Slovenská technická univerzita v Bratislave

Fakulta informatiky a informačných technológií

Ilkovičova 2, 842 16 Bratislava 4

3D UML

Dokumentácia k inžinierskemu dielu

Tím č. 4

Tím: *Bc. Hana Baranovičová, Bc. Francisc Juraş, Bc. Miroslav Kudláč, Bc. Lukáš Markovič, Bc. et Bc, Martin Melis, Bc. Michal Valovič, Bc. Andrej Železňák*
Vedúci tímu: *Ing. Ivan Polášek, PhD.*
Študijný program: *Informačné systémy/Softvérové inžinierstvo*
Predmet: *Tímový projekt II*
Akademický rok: *2014/2015, letný semester*

Obsah

Zoznam obrázkov

1. Úvod

Jazyk UML je najrozšírenejším a najuznávanejším jazykom pre modelovanie, či už pri analýze, návrhu alebo samotnom vývoji informačných systémov. Jazyk sa postupne stal neoddeliteľnou súčasťou života IT architektov, návrhárov a každého človeka, ktorý pracuje na rozsiahlejšom projekte.

Zobrazenie UML diagramov v 3D priestore sa v súčasnosti bežne nepoužíva, ale v budúcnosti má určite obrovsky potenciál. Zložitosť softvérových systémov každým rokom narastá, s čím je samozrejme spojený aj nárast zložitosti UML diagramov. Pridanie tretieho rozmeru ku štandardným 2D UML diagramov prináša nové možnosti zobrazenia, napríklad na poli viacvrstvových systémov, kde je možné vrstvy systému modelovať priamo prepojenými vrstvami v jazyku 3D UML. Ďalším prínosom sú prehľadnejšie diagramy, či možnosť vizualizácie modelu systému v 3D priestore.

V 3D UML má aj vďaka týmto vlastnostiam široké uplatnenie vo vedeckej a akademickej oblasti, no zároveň má potenciálne komerčné uplatnenie aj v oblasti softvérového inžinierstva, kde by si nástroj podporujúci jazyk 3D UML našiel určite svojich priaznivcov.

Úlohou tohto projektu je vylepšiť doterajší prototyp nástroja umožňujúceho modelovanie prostredníctvom jazyka UML v 3D priestore. Nástroj je v súčasnosti vo fáze vývoja, kde aktuálne podporuje diagram tried a sekvenčný diagram.

Tento dokument slúži ako dokumentácia inžinierskeho diela, ktorého cieľom je implementovať do existujúceho prototypu taktiež diagram aktivít, ktorý by zároveň zahŕňal funkcionalitu fragmentov, ktoré poznáme zo sekvenčných diagramov. V dokumente sa nachádza analýza existujúceho riešenia, analýza UML aktivity diagramov a taktiež rozbor UML fragmentov. Ďalšia časť dokumentu obsahuje samotný návrh architektúry – metamodelu 3D UML diagramu aktivít.

2. Ciele projektu v zimnom semestri

Na projekte 3D UML pracovalo v minulosti už viacero ľudí, ktorí vytvorili dobrý základ a overili technológie na vytváranie ďalších častí tohto modelovacieho nástroja.

Jedným z hlavných cieľov projektu v zimnom semestri je analýza a návrh korektného metamodelu diagramu aktivít pre 3D UML, ktorý by zároveň spĺňal definíciu jazyka UML, no bol by rozšírený o fragmenty, ktoré sa nachádzajú napríklad v sekvenčnom diagrame.

Druhým cieľom zimného semestra je implementácia navrhnutého metamodelu diagramu aktív do existujúceho prototypu. S touto úlohou sa spája aj kompletný refaktoring doteraz implementovaného riešenia, ktoré funguje bez akéhokoľvek metamodelu a implementácia fragmentov do diagramu aktivít.

Nemenej dôležitou úlohou je návrh a implementácia grafického rozhrania prototypu, ktoré bude umožňovať jednoduchú a pohodlnú manipuláciu s diagramom a jeho jednotlivými komponentami, t.j. pridávanie, spájania a úprava komponentov.

Vývoj tohoto prototypu prebieha v programovacom jazyku C++, pričom na grafickú vizualizáciu je využitá knižnica OGRE. Tieto technológie budú využité aj v našom projekte a konzistencia použitých technológií zostane zachovaná.

Nižšie sú prehľadne zhrnuté hlavné ciele projektu pre zimný semester:

- *Návrh metamodelu diagramu aktivít 3D UML obsahujúceho fragmenty*
- *Implementácia metamodelu do existujúceho prototypu*
- *Návrh a implementácia grafického používateľského rozhrania pre diagram aktivít*

3. Ciele projektu v letnom semestri

Po úspešne zvládnutých cieľoch zimného semestra je v letnom semestri dôležité úspešne dokončiť implementáciu dodatočných algoritmov pre efektívne fungovanie diagramu aktivít v prototype 3D-UML.

Hlavným cieľom je dokončiť návrh a implementáciu fragmentu, do diagramu aktivít. S týmto cieľom je spojená úloha implementovať možnosť vpisovanie informácie do jednotlivých uzlov – aktivita a fragment.

Poslednou podstatnou úlohou, súvisiacou so samotným vykresľovaním diagramu je je prispôsobenie algoritmu čiary, pre možnosť výberu spôsobu zalomenia. Vo finálnom prototype diagramu si teda bude môcť používateľ zvoliť, či chce spojiť dva uzly lomenou, alebo priamou čiarou. Súčasťou algoritmu pre vykreslenie čiary bude zároveň aj hľadanie vhodnej cesty – takej, na ktorej sa nenachádzajú žiadne iné elementy.

Základná funkcionalita diagramu bude po vyššie stanovených cieľoch dokončená. Vzhľadom na pohodlné fungovanie nástroja je však vhodné implementovať ja serializáciu diagramu do formátu XMI a spätné načítanie diagramu z tohto formátu.

V rámci výskumnej časti sa náš tím pokúsi následne zobraziť 3D-UML model v reálnom 3D zobrazení. S týmto je spojené rozbehnutie 3D-laboratória na FIIT STU, na ktorom sa tím bude podieľať, pričom laboratórium bude potom využité na zobrazenie a ovládanie prototypu 3D-UML prostredníctvom 3D nástrojov, ako lipmotion, alebo 3D okuliarov.

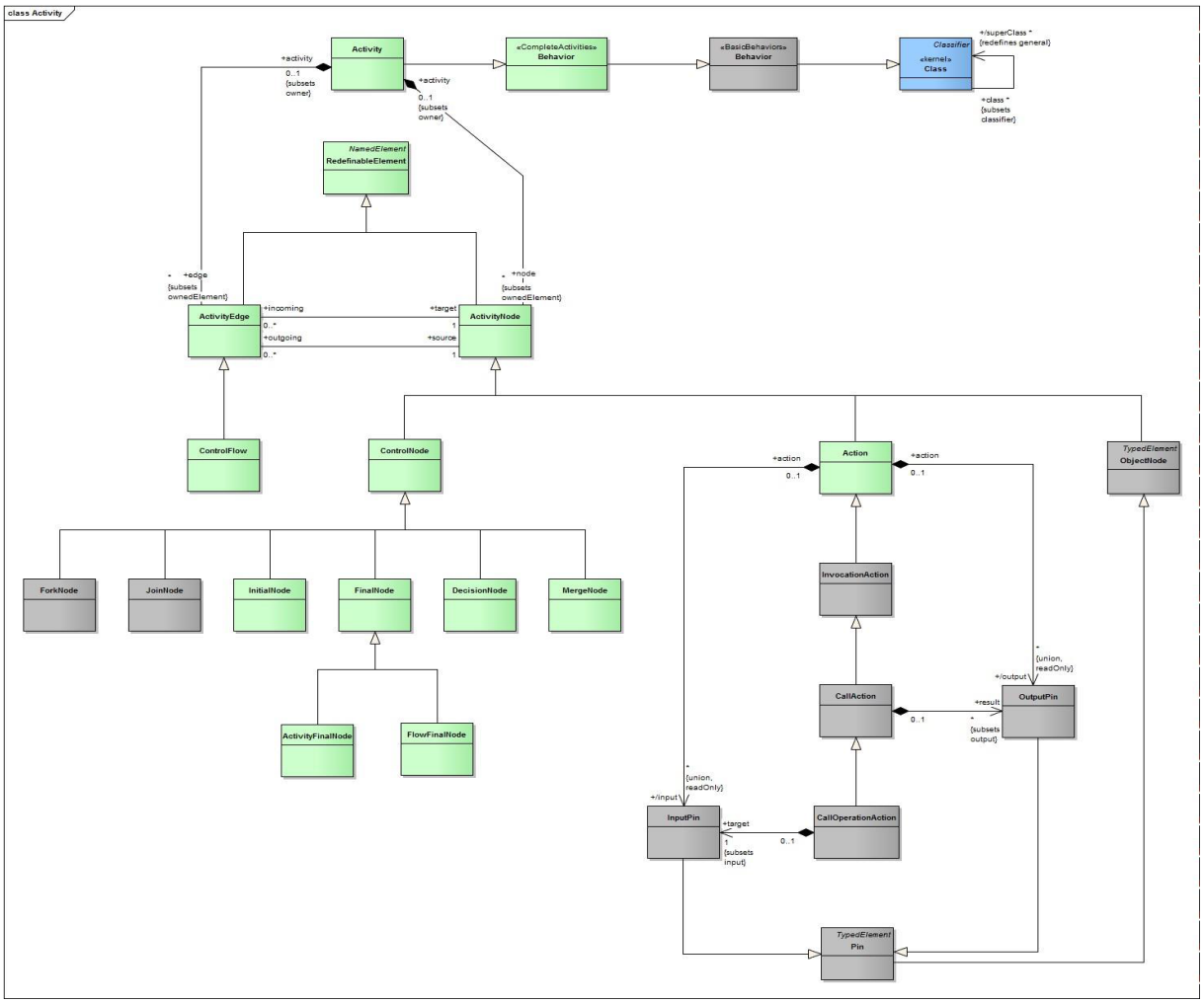
Nižšie sú prehľadne zhrnuté hlavné ciele projektu pre letný semester:

- *Implementácia fragmentu*
- *Implementácia možnosti vpisovania údajov na uzly*
- *Implementácia algoritmu spájania*
- *Serializácia diagramu do XMI a spätné načítanie*
- *Preskúmanie možnosti pre zobrazenie a ovládanie diagramov pomocou 3D technológii*

4. Aktuálny pohľad na systém

Keďže projekt 3D UML obsahuje v súčasnom stave aj diagram aktív, bolo preto nutné urobiť jeho dôkladnú analýzu, ktorá je pre nás kľúčová.

Diagram aktivít, ktorý je aktuálne vytvorený v prototype reprezentuje model aktivít, ilustrovaný na obrázku č. Obr. 1 Diagram modelu aktív. Prvky, ktoré neboli implementované sú znázornené šedou farbou.

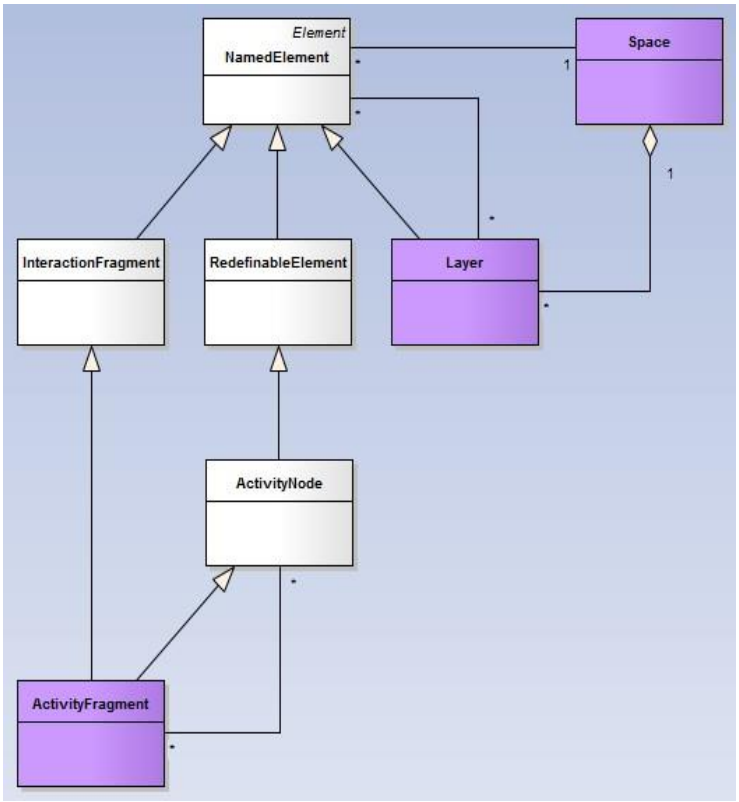


Obr. 1 Diagram modelu aktív

Popis jednotlivých tried diagramu:

Názov triedy	Popis triedy
Behavior <CompleteActivities>	Správanie je špecifikácia toho, ako sa klasifikátor kontextu mení v čase. Reprezentuje možné vykonateľné správanie, alebo ilustráciu zaujímavej podmnožiny možných správaní.
Activity	Aktivita je špecifikácia parametrizovaného správania, ktoré je sekvenciou podriadených prvkov. Týmito podriadenými prvkami sú akcie.
Action	Akcia reprezentuje jeden krok v rámci aktivity. Je to činnosť, ktorá je vykonávaná aktivitami.
ActivityEdge	Hrana aktivity reprezentuje abstraktnú triedu pre prepojenia medzi dvomi uzlami aktivít.
ActivityNode	Uzol aktivity je abstraktná trieda pre body, nachádzajúce sa v toku aktivity, ktoré sú prepojené hranami.
ControlFlow	Riadiaci tok je hrana, ktorá spúšťa uzol aktivity po tom, ako bol predchádzajúci uzol dokončený.
ControlNode	Riadiaci uzol je abstraktný uzol aktivity, ktorý usmerňuje toky v rámci aktivity.
InitialNode	Inicializačný uzol je riadiaci uzol, v ktorom začína tok, keď je vyvolaná aktivita.
FinalNode	Koncový uzol je abstraktný riadiaci uzol, v ktorom sa tok v aktivite zastaví.
DecisionNode	Rozhodovací uzol je riadiaci uzol, ktorý vyberá, ktorým z vychádzajúcich tokov sa bude aktivita ďalej uberať.
MergeNode	Zlučovací uzol je riadiaci uzol, ktorý spája dohromady niekoľko alternatívnych tokov. Tento uzol nie je používaný k synchronizácií paralelných tokov, ale na spájanie alternatívnych tokov.
ActivityFinalNode	Koncový uzol aktivity slúži a zastavenie všetkých tokov v aktivite.
FlowFinalNode	Koncový uzol toku slúži na ukončenie toku.

Vzhľadom na potrebu zobrazovania prvkov diagramu v trojrozmernom priestore a ich zaraďovania do vrstiev, musel byť UML metamodel obohatený o ďalšie triedy. Tieto triedy je možné vidieť na obrázku nižšie (viď obr.29). Zvýraznené sú fialovou farbou.



Obr. 2 Elementy, o ktoré bol metamodel UML doplnený

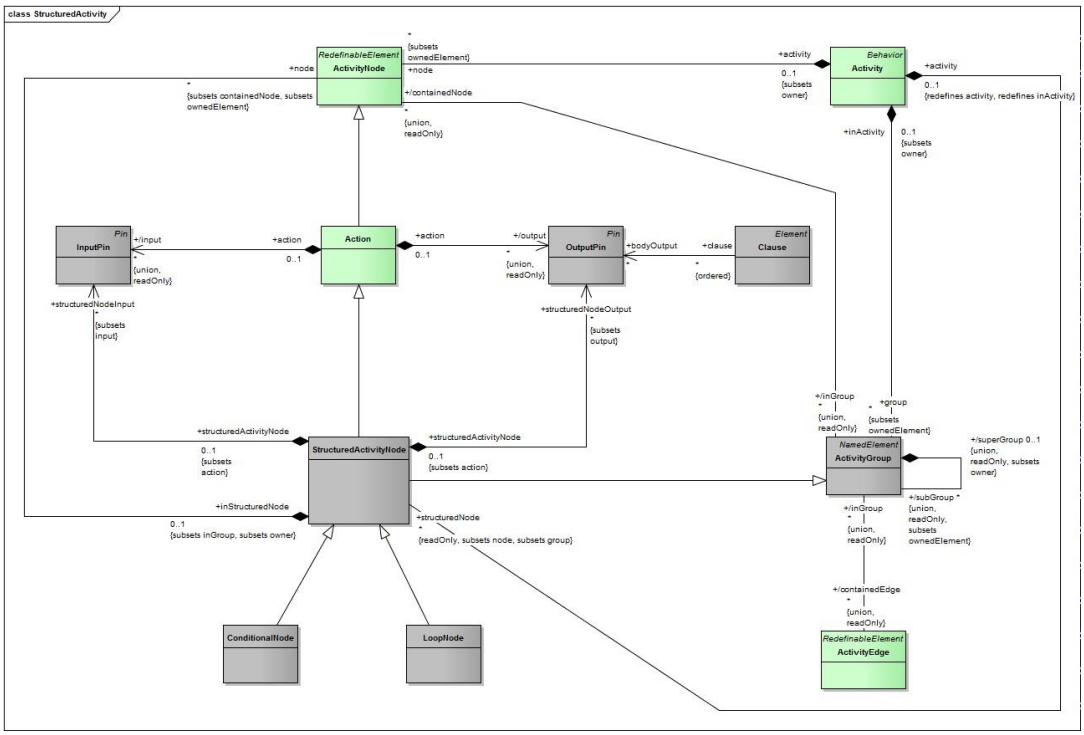
Prvou zložkou, ktorá bola do metamodelu pridaná je samotná vrstva (trieda *Layer*). Tieto sa v prototype využívajú na zobrazovanie zhluku prvkov, ktoré spolu súvisia. Ďalším pridaným prvkom je priestor (trieda *Space*). Tento reprezentuje trojrozmerný priestor, v ktorom sú všetky jednotlivé elementy umiestňované.

