnú. Preto je potrebné, aby sa používatelia neviazali len na samotnú rolu. V aplikácii bude väzba používateľa na rolu závislá od konkrétnej firmy. V každej firme

bude môcť administrátor, používateľ s právami na riadenie rolí, mať možnosť priradiť používateľa ku konkrétnej roly, ktorá je vo firme zaradená. Samotný používateľ môže byť tým pádom priradený vo viacerých firmách, pričom v každej firme bude mať iné práva.

Na obrázku 3.23 môžeme vidieť zjednodušený model mapovania právomocí používateľa prostredníctvom systému rolí. Šedé pozadie v roli znamená, že používateľ je k roli priradený. V rovnakom procese vidíme, že používateľ, ktorý môže vo firme 1 spustiť prechod 1, nie je oprávnený vykonať prechod 1 aj vo firme 2, pretože v nej nemá priradenú rolu. Vo firme 2 môže spustiť iba prechod 2.



Obr. 3.23: Mapovanie používateľov na roly vo firme

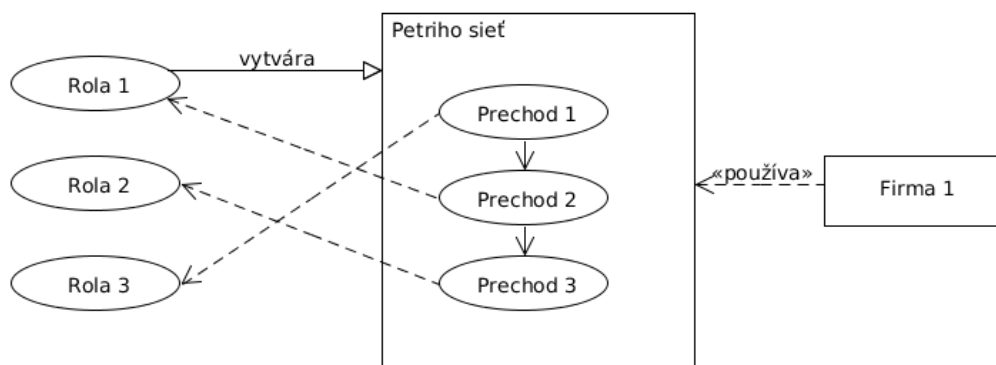
Priradenie práv k roliam

Priradenie práv k roliam je definované nepriamo prostredníctvom jednotlivých prechodov. Hlavnou úlohou roly v procese je zdefinovať práva na vytváranie nových prípadov a takisto určiť právomoci na spúšťanie prechodov v procese. Schopnosť spustiť nový prechod je však vymedzená referenciami, návrhom Petriho siete a stave v akom sa tokeny momentálne nachádzajú.

Definovanie prístupových práv ku prechodu

Osoba môže v jednotlivom prípade spustiť prechod, ak spĺňa nasledovné požiadavky:

1. prechod je spustiteľný
2. osoba je priradená k roli, ktorej daný prechod prináleží



Obr. 3.24: Právomoci rolí v sieti

3. osoba spĺňa požiadavky referencie

Spustiteľnosť prechodu je zadefinovaná prostredníctvom Petriho siete. Prechod v sieti je spustiteľný len vtedy, ak každé miesto vstupujúce do prechodu obsahuje minimálne toľko tokenov, aká je násobnosť hrany medzi daným miestom a prechodom. V aplikácii máme dva typy referencií: **referenciu na prechod** a **referenciu na prvú rolu**. Ak má prechod nastavenú referenciu na prechod, v databáze sa porovná používateľove id s id používateľa, ktorý spustil referovaný prechod. V prípade, že tieto dáta súhlasia, používateľ je oprávnený spustiť prechod.

Ak má prechod nastavenú referenciu na prvého používateľa, overí sa, či sa v procese už daná rola nevyskytla. Ak prechod s danou rolou v danom prípade ešte nebol spustený, používateľ je oprávnený tento prechod spustiť. V opačnom prípade je potrebné overiť id používateľa s používateľom ktorý ako prvý spustil prechod s touto rolou. Ak sa zistí zhoda, používateľ môže daný prechod spustiť.

Operácie nad prechodom

Práva, ktoré rola nad prechodom získa sú zadefinované operáciami v konkrétnom prechode. Tieto operácie sa určujú pri vytváraní formulára k danému prechodu. Vo formulári je možné nastaviť aké dáta budú používateľovi prístupné, či ich bude môcť používateľ iba zobrazovať, alebo aj editovať. Takisto sa definuje, ktoré údaje je potrebné vyplniť, aby mohol používateľ tento prechod dokončiť.