Okrem týchto zložiek bola do modelu pridaná trieda *ActivityFragment*. Tento fragment slúži na reprezentáciu fragmentov v diagrame aktivít. Bežné UML diagramy aktivít totiž neumožňujú vytváranie fragmentov.

Dedenie nového fragmentu od triedy *InteractionFragment* je celkom intuitívne, keďže sa jedná o typ fragmentu. Na prvý pohľad nemusí byť zrejmý dôvod, prečo táto trieda dedí tiež od ďalšej triedy – *ActivityNode*. Toto dedenie bolo pridané z praktického dôvodu – umožňuje totiž veľmi jednoduchú integráciu do diagramu aktivít. Vďaka tomuto dedeniu môže byť fragment tiež cieľom alebo zdrojom riadiaceho toku. Tento fragment môže obsahovať rôzne iné uzly aktivít.

4.1. Model štruktúrovaných aktivít

Ďalším diagramom je diagram znázorňujúci model štruktúrovaných aktivít. Tento diagram nie je v prototype implementovaný, môžeme však použiť časti, ktoré sú implementované v modely aktivít a pomocou nich ho implementovať. Tento diagram sa budeme ale snažiť nahradiť fragmentom.



Obr. 3 Diagram modelu pre štruktúrované aktivity

Podrobný opis týchto tried ako aj tried z activity diagramu môžete nájsť v Analýze Activity diagramu[1] a v špecifikácii UML[2].

[1] http://labss2.fiit.stuba.sk/TeamProject/2014/team04is-si/documents/ActivityDiagram.pdf

[2] http://labss2.fiit.stuba.sk/TeamProject/2014/team04is-si/documents/UML25.pdf

5. Analýza

V rámci zimného semestra bol analyzovaný existujúci diagram aktivít klasického 2D UML a taktiež fragmenty zo sekvenčného diagramu. Analýza metamodelu Activity diagramu

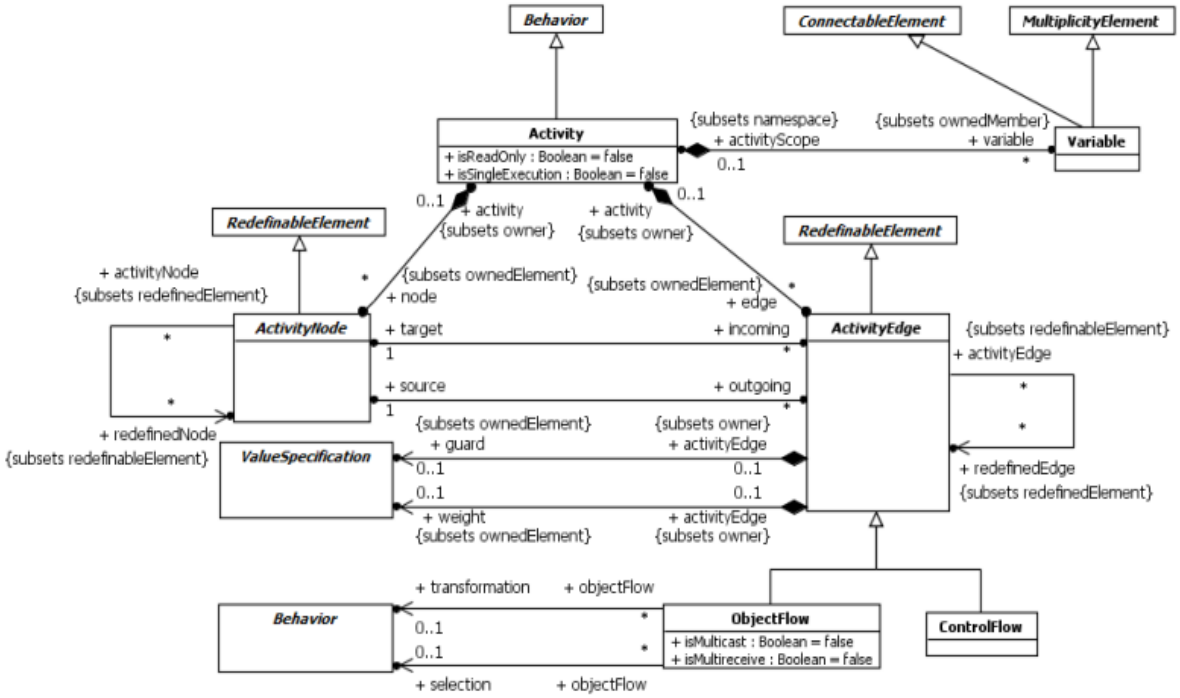
5.1.1. Diagram aktivít

Základným komponentom diagramu aktivít je samotná entita *Activity*, v rámci ktorej modelujeme jej priebeh a tok (pomocou do nej vnorených entít). Každá z aktivít sa podľa metamodelu skladá z 2 základných entít a to hrán (ActivityEdge) a uzlov (ActivityNode).
Uzly delíme do 3 základných skupín:

- Kontrolné uzly (***ControlNodes***), ktoré zabezpečujú vetvenie a riadenie toku
- Objektové uzly (***ObjectNodes***), ktoré definujú manipulované objekty
- Vykonateľné uzly (***ExecutableNodes***), ktoré vykonávajú akciu, resp. manipulujú s objektami

Hrany rozlišujeme:

- Objektovo riadiace (***ObjectFlow***), ktoré znázorňujú pohyb objektov
- Riadiace tok (***ControlFlow***), ktoré znázorňujú logiku toku v diagrame



Obr. 4 Metamodel diagramu aktív

Základným princípom fungovania diagramu aktivít je monitorovanie toku, ktorý je reprezentovaný fingovaným posúvaním Tokenov medzi jednotlivými uzlami. Tokeny môžu byť objektové, teda de-facto reprezentujúce manipulované objekty (vrátane vlastností objektov), alebo kontrolné, ktorých úlohou je ovplyvňovať činnosť uzlov, no nenesú žiadne informácie a pohybujú sa iba po hranách riadiacich tok.

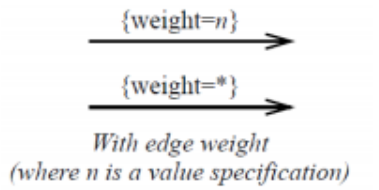
Každá z hrán (ObjectFlow/ControlFlow) môže byť nositeľom podmienky (Guard) v tvare „[need_to_be_met]“, až po ktorej naplnení môže posúvať tok k ďalšiemu z uzlov. Každá z hrán má taktiež vlastnosť *weight*, ktorá špecifikuje minimálny počet tokenov, ktoré musia cez danú hranu paralelne prechádzať. Ak cez danú hranu prechádza menej tokenov, daná hrana ich ďalej neprepustí.

Hrany riadiace tok objektov môžu obsahovať aj 2 základné funkcie a to *transform* a *select.* Transform mení vstupné tokeny na modifikované výstupné pre cieľový ActivityNode. Select aplikuje zvolený filter na vstupné tokeny a len tokeny ktoré prejdú testom, sú následne posunuté cieľovému ActivityNode-u.

Samotný element *Activity* môže podľa metamodelu obsahovať aj premenné, ktoré môžu byť počas vykonávania toku globálne modifikované. Zároveň môže mať aj predpoklady a dôsledky (*pre- and post-condtitions*) pre vykonanie. Aktivita ako behaviorálny element môže mať aj parametre, čo sú vstupné a výstupné štruktúry (reprezentované ako ActivityParameterNodes) očakávané pri inicializácií, resp. finalizácií danej aktivity. Tieto uzly potom posúvajú svoje tokeny ďalej k toku cez hrany. Jednou zo základných funkcií aktivity je funkcia *isSingleExecution()*, ktorá definuje, či počas vykonávania danej aktivity môžu do danej aktivity paralelne vstupovať ďalšie parametrické objekty (teda či môže byť aktivita vyvolaná druhý krát už počas vykonávania, alebo až po vykonaní predchádzajúceho volania).

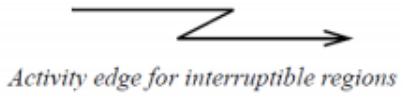
5.1.2. Grafická notácia

Hrany



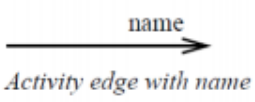
Obr. 5 Hrana s definovanou *weight*

Štandardná notácie pre hranu, ktorá ma definovanú *weight*, teda počet tokenov, ktoré môže prenášať.



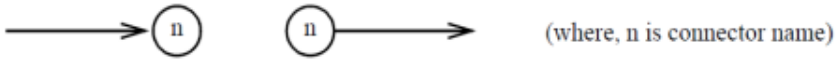
Obr. 6 Hrana vyjadrujúca tok

Hrana vyjadrujúca tok, ktorý sa aktivuje, ak dôjde k nekorektnému ukončeniu akcie.



Obr. 7 Hrana s popisom

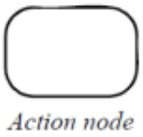
Popis a meno hrany sa píšu nad hranu, môže obsahovať aj podmienku na prepustenie toku (v hranatých zátvorkách)



Obr. 8 Zapís hrany cez konektor

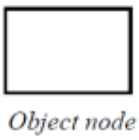
Verzia zápisu hrany cez konektor (len kvôli prehľadnosti)

Uzly



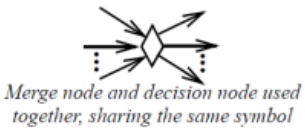
Obr. 9 Uzol akcie

Štandardná akcia. Príklad akcie môže byť *odoslanie zásielky* a pod.



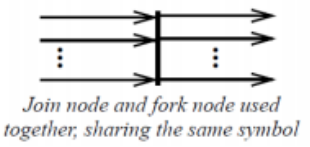
Obr. 10 Uzol objektu

Objekt môže byť reprezentovaný napríklad triedou z Class diagramu, tu bude z pohľadu viacerých vrstiev v 3D UML treba vytvoriť možné prepojenie medzi rôznymi diagramami. Meno objektu môže byť priamo napísané v objekte, zvykne byť podčiarknuté. Do hranatých zátvoriek je potom možné znázorniť stav objektu.



Obr. 11 Decision a Merge

Decision a Merge môžu existovať aj ako skombinovaný objekt podľa obrázka. To či bude objekt fungovať ako Decision, alebo ako Merge je v takomto prípade jasné podľa toho, koľko hrán doňho vstupuje a vystupuje. Merge funguje ako OR, teda prepúšťa tok, ak príde tok z aspoň jednej zo vstupných hrán.



Obr. 12 Fork a Join

Podobne funguje aj Fork/Join. Fork a Join vyjadrujú paralelné vykonávanie tokov. Join prepúšťa tok, až keď doň vstúpia všetky vstupné hrany. Funguje teda ako AND.

Obr. 13 Štart celého toku

Obr. 14 Ukončenie celej aktivity/ukončenie včetkých ost. tokov

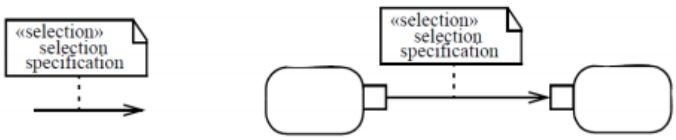
Ukončenie celej aktivity a paralelne aj ukončenie všetkých ostatných tokov.

Obr. 15 Ukončenie danej vetvy toku

Ukončenie danej vetvy toku. Ostatné vetvy pokračujú nezávisle.

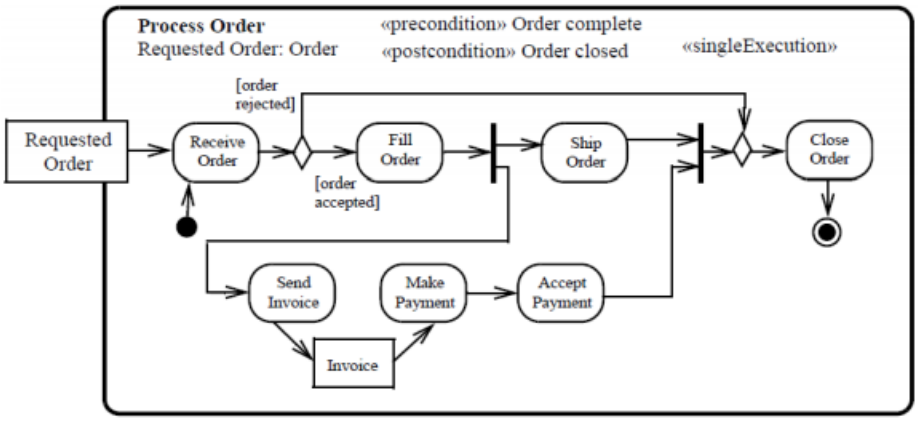
Obr. 16 Konektory (piny)

Konektory (piny) sú iným zápisom pre prepojenie 2 akcií posielaním objektu. Výstupný pin z akcie definuje výstupný objekt a vstupný pin vstupný objekt. Medzi dvoma akciami môže byť vymieňaných aj viac objektov, preto môže byť aj viac paralelných pinových prepojení.



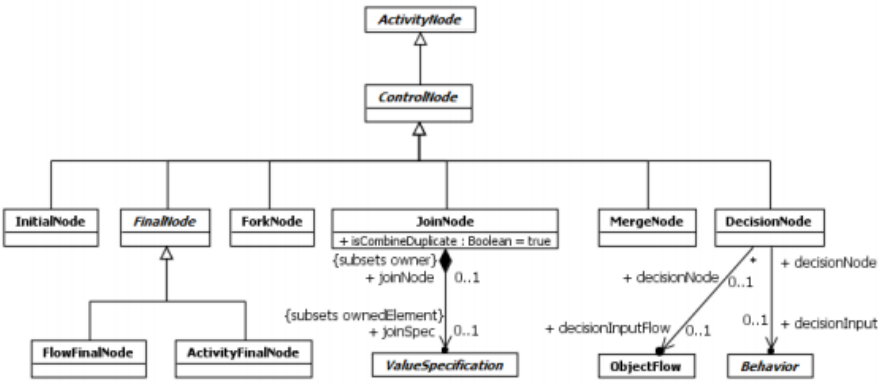
Obr. 17 Anotácia

Popis konkrétnej selekcie, alebo transformácie môže byť zaznamenaný v anotácií v príslušnom stereotype.



Obr. 18 Príklad pre zápis modelovej aktivity

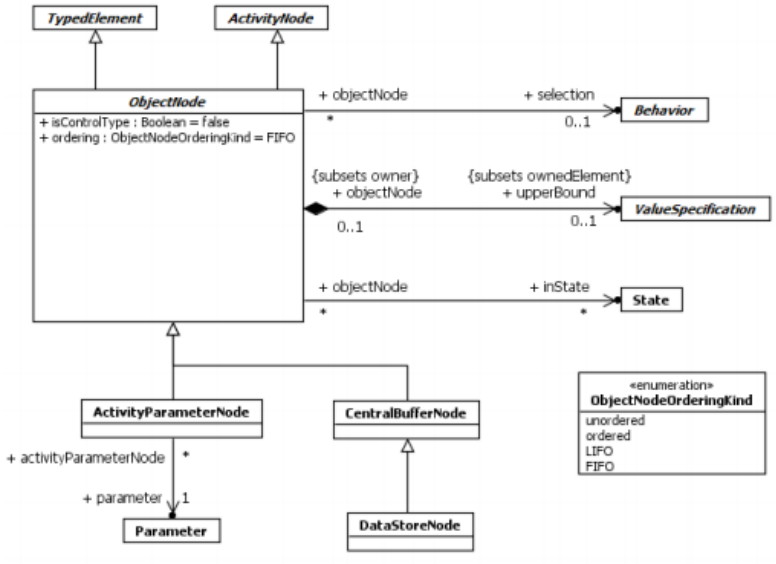
5.1.3. Metamodel kontrolných uzlov



Obr. 19 Metamodel kontrolných uzlov

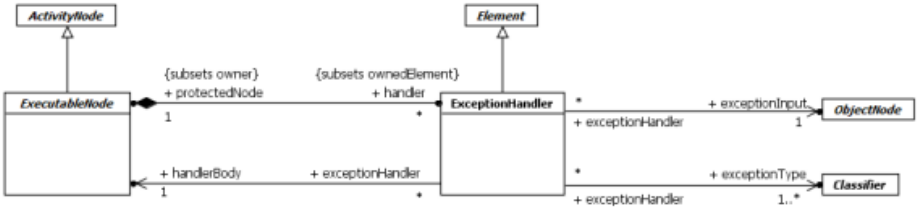
Funkcia isCombinedDuplicate definuje, či ak príde na Join element viacero tokenov s rovnakým obsahom, tak má Join brána posunúť tieto duplikované tokeny ďalej všetky, alebo len 1.

5.1.4. Metamodel objektových uzlov



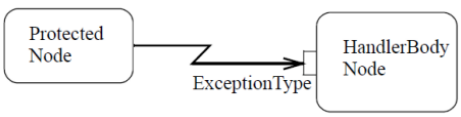
Obr. 20 Metamodel objektových uzlov

5.1.5. Metamodel výkonateľných uzlov



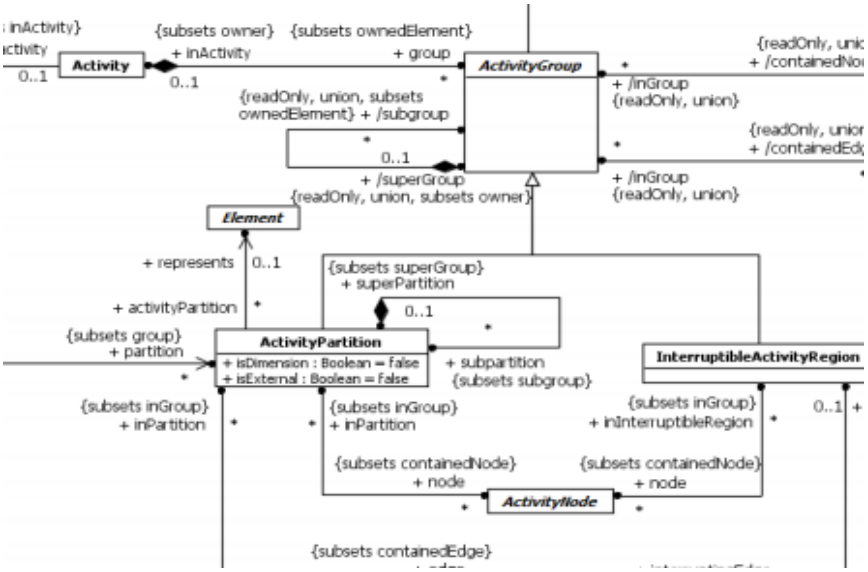
Obr. 21 Metamodel vykonateľných uzlov

Typickým vykonateľným uzlom je akcia. V tele vykonateľného uzla budú zadefinované funkcie ktoré bude vykonávať, pričom ExceptionHandler následne zabezpečuje vykonávanie v prípade ak dôjde k nepredvídanej chybe pri realizácií pôvodnej funkcie (ExecuteNode vyvolá ExceptionHandler).



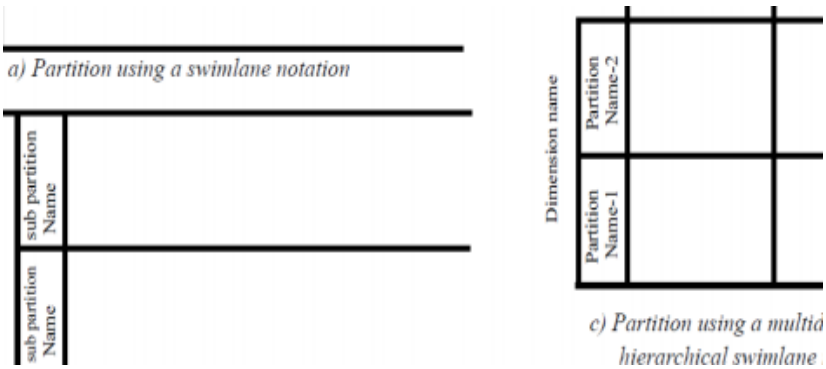
Obr. 22 ExceptionHandler

5.1.6. Metamodel združovacích entít



Obr. 23 Metamodel združovacích entít

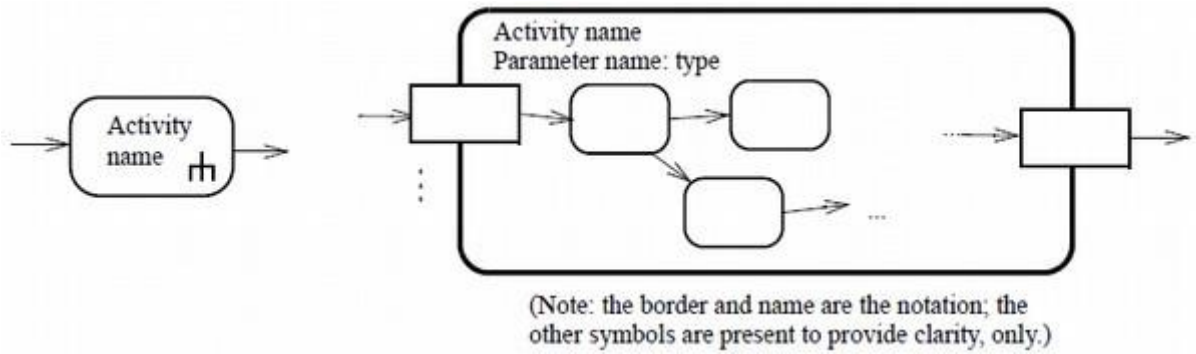
Úlohou združovacích entít (ActivityPartitions) je zoskupovať elementy na základe špecifickej vlastnosti. Vo všeobecnosti obsahujú funkcie isDimension, ktorá ak je nastavená na True hovorí, že daná skupina objektov (Partition) nemôže byť už v rámci danej aktivity vnorená do ďalšej skupiny objektov. Všetky objekty v rámci danej skupiny musia mať priradený spoločný klasifikačný objekt (Classifier). Funkcia isExternal hovorí o objektoch, resp. subpartíciách, ktoré majú v rámci väčšej skupiny priradený iný klasifikačný objekt, no stále sa podieľajú na výkone danej skupiny akcií (ide o výnimku).



Obr. 24 Vyjadrenie ActivityPartition za pomoci notácie plaveckých dráh

Najčastejšou formou vyjadrenia ActivityPartition je využitie notácie plaveckých dráh.

Ďalšou z častí využívaných pri zoskupovaní sú prerušiteľné skupiny aktivít (*interruptable activity regions*)



Obr. 25 Prerušiteľné skupiny aktív

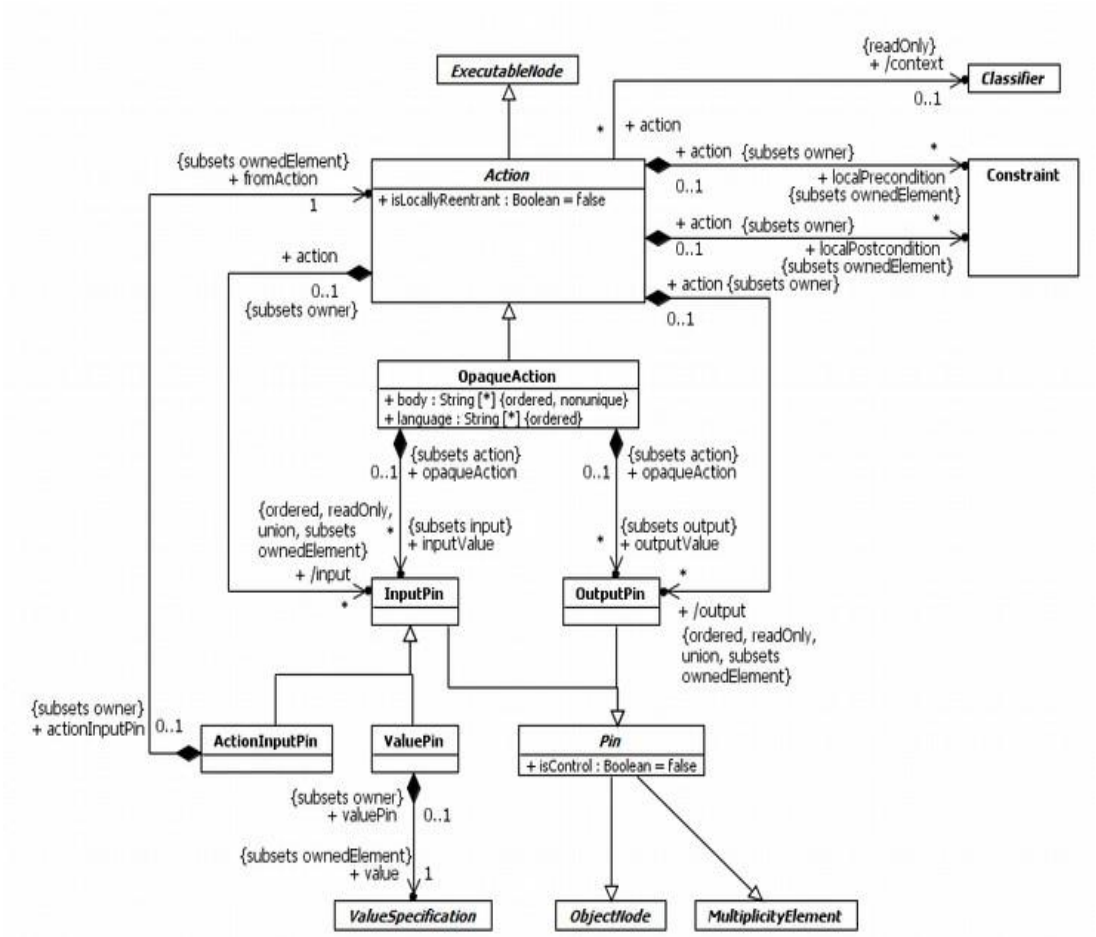
5.1.7. Štruktúra akcie

Akciu môžeme vníma všeobecne ako spúšťač. Najčastejšie akcia spúšťa špecifické správanie sa, alebo funkciu, ktorá je v UML reprezentovaná triedou *Behaviour*. V špecifických prípadoch môže akcia spúšťať aj sled akcií v podobe druhej aktivity, vtedy využívame v notácii piktogram trojzubca.

Akcie vo všeobecnosti delíme na 2 typy:

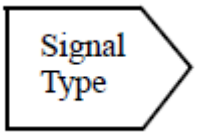
- Akcie ktoré vyvolávajú správanie
- Akcie ktoré preposielajú signály/objekty

Akcie vyvolávajúce správanie môžu vyvolávať priamo objekt reprezentujúci správanie (správanie sa systému), môžu vyslať správu spracúvanému objektu aby vyvolal správanie (systémové), alebo môžu inicializovať priamo správanie sa objektu. Toto budeme realizovať cez overloadig. Volanie môže by synchrónne alebo asynchrónne. Ak je volanie synchrónne, daná akcia bude ukončená až vtedy, keď bude ukončené aj správanie sa, ktoré inicializovala. Parameter isLocallyReentrant definuje, či môže by akcia znovu vyvolaná skôr, než sa ukončilo predošlé volanie a vykonávanie sa.



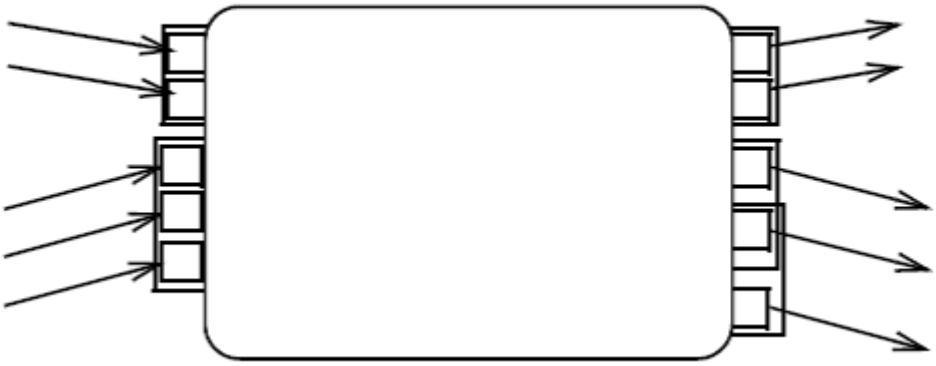
Obr. 26 Štruktúra akcie

Akcie preposielajúce signály môžu vyslať signál na jeden odchodzí pin, môžu vyslať signál na všetky odchodzie piny (broadcast), alebo môžu odoslať na pin špeciálny tip objektu (Ak odošlú objekt typu signál, ide o prvú zo spomenutých možností).



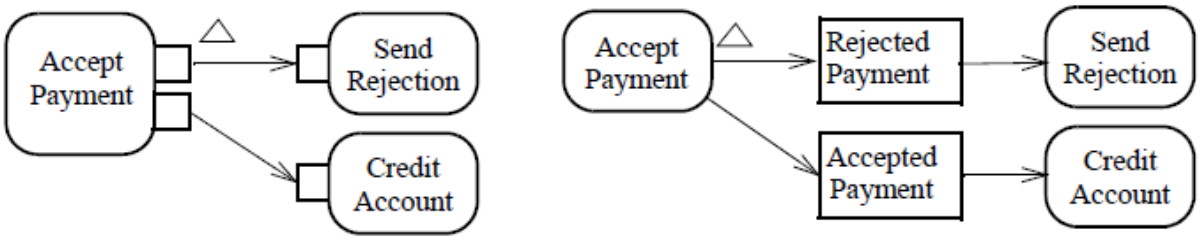
Obr. 27 Notácia znázorňujúca akciu, ktorá vysiela objekt typu signál.

Jednotlivé vstupné a výstupné piny môžu by aj zoskupované do takzvaných parametrických skupín. Parametrická skupina vyjadruje, že akcia bude spustená (nad daným objektom) až po prijatí všetkých objektov patriacich do daného set-u a paralelne, objekty budú vyslané naraz, až keď budú pripravené všetky podľa príslušnosti.



Obr. 28 Parametrická skupina

V prípade, ak prenášaný objekt je výnimkou (exception) reprezentujúcou spustenie alternatívneho toku, tak v notácií využívame and hranou malý trojuholník.



Obr. 29 Príklad využitia malého trojuholníka nad hranou na spustenie alt. toku

Štruktúrované akcie

Štruktúrované akcie presne zodpovedajú fragmentom, ktoré je naším cieľom do modelu zaviesť. Špecifikácia vraví, že nie ej definovaný štandardná notácia pre podmienky, slučky a sekvencie a preto zavedieme notáciu zo sekvenčného diagramu.

Slučka sa ako trieda skladá z 3 základných častí:

- setupPart, kde sa
- test
- bodyPart, ktorý zahŕňa skupinu vykonateľných uzlov.

Pri vstupe do slučky sú automaticky povolené všetky inicializačné uzly (InitialNodes). Vykonateľné uzly sú povolené len v prípade, že sa povolí vstup do bodyPart.

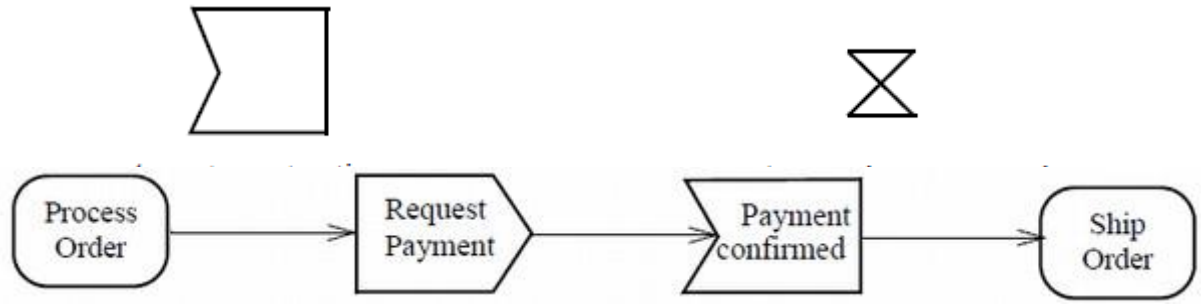
setupPart je prediteračná fáza. Po nej môže nastať priamo fáza bodyPart, alebo test a to podľa toho, či je nastavené isTestFirst. Pri jednotlivých iteráciách si slučka posúva dáta pomocou objektov na jednotlivých pinoch (loopVariable outpu pins, bodyOutput output pins, result output pins). Začiatok vykonávania slučky je zabezpečený presunov tokenov z loopVariableInput pinov na loopVariable outpu piny.

Podmienka (ConditionalNode) sa skladá z viac klauzúl, ktoré, reprezentujú jednotlivé vetvy toku. Každá z klauzúl sa skladá zo sekcie bodyPart a test a funguje podobne ako pri slučke.

Niekedy je vhodné, aby dáta spracované v slučke, alebo inej štruktúrovanej akcií boli izolované a nedošlo tak k ich modifikácia z externého toku. Na to slúži značka mustIsolate.