3.3 Implementácia


3.3.1 Modul na priradenie používateľov k rolám


Vo WfMS treba zabezpečiť používateľsky ľahko zrozumiteľnú a jednoduchú administráciu rol vo firme. Priradenie rol vo firme je realizovaná na dvoch úrovniach: *priradenie*

Povinné	<input checked="" type="checkbox"/> On
Upraviteľné	<input checked="" type="checkbox"/> On
Viditeľné	<input checked="" type="checkbox"/> On











Obr. 3.25: Právomoci definované v prechodoch

jednej role pre viacero používateľov a priradenie viacero rolí pre jedného používateľa. Pre tieto účely sme vytvorili tabuľku, kde sa zobrazia jednotliví používatelia. Zoznam používateľov sa vytvorí na základe vybranej sekcie. Tieto sekcie delíme podľa filtra na všeobecné - všetci používatelia a takí, ktorí nemajú priradenú rolu a potom sekcia s filtrami podľa rol vo firme - každá rola vo firme obsahuje priradených používateľov. Používateľov je možné usporiadať v každej sekcii podľa ich ID, mena, priezviska alebo e-mailu. Zároveň je možné v každej sekcii na základe týchto rolí vyhľadávať ľudí.

workflowmarket 

General filters: All | Without role search user... 

Roles filters: **programátor** | Projektový manažér | vedúci oddelenia

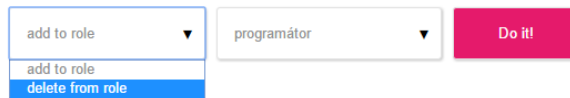
<input type="checkbox"/> Check all	Id	First name	Last name	E-mail	
<input type="checkbox"/>	23	Markéta	Bláznivá	blazniva@gmail.com	 
<input type="checkbox"/>	31	Oktávius	Škriniar	skrinia@yweb.sk	 
<input type="checkbox"/>	34	Zoroslava	Melicharová	melicharova@gmail.com	 
<input type="checkbox"/>	36	Gejza	Železník	zeleznik@stuba.sk	 
<input type="checkbox"/>	37	Eulália	Fisher	fisher@gmail.com	 

add to role ▼ programátor ▼ **Do it!**

Obr. 3.26: Priradenie

Priradenie a vyradenie viacerých používateľov z role

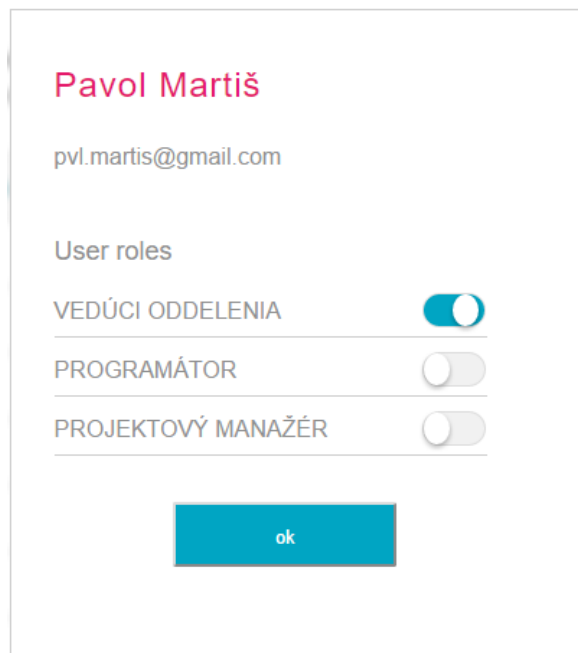
Priradenie a vyradenie viacerých používateľov je založené na dvoch krokoch. Označenie používateľov a následné vybranie žiadanej akcie - add to role (priradenie do role) delete from role (ich odstránenie z role).



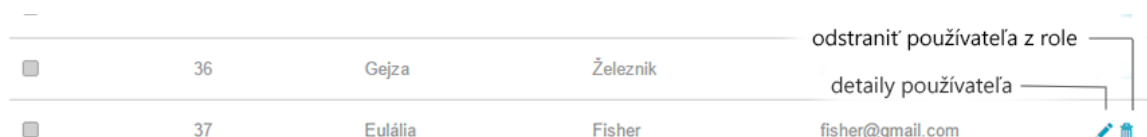
Obr. 3.27: Pridelovanie

Priradenie a vyradenie jednotlivca

Správa samotného používateľa je realizovaná viacerými spôsobmi. Prvý spôsob je rovnaký ako pri správe viacerých používateľov (označíme ale iba jedného). Druhý spôsob je detailná správa používateľa. Po kliknutí na podrobnosti konkrétneho používateľa sa zobrazí okno pre konkrétneho používateľa. V ňom sú všetky role do ktorých je možné používateľa priradiť. Jednoduchým kliknutím na tlačítkom sa používateľ priradí alebo odstráni z role. takisto je možné odstrániť používateľa z role priamo z tabuľky kliknutím na ikonu smetného koša.