Akcie schvaľujúce udalosti

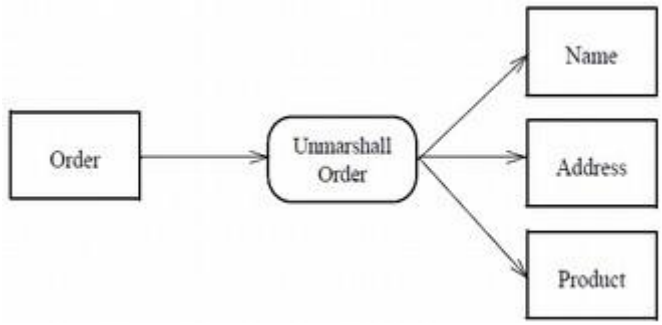
Takéto akcie vnímame ako spúšťače (Triggers) jedného, alebo viacerých udalostí. Nie sú to, ale akcie ako také, sú to len prvky, ktoré vyčkávajú na vykonanie istej udalosti, resp. prijatí signálu a až následne spustia ďalšiu akciu. Sled akcií ktoré tieto spúšťače sledujú sa nachádza v tzv. Event poole.



Obr. 30 Priklad akcie odoslania zásielky

Presýpacie hodiny znázorňujú časový spúšťač. Príkladom môže by odoslanie zásielky každý mesiac. Časový údaj sa k entite pripisuje ako text. Akcie schvaľujúce udalosti nemusia mať do seba primárne vchádzajúci kontrolný tok, v prípade, ak je ich spustenie inicializované napríklad udalosťou externou k danej aktivite.

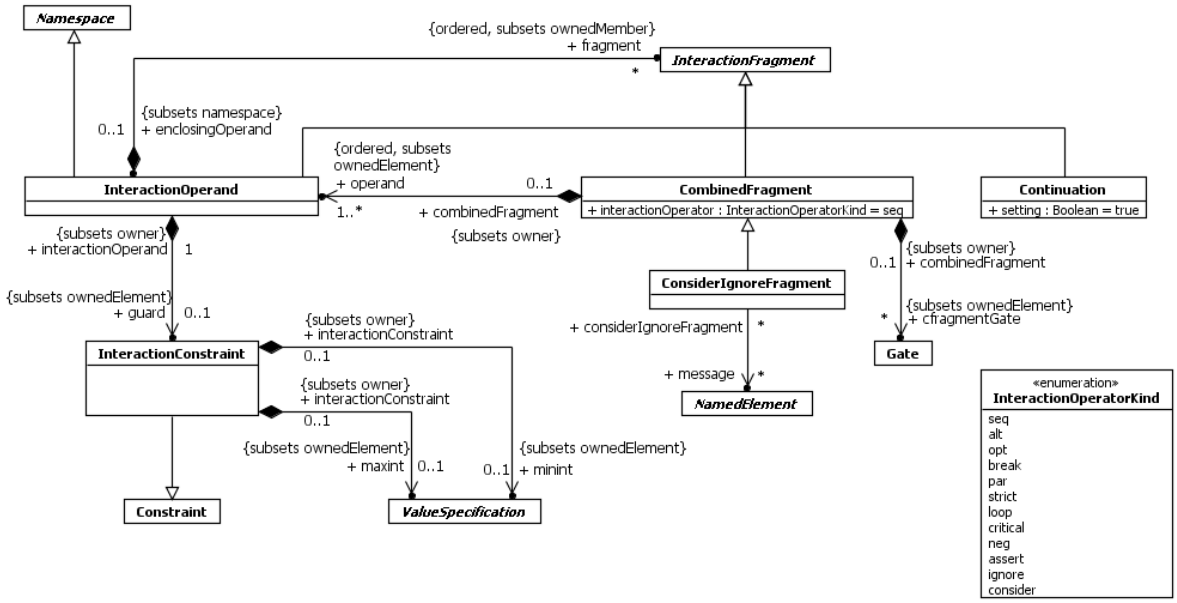
Špecifické postavenie majú tzv. rozkladné akcie (unmarshall actions), ktorých úlohou je z prichodeného objektu vyparsovať špecifické dáta a podľa nastavených kritérií ich následne postúpiť na odchodzie objekty.



Obr. 31 Rozkladná akcia

5.2. Analýza metamodelu fragmentov

5.2.1. Abstraktná syntax



Obr. 32 Metamodel fragmentu

Interakčný operand:

Predstavuje oblasť vyhradenú Kombinovaným fragmentom. Aby bol operand vykonaný, musí mať pravdivé ohraničenie. Ak ohraničenie nie je definované, automaticky sa berie, ako pravdivé.

Interakčné ohraničenie:

Používajú sa v kombinácií s kombinovanými fragmentami.

Kombinovaný fragment:

Sémantika je závislá na interakčnom operátore. Prvok „Gate“ reprezentuje syntaktické rozhranie medzi kombinovaným fragmentom a jeho okolím.

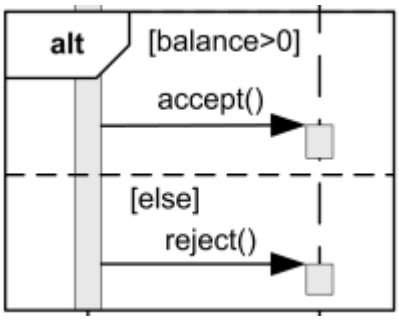
5.2.2. Kombinované fragmenty

Kombinované fragmenty sú fragmenty, ktoré definujú výraz, na základe interakčných fragmentov. Kombinačné fragmenty sú definované pomocou interakčného operátora a interakčných operandov.

Medzi interakčne operátory patria:

Alternatives:

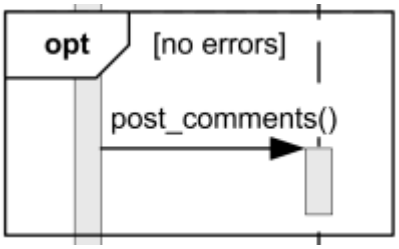
Operátor označuje možnosť výberu medzi viacerými tokmi. Výber operandu závisí na definovanom ohraničení, ktoré musí byť explicitne uvedené



Obr. 33 Príklad alternatívy

Option:

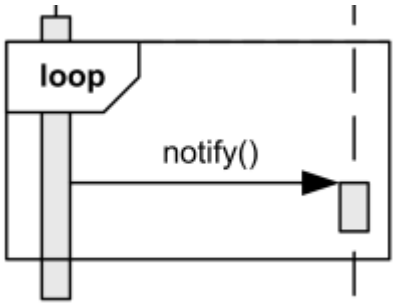
Operátor označuje možnosť, medzi vykonaním operadnu, alebo nevykonaním. Rozhodnutie o vykonaní závisí na vyhodnotení ohraničujúcej podmienky, ktorá musí byť explicitne stanovená.



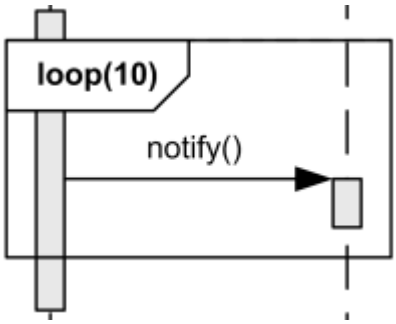
Obr. 34 Príklad možnosti

Loop:

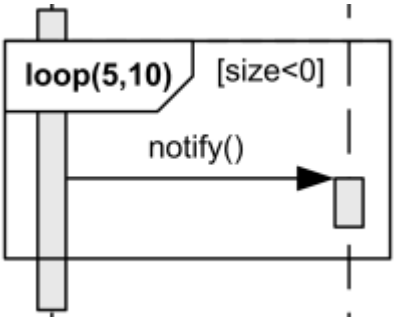
Operand v operátore „loop“ sa vykoná stanovený počet krát. Počet, koľko krát sa operand vykoná závisí na stanovenom ohraničení. V prípade, že ohraničenie nie je stanovené, ide o nekonečný cyklus. V prípade zadanie jednej hranice sa cyklus vykoná presne stanovený počet krát. Je možné taktiež zadať hornú aj dolnú hranicu. Okrem toho môže byť uvedené aj ďalšie ohraničenie, ktoré podmieňuje samotné spustenie cyklu.



Obr. 35 Nekonečný cyklus



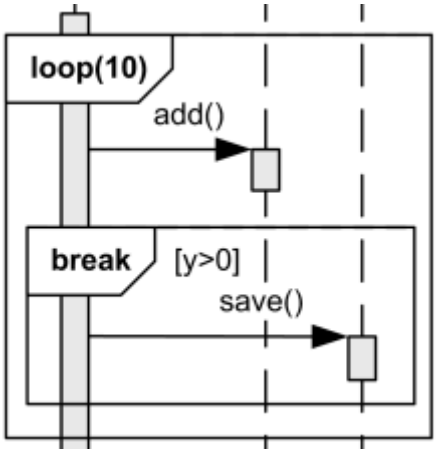
Obr. 36 Cyklus opakujúci sa 10-krát



Obr. 37 Cyklus s minimálnym a maximálnym ohraničením

Break:

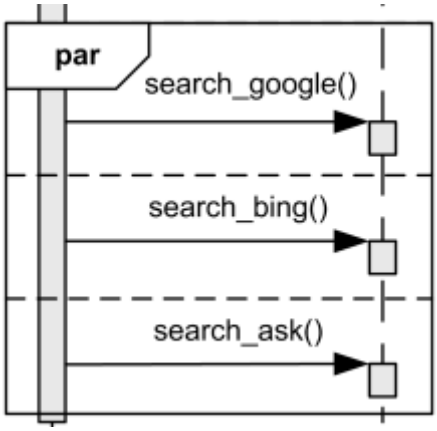
Operátor sa používa na ukončenie fragmentu, do ktorého je vnorený. Ukončenie nastáva, ak je stanovené ohraničenie splnené. V prípade, že podmienka nie je uvedené ide o nedeterministické správanie.



Obr. 38 Príklad ukončenia

Parallel:

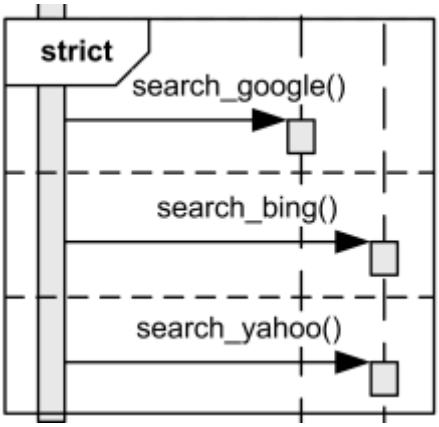
Označuje paralelizmus. Každá časť sa vykoná paralelne s ostatnými časťami operátora.



Obr. 39 Príklad paralelizmu

Strict Sequencing:

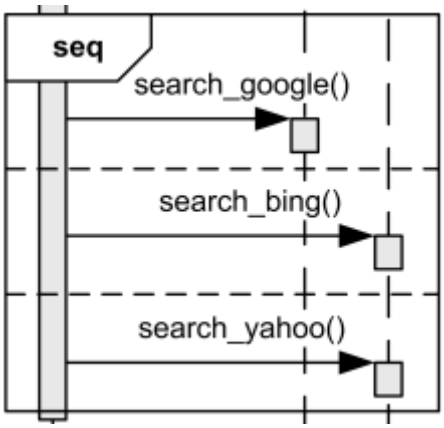
Operátor označuje, že operátory musia byť vykonané v presne stanovenom poradí.



Obr. 40 Prísna sekvencia

Weak Sequencing:

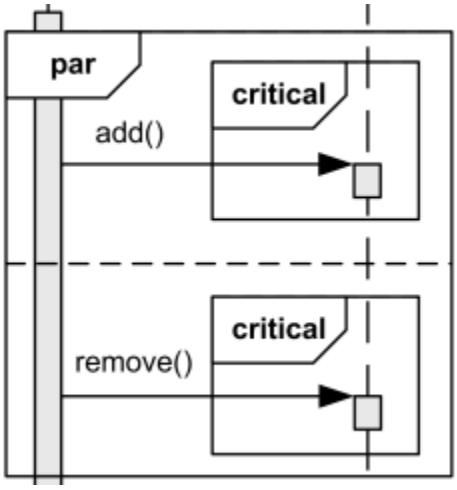
Operátor označuje sekvenciu, ktorá, na rozdiel od predchádzajúceho prípadu, nemusí byť prísne po poradí. Konkrétne to znamená to, že operandy na jednej línii sa musia vykonať v poradí, no na rôznych líniách na poradí nezáleží.



Obr. 41 Príklad sekvencie

Critical Region:

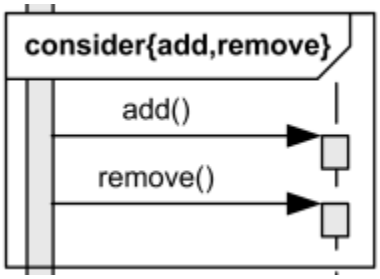
Operand špecifikuje kritický región, ku ktorému je nutné pristupovať atomicky.



Obr. 42 Príklad kritickej oblasti

Consider:

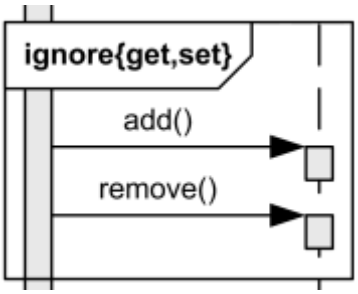
Operátor označuje oblasť, v ktorej musí byť zvážené, ktorá z poskytnutých správ bude zvolená. Zoznam poskytnutých správ na výber sa musí nachádzať v „{}“ zátvorkách. Iba jedna správa bude volaná, ostatné sa ignorujú.



Obr. 43 Príklad zváženia

Ignore:

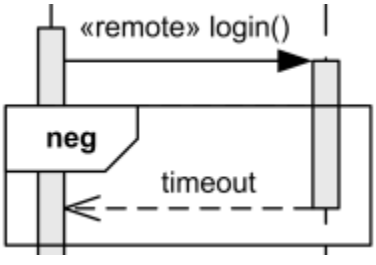
Označuje časti, ktoré nemajú byť zobrazené.



Obr. 44 Príklad ignorovania

Negative:

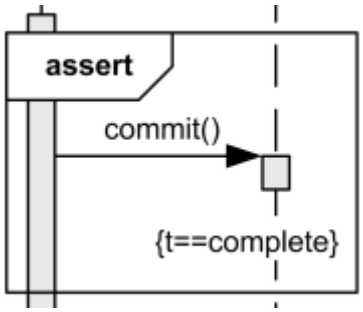
Operátor označuje oblasť, ktorá sa vykonáva v prípade neúspešného volania. Napríklad v prípade pádu systému. Všetky ostatné typy fragmentov sú považované za pozitívne.



Obr. 45 Príklad negative

Assertion:

Operátor označuje oblasť, ktorá musí byť úspešne ukončená pre korektné pokračovanie programu.



Obr. 46 Príklad assertu

5.2.3. Notácia

Interakčný operand:

Interakčné operandy sú od seba oddelené vodorovnou prerušovanou čiarou. Spolu tvoria orámovaný kombinovaný fragment. V sekvenčnom diagrame je poradie operandov dané vertikálnou polohou operandu.

Interakčné ohraničenie:

Interakčné ohraničenie sa uvádza v hranatých zátvorkách. Majú tvar: <interactionconstraint> ::= ‘[‘ (<Boolean-expression> | ‘else‘) ‘]’

Pokiaľ ohraničenie nie je uvedené, predpokladá sa pravdivé tvrdenie.

Kombinovaný fragment:

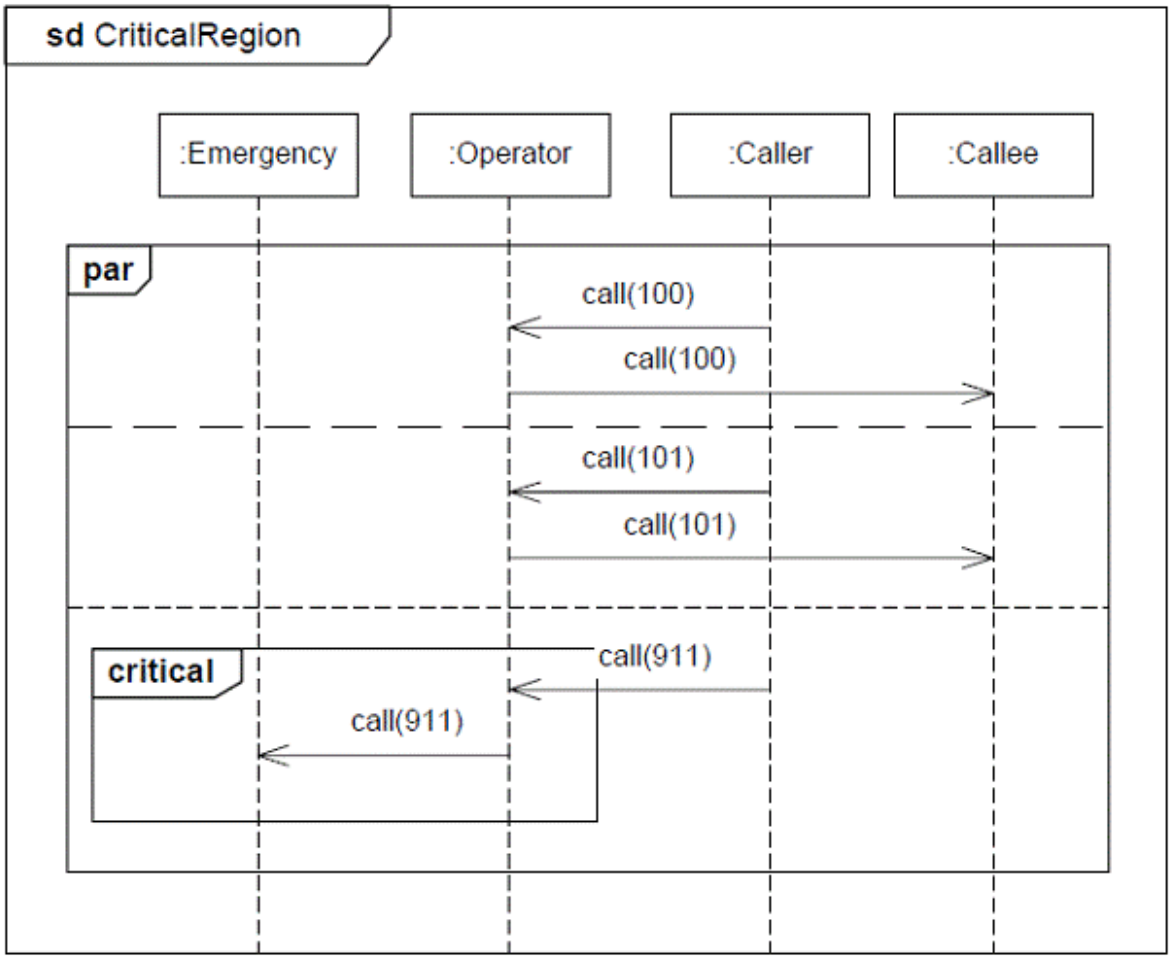
V sekvenčnom diagrame sa uvádza, ako obdĺžnik. Operátor je uvedený v päťuholníku v ľavom hornom rohu.

Consider / Ignore Fragment:

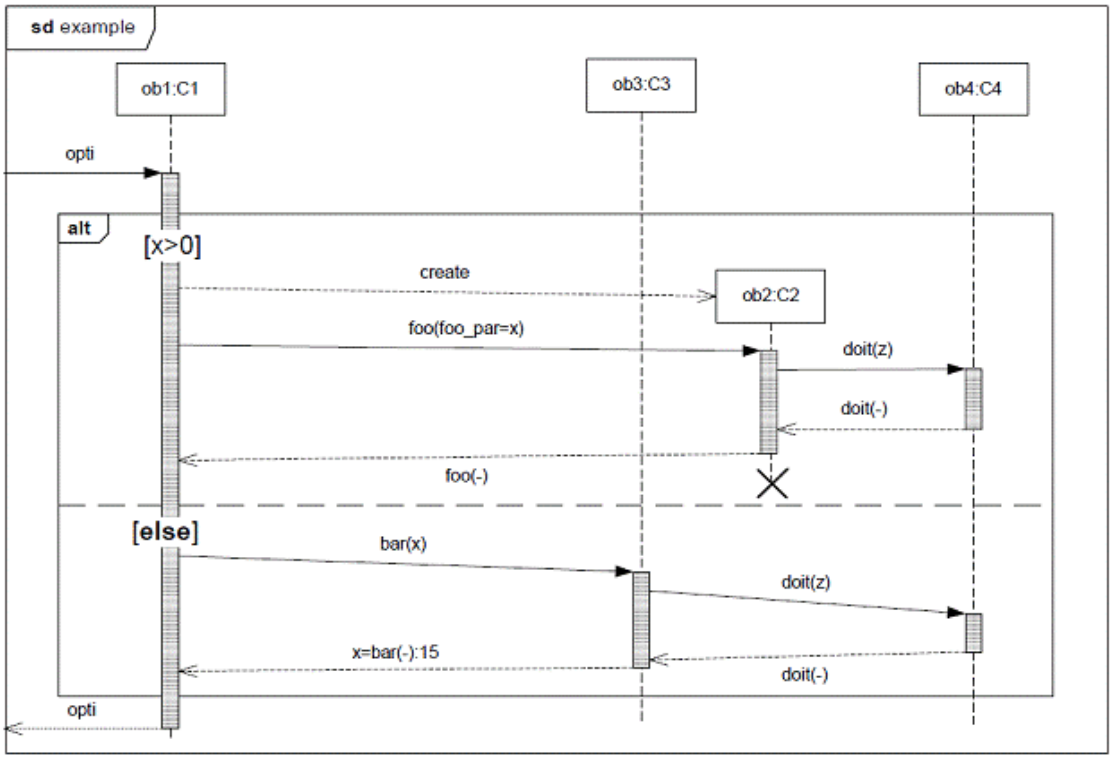
Na rozdiel od ostatných kombinovaných fragmentov sa za operátorom ešte uvádza zoznam parametrov uvedený v „{}“.

(‘ignore’ | ‘consider’) ‘{‘ <message-name> [‘,’ <message-name>]* ‘}’

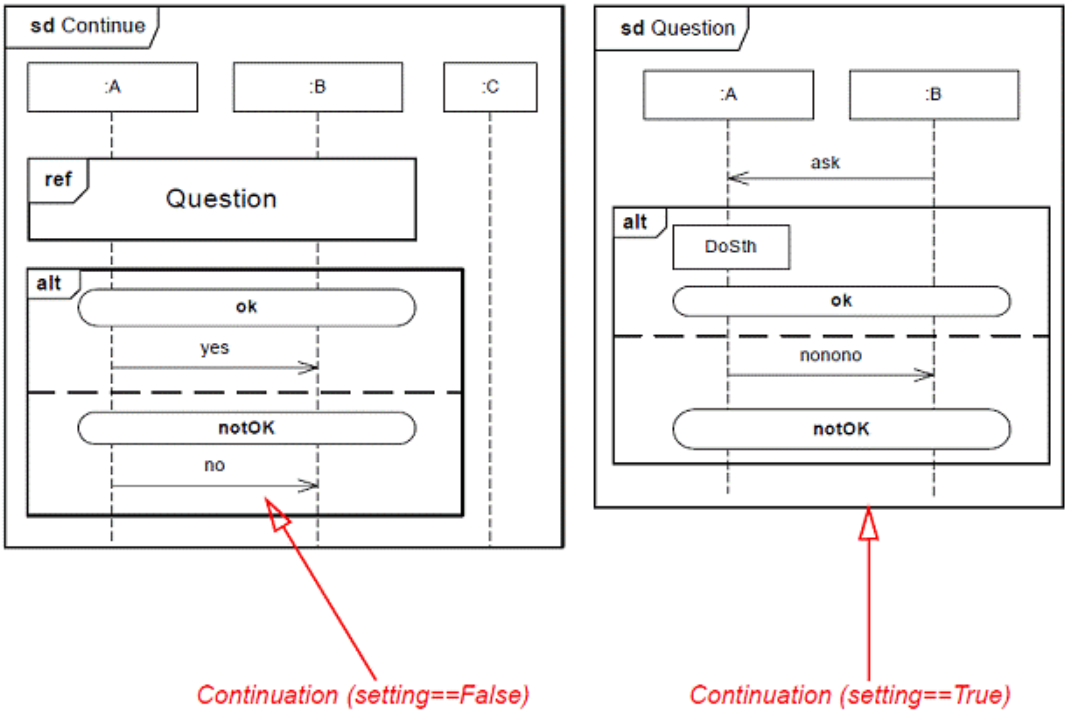
5.2.4. Príklady kombinovaných fragmentov zo špecifikácie UML



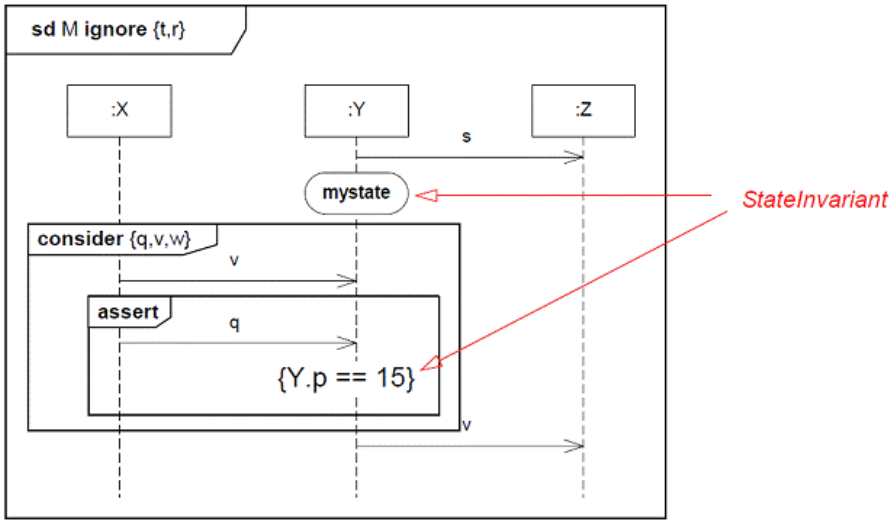
Obr. 47 Príklad kombinovaného fragmentu



Obr. 48 Príklad kombinovaného fragmentu



Obr. 49 Príklad kombinovaného fragmentu



Obr. 50 Príklad kombinovaného fragmentu

5.3. Analýza formátu XMI

XMI - XML Metadata Interchange je formát vytvorený XMill. Súbory XMI sú zvyčajne metadata informácie, ktoré sú komprimované. Zatiaľ čo XML súbory zvyknú byť veľmi veľké, ak používame komprimáciu pomocou XMill do XMI súborov, dostaneme súbory s polovičnou veľkosťou. Tento formát je vhodný pre tímovú prácu na jednotlivých modeloch a umožňuje generovať pozíciu, grafiku objektu a iné entity, ktoré si opíšeme.

Každá XMI Schéma je deklarovaná nasledujúcimi atribútmi:

- *XML verziou - <?XML version=”1.0”?>*
- *Informáciou o kódovacom sete - <?XML version=”1.0” ENCODING=”UCS-2”?>*
- *Inými validnými XML inštrukciami*
- *Schémou XML elementu*
- *Vložením XML elementu pre XMI namespace*
- *Deklaráciou špecifického modelu*

XMI je vlastne definovaný jazykom XML. XML namespaces môžu byť taktiež definované v XMI ako je popísané nižšie. Prvým elementom v XMI štruktúre je XMI Element

alebo XML element korešpondujúci na inštanciu triedy v modeli MOF. XML ktorý obsahuje iba XMI informácie bude mať XMI ako koreňový element dokumentu.

Dalo by sa povedať, že formát sa delí na 2 základné časti *MODEL* a *EXTENSION*. *Model* - predstavuje opis použitých elementov *(<packagedElement xmi:type = "uml:Activity" xmi:id = "EAID_55A26819_4689_4fa8_B57A_ECE06A79BE73" name = "Activity1" visibility="public" isReadOnly="false" isSingleExecution="false"/>)* rovnako sú tam popísane aj hrany – connectors.

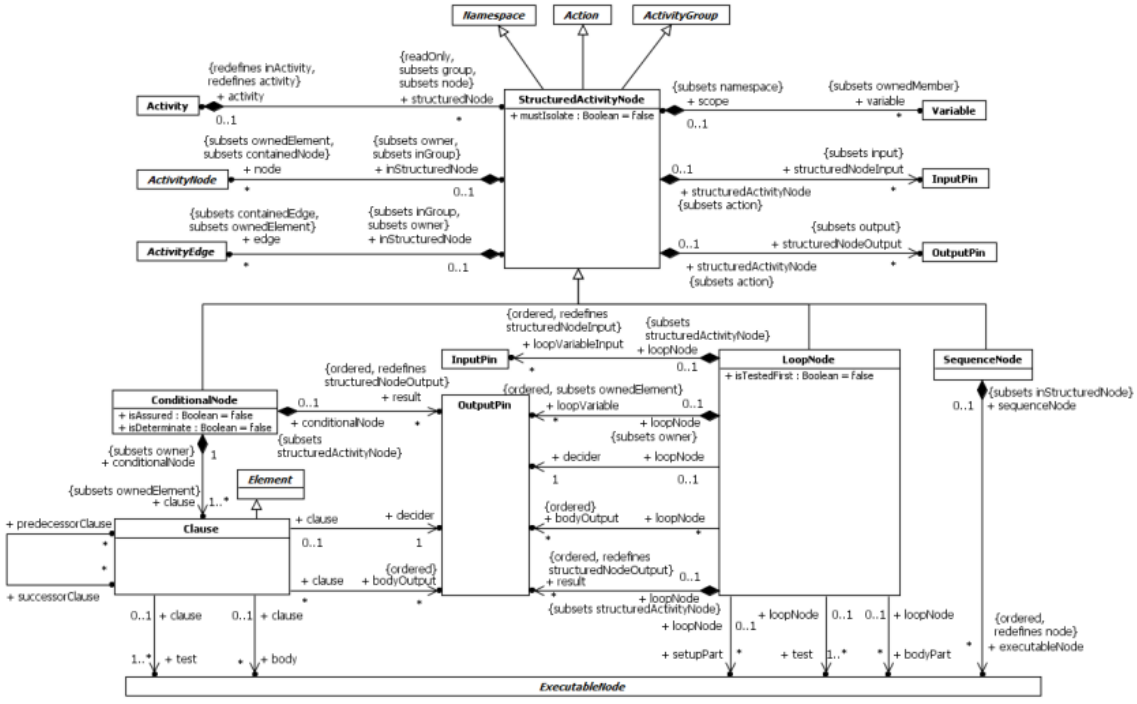
Extension - opis elementov pre daný nástroj, napr. pre EA, táto sekcia by mala obsahovať minimálne 3 časti a to elements (popis elementov ako pri časti MODEL), connectors (source a target) a nakoniec diagrams (popis grafiky a súradníc pre dané elementy).

Formát XMI sa vzhľadom na jeho vlastnosti používa v mnohých nástrojoch na serializáciu modelov. V rámci nášho projektu bude využitý taktiež na serializáciu diagramu pre spätné načítanie.

6. Návrh riešenia

6.1. Prepojenie diagramu aktivít na fragmenty sekvenčného diagram

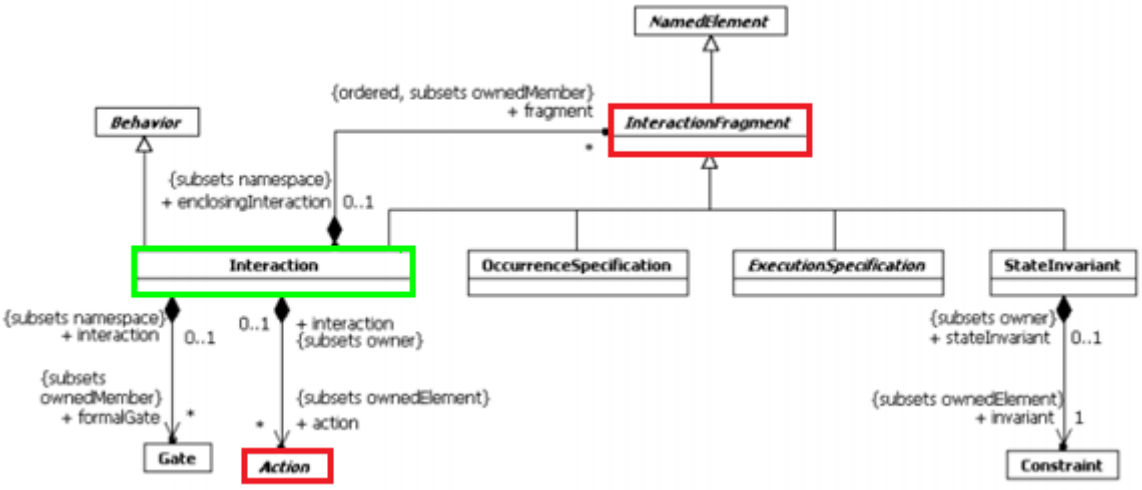
Diagram aktivít je podobne ako sekvenčný diagram, UML diagramom správania sa. Tento diagram samotný už obsahuje podľa špecifikácie štruktúrované entity, ktoré dovoľujú alternatívne vetvenie toku, prípadne tvorbu slučiek, problémom však je, že okrem limitovaného počtu akcií, ktoré nám tieto štruktúrované entity poskytujú, nie je podľa metamodelu takto zabezpečené vnáranie.