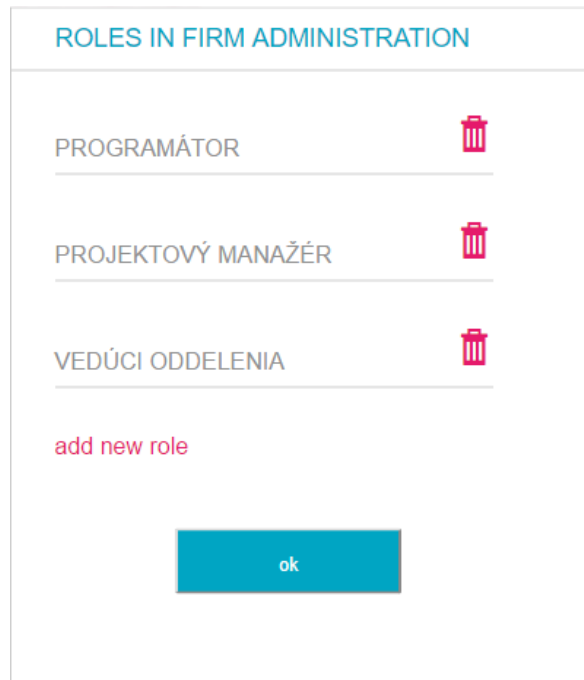
Obr. 3.28: Správa rolí pre konkrétneho používateľa



Obr. 3.29: Vymazanie používateľa priamo z tabuľky

Správa rolí vo firme

Firma musí mať vo svojej štruktúre také role, ktoré používa vo svojich procesoch. Preto sa pri priradení procesu do firmy nahrávajú do firmy roly, ktoré sú v procese využívané (viď. 3.3.2). Okrem toho sa však dajú vo firme vytvoriť role pred tým ako sa k nemu priradia procesy. Na to slúži administrácia rolí vo firme. Do firmy je tak možné pridať nové role, prípadne odstrániť staré. Pri odstraňovaní rolí sa najprv skontrolujú v databáze, či firma nepoužíva danú rolu v niektorej z jej procesov.



Obr. 3.30: Administrácia rolí vo firme

Priradenie rolí do firmy je možné aj za pomoci xml- súboru v podobnej štruktúre:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<document>
  <roles>
    <role>
      <name>názov role 1</name>
    </role>
    <role>
      <name>názov role 2</name>
    </role>
  </roles>
</document>
```

3.3.2 Ukladanie rolí a referencií k Petriho sieti

Dôležitou časťou serverovej časti rolí je uložiť výstup z *editora rolí*. Celý proces prebieha v nasledovných fázach :

1. vytvorenie a priradenie rolí (v editore)
2. po tom ako používateľ odošle požiadavku na uloženie do databázy, sa odošle na server XML súbor spolu s ID procesom a ID firmy z databázy
3. na serveri sa najprv vymažú staré dáta (napojenie rolí a referencií na sieť), aby nevznikali problémy pri spätnej úprave
4. do databázy sa pridávajú role
5. pridajú sa do databázy spojenia medzi rolou a prechodmi. Uloží sa rola, ktorá môže spustiť prípad a pridajú sa referencie ku prechodom,.
6. role použité v sieti sa priradia do firmy, z ktorej sa vykonávalo modelovanie

Štruktúra XML súboru a jeho uloženie do databázy:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<document>
<roles>
  <role> // definovanie role
    <id>0</id>
    <name>programátor</name>
    <start_case>false</start_case> // určuje či môže rola spustiť prechod
    <transitionId>0</transitionId>
    <transitionId>1</transitionId>
    <transitionId>2</transitionId>
  </role>
</roles>
<references>
  <reference> // nulová referencia
    <transitionId>2</transitionId>
    <value>false</value>
  </reference>
  <reference> // referencia na prechod s id 0
    <transitionId>1</transitionId>
    <value>true</value>
  </reference>
  <reference>
    <transitionId>0</transitionId>
    <value>0</value>
  </reference>
</references>
</document>
```

3.3.3 Dátový model

Dátová časť našej aplikácie je implementovaná v databáze MySQL5.1. Na začiatku je potrebné definovať návrh tabuliek pre uloženie rolí a referencii ku konkrétnej sieti. Druhým krokom je návrh databázového modelu, ktorý bude umožňovať konkrétnym používateľom vo firme priradiť rolu. ROLES, TRANSITIONS_X_ROLE, ROLES_START_CASES, REFERENCES, USERS, USERS_X_FIRM, USERS_X_ROLE. Do tabuľky ROLES budeme ukladať role a ich názov. Názov role sme zvolili ako unikátny atribút, kvôli tomu aby bolo uľahčené ukladanie role do databázy. TODOOOOO. V tabuľke TRANSITIONS_X_ROLE sa viažu role na prechody v petriho sieti. Každý prechod bude mať v tejto tabuľke presne určené, ktorá roľa ho môže spustiť. V Tabuľke ROLES_START_CASES priradíme k petriho sieti rolu, ktorá môže spustiť nový prípad. V tabuľke REFERENCES definujeme, či má prechod v sieti referenciu. Atribút value typu boolean v tejto tabuľke definuje, či má prechod referenciu. Ak má referenciu, v atribúte referenced_transition_id sa skontroluje, či obsahuje referenciu na konkrétny prechod. V prípade, že tento atribút nemá hodnotu NULL, odkazuje tento atribút na primárny kľúč referencovaného prechodu. V tabuľke USERS budú uložený jednotliví používatelia, ich prihlasovacie a osobné údaje. V tabuľke USERS_X_FIRM priraďujeme používateľov ku firmám a v tabuľke USERS_X_ROLE priraďujeme používateľom role v jednotlivých firmách. V tejto tabuľke sme zvolili ako primárny kľúč kombináciu cudzích kľúčov odkazujúcich na id používateľa, role a firmy.

3.3.4 Použité technológie

3.4 Overenie riešenia

TODO

Záver

Na záver už len odporúčania k samotnej kapitole Záver v bakalárskej práci podľa smernice : „V závere je potrebné v stručnosti zhrnúť dosiahnuté výsledky vo vzťahu k stanoveným cieľom. Rozsah záveru je minimálne dve strany. Záver ako kapitola sa nečísluje.“

Všimnite si správne písanie slovenských úvodzoviek okolo predchádzajúceho citátu, ktoré sme dosiahli príkazmi `\glqq` a `\grqq`.

Literatúra

- [1] Alfred. *American National Standard for*. Telecommunications, 2000.
- [2] Alfred. *dopln.. toto nie je kniha :D*. dfgd, 2000.
- [3] E. Bell and L. J. La Padula. *dopln. dopln*, 1973.
- [4] Mark. CURPHEY. *Mandatory Access Control*. online, 2002.
- [5] W. DESEL, J. REISIG. *Lectures on Petri nets I: Basic models*. Germany: Universit ät Karlsruhe: Springer, 1998.
- [6] Hartmut Ehrig, Gabriel Juhás, Julia Padberg, and Grzegorz Rozenberg (Eds.). *Unifying Petri Nets: Advances in Petri Nets*. Springer, 2003.
- [7] David F. Ferraiolo, D. Richard Kuhn, and Ramaswamy Chandramouli. *ROLE-BASED ACCESS CONTROL*. Artech Print on Demand; 2 edition, 2007.
- [8] J. Cugini Ferraiolo, D. F. and D. R. Kuh. *Role-Based Access Control (RBAC): Features and Motivations*. dopln, 2151.
- [9] Michael P. Gallaher, Alan C. O'Connor, and Brian Kropp. *The Economic Impact of Role-Based Access Control*. National Institute of Standards and Technology, 2002.
- [10] G. JUHÁS. *Mandatory Access Control*. Bratislava: RT systems s.r.o., 20.
- [11] C.A. REISIG PETRI. *Petri net*. Germany: Universit ät Karlsruhe: Springer, 1998.
- [12] J. H. Saltzer and M. D. Schroeder. *The Protection of Information in Computer Systems*. zmen toto este, 1975.
- [13] R. a kolektív Sandhu. *Role-Based Access Control Models*. IEEE Computer, 1996.
- [14] W. M. Van Der Aalst. *Three good reasons for using a petri-net-based workflow management system*. MIT press., 1996.

- [15] Wil Van Der Aalst and Kees Max Van Hee. *Workflow management: models, methods, and systems*. MIT press., dopln rok.
- [16] W.M.P. van der Aalst. *The Application of Petri Nets to Workflow Management*. Department of Mathematics and Computing Science, Eindhoven University of Technology, 1998.
- [17] Shengli Wu, University of Georgia Amit ShethAffiliated with LSDIS Lab, John Miller, and Zongwei Luo. *Authorisation and Access Control of Application Data in Workflow Systems*, volume 18. Kluwer Academic Publishers, 2002.

Literatúra

- [1] MOLINA H. G. - ULLMAN J. D. - WIDOM J., 2002, Database Systems, Upper Saddle River : Prentice-Hall, 2002, 1119 s., Pearson International edition, 0-13-098043-9