Obr. 51 Metamodel sekvenčného diagramu

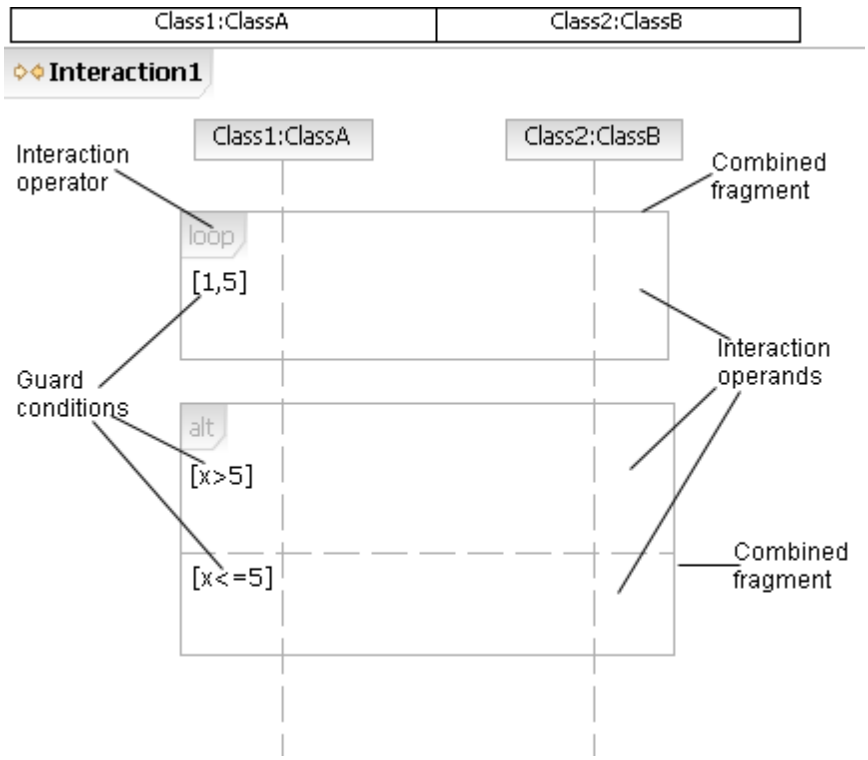
Našou úlohou, keďže chceme zachovať konzistenciu s metamodelom UML, je preto nájsť prepojenie medzi metamodelmi diagramu aktivít a sekvenčným diagramom, konkrétne fragmentami sekvenčného diagramu. Prepájacou entitou, ktorú vieme v tomto prípade identifikovať je entita interakcie. Interakciu vnímame ako špecializáciu triedy správanie

(Behavior), pričom každá z interakcií môže obsahovať n akcií, ale zároveň aj n interakčných fragmentov (toto zabezpečuje to spomínané prepojenie, ktoré hľadáme). Špecializáciou triedy InteractionFragment sú ďalej triedy InteractionOperand a InteractionFragment. Podľa špecifikácie je každý InteractionFragment súčasťou 0-1 InteractionOperandu a každý InteractionOperand je súčasťou z 0-1 CombinedFragmentu.



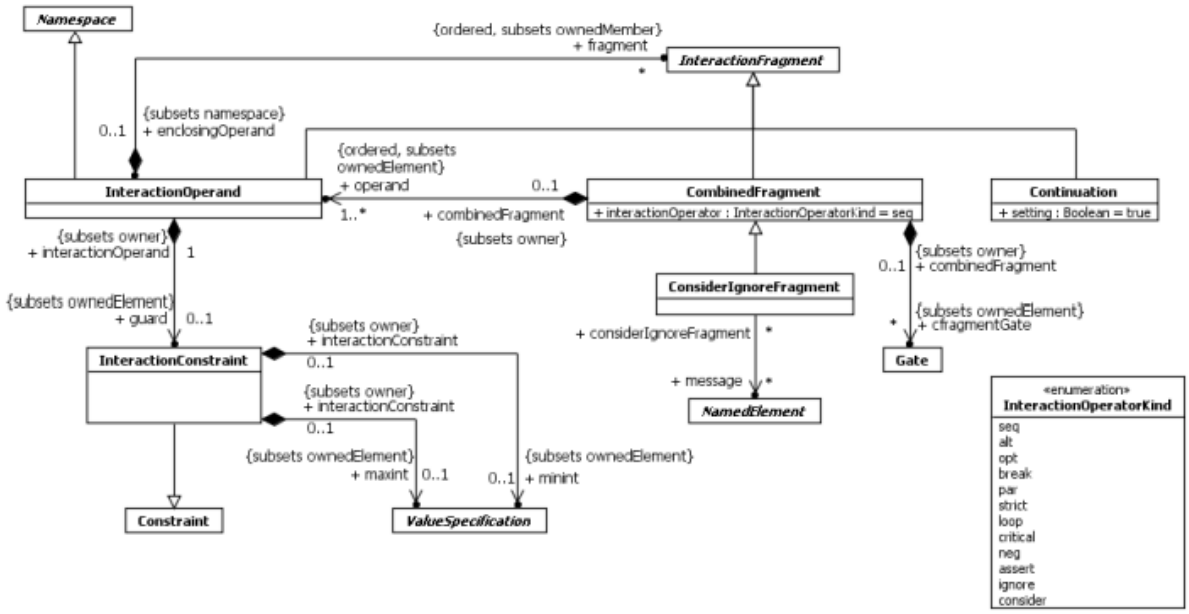
Obr. 52 Identifikovaná entita Interaction na prepojenie metamodelov diagramu aktív a sekvenčného diagramu

Zjednodušene povedané, Interaction fragment vnímame ako región akcií, teda akoby element zoskupujúci akcie, no neobsahujúci žiadnu logiku (nevie urobiť loop, alt,...), táto trieda bude len niesť základné informácie o tom, aké elementy zoskupuje a pod. CombinedFragment je potom element, ktorý od neho dedí a teda ho špecifikuje. CombinedFragment, tiež zoskupuje akcie, no na rozdiel od InteractionFragmentu už zahŕňa aj logiku, pretože obsahuje funkciu interactionOperator (pozri obrázok nižšie pre list možných operácií) a zároveň sa skladá z jedného alebo viac InteractionOperandov, teda entít zahŕňajúcich celý tok akcií v danej vetve.



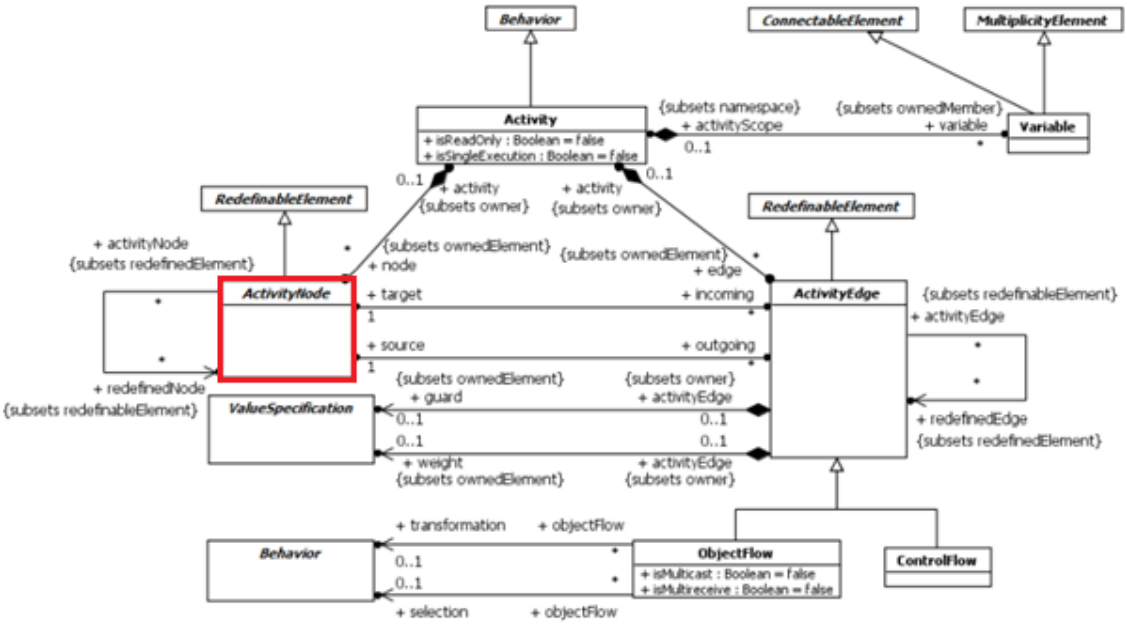
Obr. 53 Combined fragment

InteractionConstraint je trieda reprezentujúca podmienku vykonania, ktorá je priamo súčasťou zodpovedajúceho InteractionOperanda.



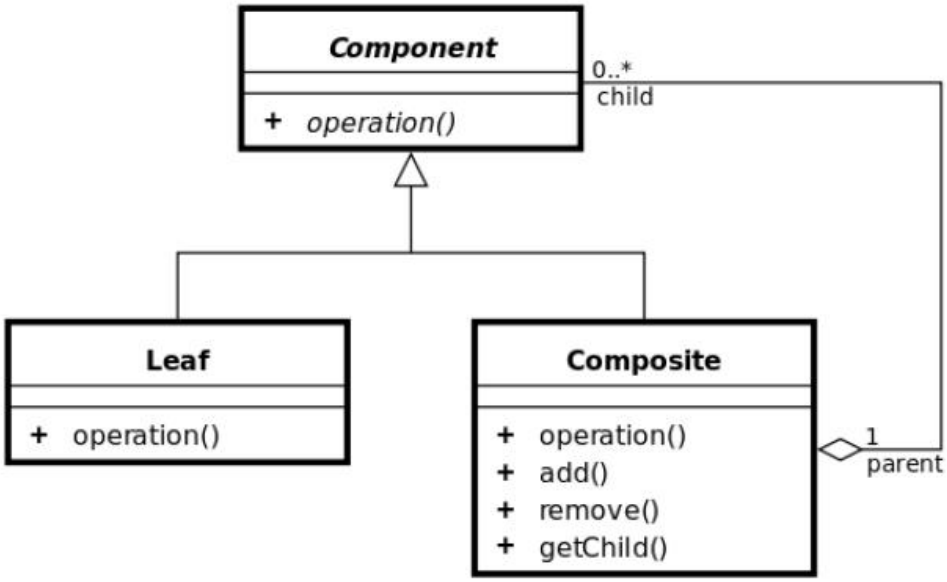
Obr. 54 InteractionOperand

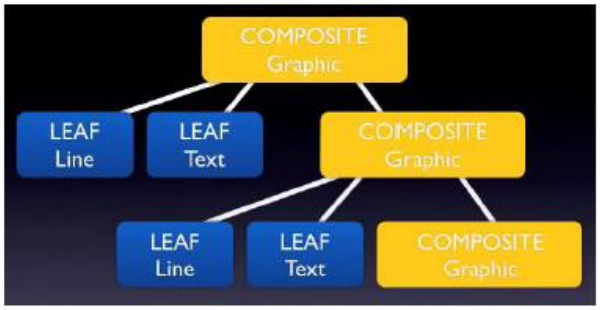
Ak sa pozrieme na metamodel Diagramu aktivít vidíme, že akcia je typu ExecutableNode, čo je podtyp ActivityNode-u. Jeho usporiadanie v rámci diagramu aktivít je nasledovné:



Obr. 55 Metamodel diagramu aktív

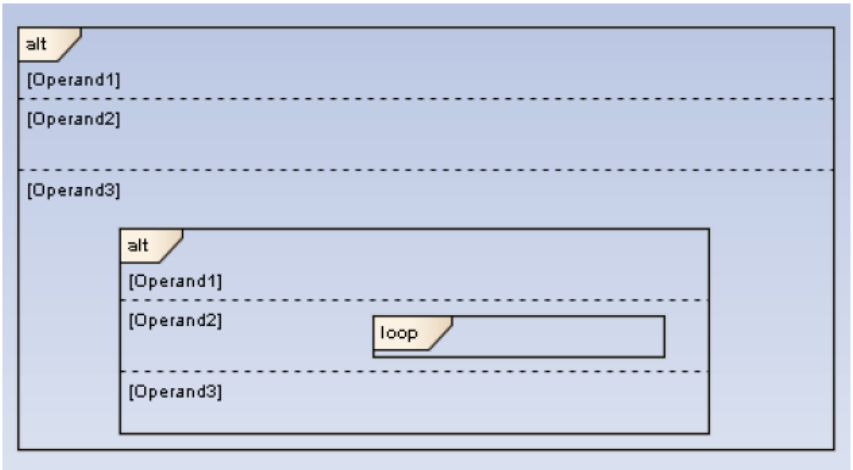
Pri vnáraní sa jednotlivých fragmentov do seba využijeme návrhový vzor Composite. Composite funguje tak, že máme 2 typy uzlov (3, ale reálne 2 ktoré dedia od spoločného nadtypu) a to listový uzol (leaf) a composite uzol, čo je to isté, ako listový uzol, ibaže môže mať ďalších potomkov (v grafovej reprezentácií). Keďže môže mať ďalších potomkov, tak obsahuje aj funkcie na vrátenie zoznamu potomkov, vymazanie konkrétneho potomka a pridanie potomka.





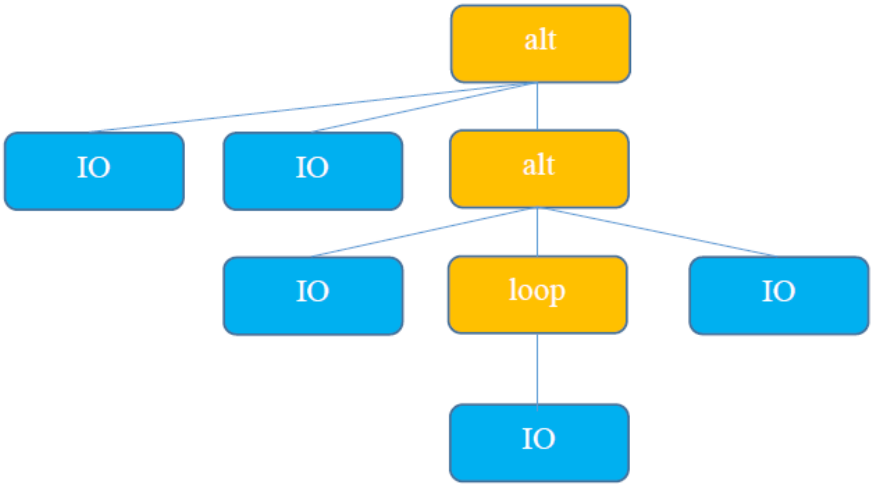
Obr. 56 Využitie návrhového vzoru Composite

V našom prípade bude nadtriedou, od ktorej budeme dediť (Componentom) modifikovaná trieda InteractionFragment, teda najvšeobecnejšie zoskupenie akcií bez špecifických podmienok na vykonanie. Každý InteractionFragment je spojený s triedou Lifeline, ktorá špecifikuje poradie v akom sú vykonávané jednotlivé entity, ktoré do InteractionFragmenta spadajú. Funkcia execute pre vykonávanie v IF iba spustí vykonávanie a tok do náležitých InteractionOperandov, ktorých súčasťou bude IF (resp. spustí tok danej Lifeline). Compositom bude trieda CombinedFragment. V tomto prípade bude funkcia execute prekonávaná podľa toho, aký interactionOperator bude pridaný za parameter. Loop sa bude napríklad vykonávať prirodzene inak ako Alt. Leaf-om, resp. koncovým uzlom bude trieda InteractionOperand. Tu si treba uvedomiť podstatnú vec a to, že ak si užívateľ zvolí, že nakreslí napríklad fragment alt, systém nemôže vedieť, či je to už fragment finálny a v grafe ho môže reprezentovať ako leaf, alebo, či sa do samotného fragmentu (InteractionOperandu) nepokúsi užívateľ vnoriť ďalší fragment. Pridávanie nových leafov, cez Composite náležiaci danej úrovne zabezpečuje sekvenciu po sebe idúcich fragmentov, nezabezpečuje však vnáranie fragmentov. Pre vnáranie sa fragmentov do seba, by mal každý z leaf-ov mať možnosť transformovať sa dodatočne na Composite (metamodelovo je to zabezpečené, pretože InteractionOperand môže obsahovať ďalší CombinedFragment).



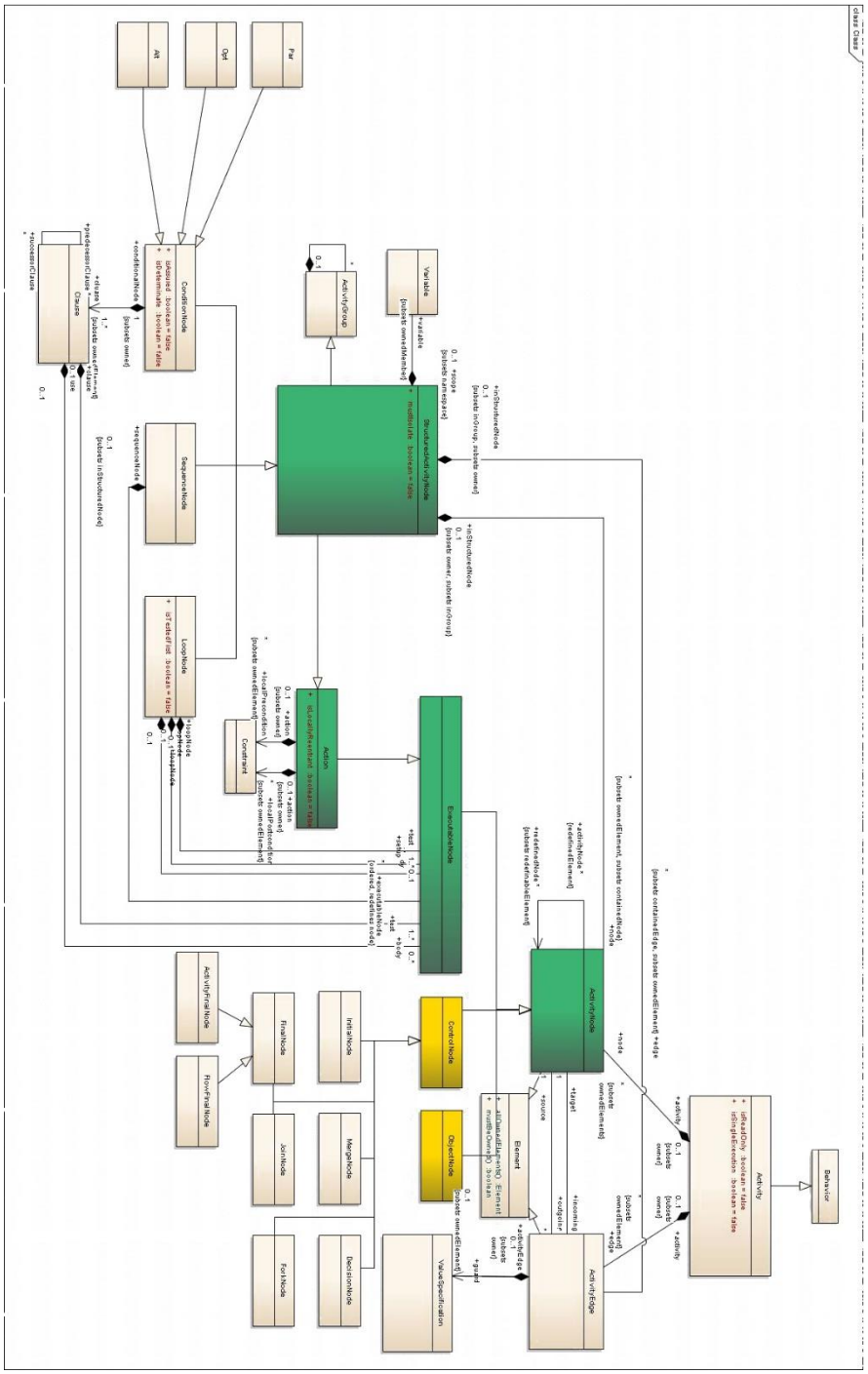
Obr. 57 Fragment Alt

Diagram na hornom obrázku je reprezentovaný grafovou štruktúrou dole. Pri samotnom vykonávaní toku, bude program postupovať tak, že zanalyzuje objekt Composite na najvyššej úrovni (alt) a na základe vstupných parametrov a zvoleného typu execute (ide o alt nie napríklad loop) začne vykonávať akcie v príslušných operandoch. Ak podľa parametra aktivujeme Operand3 tak sa rekurzívne zopakuje proces vnárania. Až po tom, čo bude do vykonávaný posledný zo zvolených fragmentov, bude odoslaný návratový impulz kompozitu o level vyššie etc...Teda inak povedané horný alt sa do vykonáva, až keď dostane správu o do vykonaní vnoreného (teda všetkých vnorených) fragmentov.



Obr. 58 Grafová interpretácia vnorených fragmentov

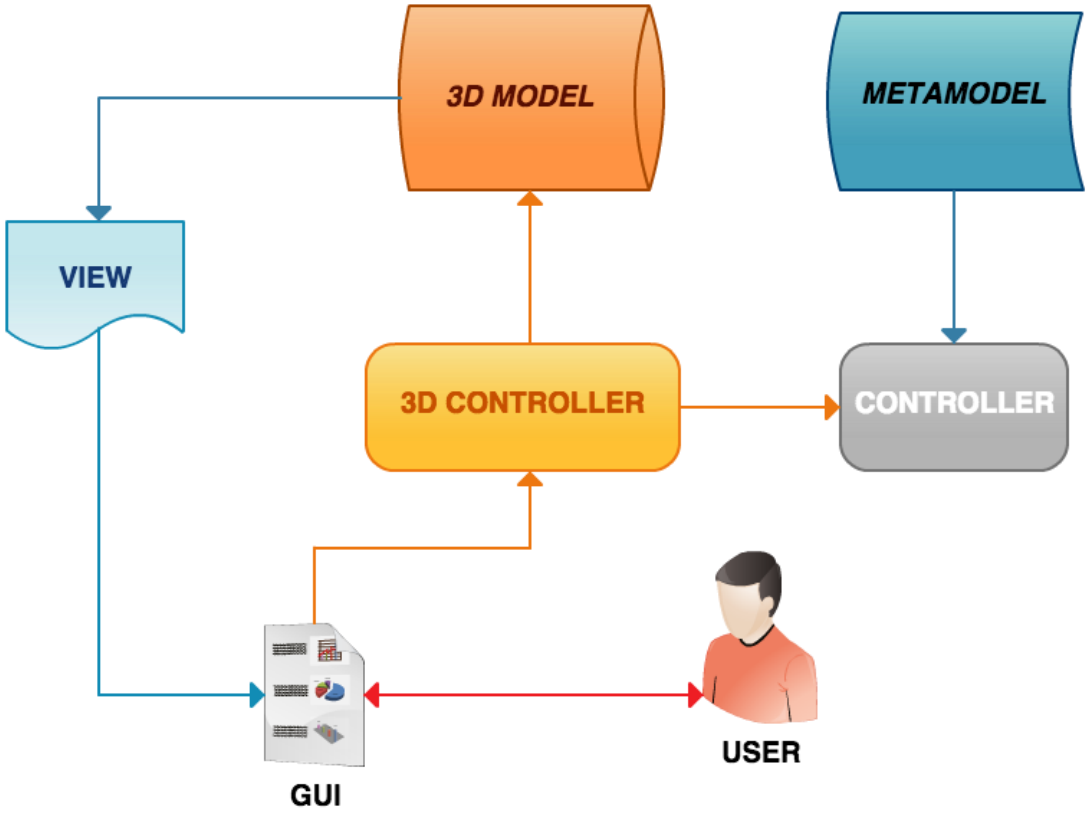
Nižšie uvedený model kompletne popisuje základný model prepojenia fragmentov zo sekvenčného diagramu na akcie diagramu aktivít.



Obr. 59 Návrh metamodelu nášho riešenia

7. Implementácia

7.1. Architektúra systému



Obr. 60 Zvolená architektúra systému

Architektúra nášho prototypu je postavená na návrhovom vzore MVC. Vzhľadom na to, že pracujeme s 3D reprezentáciou UML, no zároveň chceme mať dáta konzistentné aj na

preportovanie do alternatívnych CASE nástrojov ako EA[3], alebo RSA[4], potrebujeme uchovávať 2 typy informácií a to samotnú štruktúru UML diagramu, ktorú budeme evidovať v rámci Model-u a taktiež k nej prislúchajúcu reprezentáciu v rámci 3D. Tieto 3D špecifické údaje budeme uchovávať v rámci 3D modelu. Celkové vykreslenie diagramu vo View tak bude vykonané na základe paralelného zberu z oboch kontajnerov Model-u aj 3D Model-u.

Kvôli takejto logickej separácií je nevyhnutné zriadiť aj 2 separátne typy Controllerov, teda tried modifikujúcich Model (pridávanie entít, aktualizovanie, odoberanie, etc..) Užívateľ komunikuje s nástrojom cez GUI a preto nepotrebuje poznať takúto logickú separáciu. 3D Controller, tak nemusí byť prístupný priamo, ale môžeme ho vnímať ako súčasť samotného Controllera.

Pridávanie ako aj odoberanie elementov môže byť umožnené len na základe istej preddefinovanej šablóny akceptovaných štruktúr ktorá je uložená v Metamodeli. Controller tak vlastne pridáva elementy do Modelu na základe šablóny z Metamodelu.

7.2. Návrh algoritmov

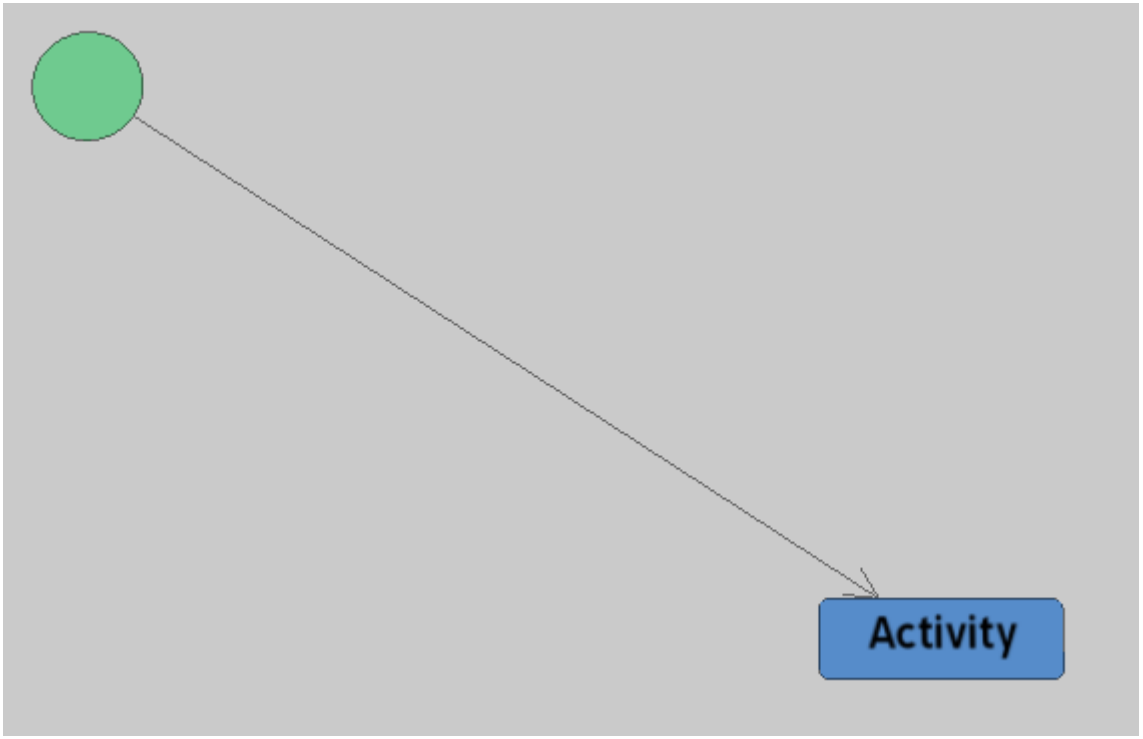
Táto kapitola obsahuje návrh algoritmov, ktoré sú použite v prototype 3D UML. Väčšina algoritmov sa týka grafického rozhrania a zahŕňajú algoritmy na vykreslenie čiary, alebo nájdenie bodov spájania.

[3] http://www.sparxsystems.com.au/
[4] http://www.ibm.com/developerworks/dwbooks/rsavisualmodeling/

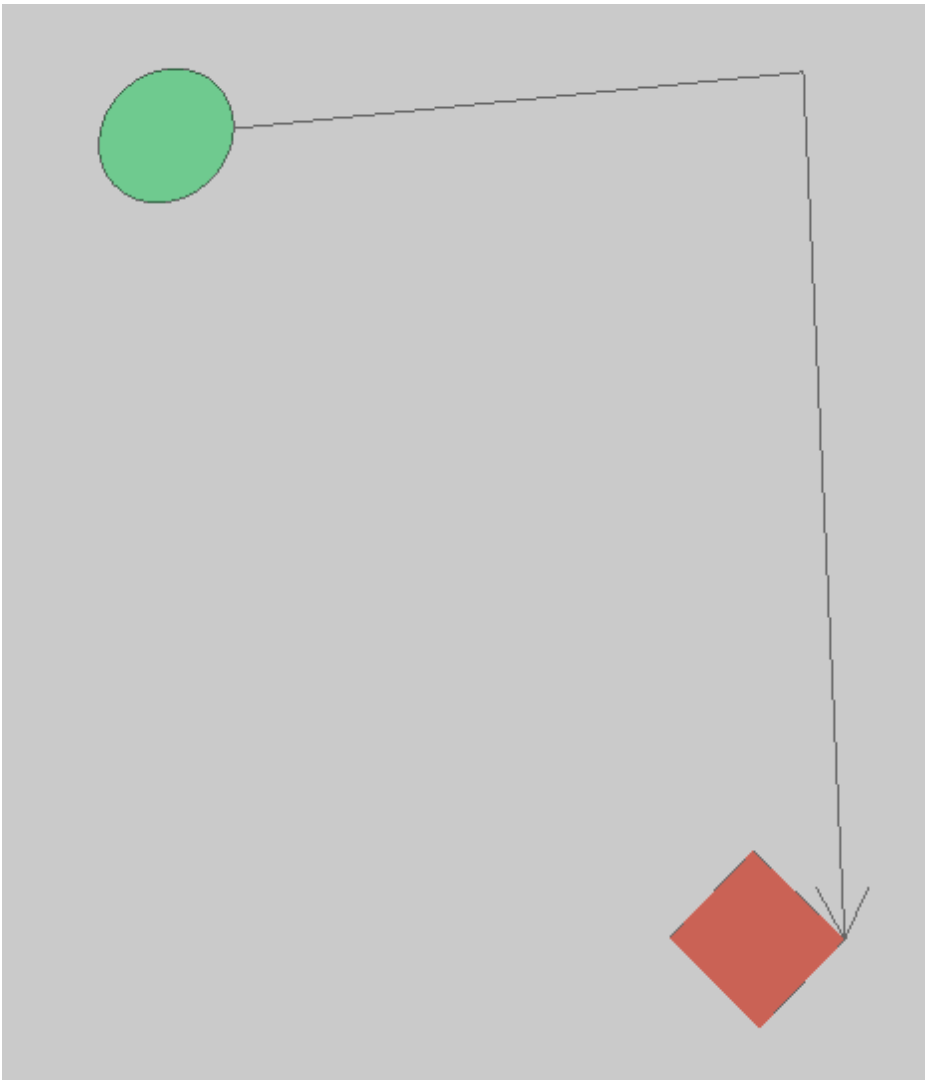
7.2.1. Algoritmus prepojenia elementov

Elementy je možné prepájať dvoma spôsobmi a to:

- *Priamy spôsob* – elementy sú spojené priamou, najkratšou možnou cestou, bež zalomenia čiary (príklad na *Obr. 61*)
- *Lomený spôsob* – čiara je vedená iba v horizontálnom, respektíve vertikálnom smere. V istom bode je zalomená a vedená iným smerom. (príklad na *Obr. 62*)



Obr. 61 Priamy spôsob prepojenia elementov



Obr. 62 Lomený spôsob prepojenia elementov

Zatiaľ čo priamy spôsob je pomerne jednoduchý a priamočiari, lomený spôsob vyžaduje zvolenie najvhodnejšej cesty. Algoritmus funguje na princípe vyrovnávanie x-ovej a y-lonovej osi pri kreslení samotnej čiary. Zároveň však vyberie najvhodnejšiu alternatívu cesty takú, aby sa v ceste nenachádzali iné elementy.

Ak bod A má súradnice $x_a = 50$ a $y_a = 100$ a bod B má súradnice $x_b = 80$ a $y_b = -300$, tak najskôr sa preverí cesta, kde sa vyrovnáva x-ová súradnica. Čiara by mala teda najskôr vodorovný smer. Ak je táto cesta prázdna, čiara sa vykreslí. Ak nie, použije sa cesta, ktorá najskôr vyrovnáva y-ovú súradnicu. V ilustrovanom prípade by prvá možnosť mala tvar: *30b doprava*, 400b dole a druhá *400b dole, 30b doprava.*

Na rozdiel od priameho spojenia čiary je možné elementy spájať iba zo 4 smerov – hore, dole, vpravo, vľavo. Pre toto sú potrebné algoritmy popisované v nasledujúcej kapitole, ktoré nachádzajú zoznamy jednotlivých bodov v stanovenom poradí.

7.2.2. Algoritmus pre nájdenie bodov spájania Merge a Decision bloku

Algoritmus hľadá body spájania, ktoré sú na hrane Decision a Merge bloku. Keďže oba tieto bloky majú rovnakú notáciu, algoritmu je rovnaký. Kosoštvorec, ktorý predstavuje používanú notáciu týchto blokov má štyri vrcholy. Preto existujú štyri body spájania, ktoré sa nachádzajú na vrcholoch kosoštvorca. Keďže objekt je zložený zo štyroch ohraničujúcich čiar, je možné súradnice bodov spájania zistiť prostredníctvom začiatočného a koncového bodu dvoch súbežných z nich

Pseudokód

LIST points
poins.add(POINT(element.line1.startPoint.x, element.line1.startPoint.y))
poins.add(POINT(element.line1.endPoint.x, element.line1.endPoint.y))
poins.add(POINT(element.line3.startPoint.x, element.line3.startPoint.y))
poins.add(POINT(element.line3.endPoint.x, element.line3.endPoint.y))
RETURN points

7.2.3. Algoritmus pre nájdenie bodov spájania Join a Decision bloku

Algoritmus hľadá body spájania, ktoré sú na hrane Join a Fork bloku. Keďže oba tieto bloky majú rovnakú notáciu, algoritmu je rovnaký. Obdĺžnik, ktorý predstavuje štandardnú notáciu týchto blokov bude obsahovať na oboch svojich dlhších stranách po jednom bode, pričom jedna strana bude predstavovať vstup a druhý výstup. Súradnice možno získať tak, že dlhšie strany budú rozdelené na polovicu, pričom súradnice tejto polovice budú predstavovať súradnice tohto bodu. Pseudokód uvažuje prípad, kedy je blok orientovaný na výšku. A *line1* a *line3* sú dlhšie hrany bloku.

Pseudokód

LIST points

INTEGER y := (element.line1.startPoint.x + element.line1.endPoint.x) / 2.0

poins.add(POINT(element.line1.startPoint.x, y))

poins.add(POINT(element.line3. startPoint.x, y))

RETURN points

7.2.4. Algoritmus pre nájdenie bodov spájania Join a Fork bloku

Algoritmus hľadá body spájania, ktoré sú na hrane Join a Fork bloku. Keďže oba tieto bloky majú rovnakú notáciu, algoritmu je rovnaký. Obdĺžnik, ktorý predstavuje štandardnú notáciu týchto blokov bude obsahovať na oboch svojich dlhších stranách po jednom bode, pričom jedna strana bude predstavovať vstup a druhý výstup. Súradnice možno získať tak, že dlhšie strany budú rozdelené na polovicu, pričom súradnice tejto polovice budú predstavovať súradnice tohto bodu. Pseudokód uvažuje prípad, kedy je blok orientovaný na výšku. A *line1* a *line3* sú dlhšie hrany bloku.

Pseudokód

LIST points

INTEGER y := (element.line1.startPoint.x + element.line1.endPoint.x) / 2.0

poins.add(POINT(element.line1.startPoint.x, y))

poins.add(POINT(element.line3. startPoint.x, y))

RETURN points

7.2.5. Algoritmus pre nájdenie bodov spájania Activity bloku a Fragmentu

Algoritmus hľadá body spájania, ktoré sú na hrane Activity bloku. Element má štandardné 4 body definované ako *hore, dole, vpravo, vľavo*. Tieto body je možné určiť tak, že zo stredového bodu sa odčíta výška, respektíve šírka elementu predelená číslom 2. Vzhľadom na notáciu rovnakého tvaru je možné algoritmus aplikovať aj na fragment.

Pseudokód

LIST points

INTEGER yOfftet = element.height / 2

INTEGER xOffset = element.width / 2

poins.add(POINT(element.center.x + xOffset , element.center.y))

poins.add(POINT(element.center.x - xOffset. element.center.y))

poins.add(POINT(element.center.x, element.center.y + yOffset))

poins.add(POINT(element.center.x. element.center.y - xOffset))

RETURN points

7.2.6. Algoritmus pre nájdenie bodov spájania Activity bloku a Fragmentu

Algoritmus hľadá body spájania, ktoré sú na hrane Activity bloku. Element má štandardné 4 body definované ako *hore, dole, vpravo, vľavo*. Tieto body je možné určiť tak, že zo stredového bodu sa odčíta výška, respektíve šírka elementu predelená číslom 2. Vzhľadom na notáciu rovnakého tvaru je možné algoritmus aplikovať aj na fragment.

Pseudokód

LIST points

INTEGER yOfftet = element.height / 2

INTEGER xOffset = element.width / 2

poins.add(POINT(element.center.x + xOffset , element.center.y))

poins.add(POINT(element.center.x - xOffset. element.center.y))

poins.add(POINT(element.center.x, element.center.y + yOffset))

poins.add(POINT(element.center.x. element.center.y - xOffset))

RETURN points

7.3. Vloženie elementu

Pre vloženie elementu je potrebné vybrať požadovaný element z menu. Následne je očakávané kliknutie do oblasti diagramu. Po kliknutí sa scéna prekreslí a na danom mieste sa objakuaví zvolený element.

Nižšie je uvedený fragment kódu, ktorý zabezpečuje vytvorenie *InitialNode*.

```
InitialNode* DataManager::createInitialNode(Container* c, Ogre::Vector2* centerPoint) {
    InitialNodeFactory* factory = static_cast<InitialNodeFactory*>
(factories[InitialNode::ELEMENT_TYPE]);
    InitialNode* elem = static_cast<InitialNode*>(factory->factoryMethod(c, centerPoint));
    ElementCollection::getInstance()->insertElement(elem);
    elem->setCenter(centerPoint);

    return elem;
}
```

7.4. Výber elementu

Výber elementu sa realizuje kliknutím do oblasti diagramu. V prípade ak sa na daných koordinátach nachádza element, čo je kontrolované na základe stredového bodu jednotlivých elementov je daný element zapamätaný a vyznačený vo svojej grafickej podobe po prekreslení scény. Opätovným kliknutím je daný element odznačený. Nižšie je uvedený fragment kódu, ktorý spracováva označenie alebo odznačenie elementu na daných koordinátach.

```
int Gui::rememberSelectedElement(int _x, int _y) {
        Element* element = ElementCollection::getInstance()->searchCloseElement(new Ogre::Vector2(_x,
_y));

                if(element != NULL) {
                        if(!selected(element)) {
                                selectedElements.push_back(element);
                                DrawManager::getInstance()->select(element);
                        } else {
                                selectedElements.erase(selectedElements.begin() + getIndex(element));
                                DrawManager::getInstance()->unselect(element);
                        }
                }

                return selectedElements.size();
    }
```

7.5. Odstránenie elementu

Odstránenie elementu prebieha tak, že po výbere sa objekt odstráni z príslušných zoznamov a následne za zničí aj jeho grafická reprezentácia. Následne sa scéna prekreslí bez daného objektu.

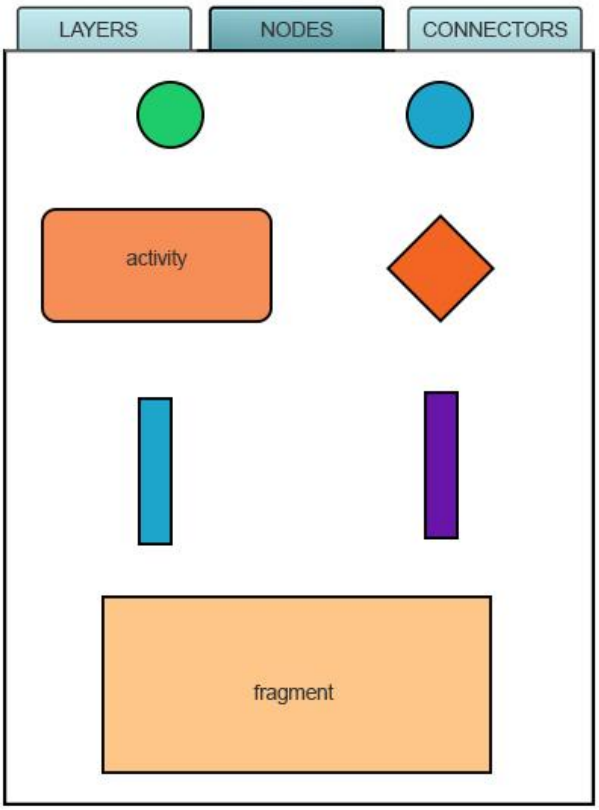
Nižšie je uvedený fragment kódu zabezpečujúci danú funkcionalitu.

```
void ElementCollection::removeElement(Element * elem)
{
    this->elements.erase(elem->getName());

    elem->getGraphics()->getSceneNode()->detachObject(elem->getGraphics()->getManualObject());
    Main::sMSceneMgr->destroyManualObject(elem->getGraphics()->getManualObject());
    Main::sMSceneMgr->destroySceneNode(elem->getGraphics()->getSceneNode());
}
```

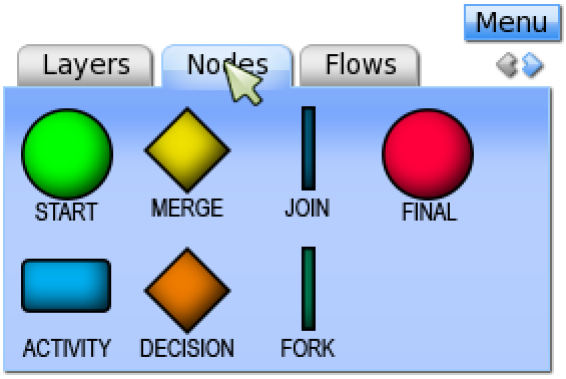
7.6. Grafické rozhranie

Úprava grafického rozhrania pozostávala z návrhu menu pre diagram aktivít. Navrhnuté menu pozostáva zo zobrazenia na kariet, ktoré predstavujú správu jednotlivých časti diagramu, t.j. vrstvy, elementy, ovládacie prvky. Tlačidlá umožňujúce pridávanie jednotlivých elementov majú obrazovú podobu, ktorá reprezentuje ich tvar po pridaní do diagramu.
Na Obr. 63 Návrh menuje návrh grafického menu pre diagram aktivít.

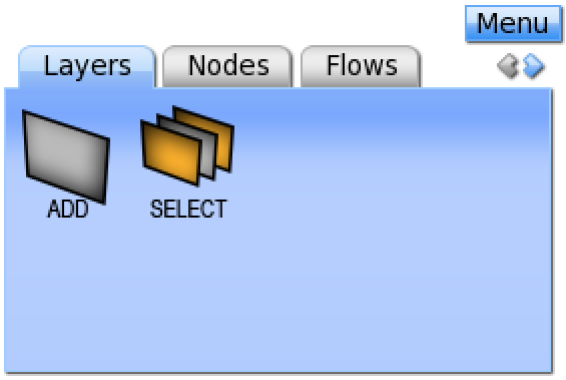


Obr. 63 Návrh menu

Finálna podoba ovládacieho menu vychádzala z grafického návrhu. Menu bolo implementované pomocou knižnice *MyGUI* a finálna podoba je na obr.



Obr. 64 Finálna podoba menu



Obr. 65 Finálna podoba menu

8. Testovanie

8.1. Testovanie v zimnom semestri

Testovanie prebiehalo v rámci tímu po pridaní novej funkcionality, keďže v prvom semestri sme sa snažili vytvoriť „kostru“ Activity diagramu a pridať tam základnú funkcionalitu. Testovanie bolo vykonávané formou akceptačných testov a vykonávalo sa vo viacerých iteráciách.

8.1.1. Akceptačné testy

TC01

Názov	Vloženie Activity node	
Vstupné podmienky	Je vytvorená prázdna vrstva	
Výstupné podmienky	Na vrstve je zobrazený activity node, s ktorým sa dá ďalej pracovať	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Kliknutie na tlačidlo „Activity Node“	Je vybraná možnosť pridania Activity node
3	Presunutie kurzora na miesto kde chceme vložiť Activity node	Kurzor vie kde má vložiť Activity node
4	Kliknutie na zvolené miesto	Na vrstve sa zobrazí Activity node

TC 02

Názov	Spojenie dvoch Activity node
Vstupné podmienky	Je vytvorená vrstva na ktorej sú minimálne dve Activity node
Výstupné podmienky	Vznik prepojenia medzi dvoma Activity nodes

Krok	Akcia	Reakcia
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Kliknutie na tlačítko „Dependency“	Je vybraná možnosť pridania vytvorenia spojenia
3	Kliknutie myšou na Activity node, z ktorého bude závislosť vychádzať	Zapamätanie si pozície prvého Activity node
4	Presunutie sa na pozíciu druhého Activity node a kliknutie na neho	Vytvorenie prepojenia medzi týmito dvoma aktivitami

TC 03

Názov	Zmazanie elementu	
Vstupné podmienky	Vrstva na ktorej je element, ktorý chceme vymazať	
Výstupné podmienky	Vrstva bez vymazaného elementu	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Presunutie kurzora na element, ktorý chceme vymazať. Kliknutie pravým tlačidlom myši na tento element	Vyvolanie kontextového menu
3	Vybranie možnosti „Delete“ v tomto menu.	Daný element sa z vrstvy odstráni

TC 04

Názov	Pridanie Activity node na druhú vrstvu
Vstupné podmienky	Sú vykreslené dve alebo viac vrstiev
Výstupné podmienky	Dve vrstvy obsahujú element Activity node

Krok	Akcia	Reakcia
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Vybratie možnosti „Activity Node“ v menu	Je vybraná možnosť „Activity Node“
3	Presunutie kurzora na miesto kde chceme vložiť Activity node	Kurzor vie kde má vložiť Activity node
4	Kliknutie na zvolené miesto	Na vrstve sa zobrazí Activity node
5	Stlačenie medzerníka	Zmiznutie kurzora, možnosť pohybovať sa pomocou myši a šípok na klávesnici
6	Presunutie sa na druhú vrstvu	Môžeme pridávať elementy na danú vrstvu
7	Stlačenie medzerníka	Zobrazenie kurzora
8	Vloženie Activity node podľa TC 01	Vytvorí sa element na druhej vrstve, ktorý je pripravený na spájanie alebo na iné akcie.

8.1.2. Report z testovania

Jednotlivé testy vykonávali členovia tímu, ktorí sa nepodieľali na vytváraní danej funkcionality. Toto testovanie zlepšíme v ďalšom priebehu projektu, kde zapojíme do testovania viac skupín ľudí, najmä znalci UML.

Zamerali sme sa hlavne na to, či je použitie jednotlivých funkcií intuitívne a zvládnuteľné pre bežného používateľa.
Pri každej iterácii dohliadal na výsledky testov hlavný architekt, ktorý bol oboznámený s implementáciou daných častí a v prípade potreby vedel, ktoré parametre treba upraviť. Tieto výsledky zaznamenával a od nich sa odvíjal ďalší vývoj.

8.2. Testovanie v letnom semestri

Náš produkt sme poskytli na testovanie tímu č. 9 v zložení: *Bc. Jana Podlucká, Bc. Peter Šutarík, Bc. Dominik Horniak, Bc. Peter Mendel, Bc. Michael Garaj, Bc. Filip Mikle a Bc. Viktor Vinczlér*. Na produkte testovali použiteľnosť, celkový vzhľad a pripravené akceptačné testy.

Priebeh testovania bol nasledovný:

- Spustili sme im náš produkt.
- Vysvetlili používanie prostredia a účel aplikácie.
- Vysvetlili sme im podstatu elementu *StructuredNode*, nakoľko sa s ním v diagrame aktivít ešte nestretli.
- Tím si následne vyskúšal modelovanie nejakého diagramu a vykonal pripravené akceptačné testy.

Ohodnotenie produktu vykonávali pomocou známok od 1 do 10, kde 1 reprezentuje najhoršiu známku a 10 reprezentuje tú najlepšiu. Po testovaní nám tím č. 9 poskytol nasledujúcu spätnú väzbu:

8.2.1. Pozitívne stránky produktu:

- Celkovo sa im nápad produktu, ako aj náš prototyp páčil v rámci možností. Ocenili pohľad v 3D priestore a našu víziu tohto produktu – známka 8 (na stupnici <1, 10>)
- V rámci zrozumiteľnosti diagramu a možnostiam vkladania elementov hodnotili náš produkt známkou 7, ocenili približovanie, oddiaľovanie a celkovo pohyb v 3D priestore.
- Na spájaní hodnotili kladne výber možnosti spájania, avšak objavili sme bug, že čiara nedorazí vždy do miesta očakávania. Hodnotili to známkou 6.
- Vpisovanie po vložení elementu hodnotili kladne, páčilo sa im riešenie pri decision nodoch a vkladaní textu na čiaru. Ohodnotili to známkou 9.

8.2.2. Hlavný prínos produktu:

- prehľad pri tvorbe diagramov a pohyb v priestore
- rôznorodé typy fragmentov
- výber medzi rovnou a lomenou hranou
- Celková myšlienka zobrazovania návrhu alebo analýzy v 3D priestore je veľmi silná a ambiciózna, preto má veľký potenciál v budúcnosti.

8.2.3. Akceptačné testy

TC 01

Názov	Vkladanie StructuredNode (Fragmentu)	
Vstupné podmienky	Vytvorená vrstva a niekoľko elementov	
Výstupné podmienky	Na vrstve je zobrazený fragment s vpísaným názvom	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa menu
2	Kliknutie na Menu	Je vybraná možnosť pridania vytvorenia spojenia
3	Posunutie v menu pomocou kliku na šípku v GUI	Zobrazenie ďalších možností menu, v ktorom je aj fragment
4	Zvolenie fragmentu a kliknutie na layer kde sa má zobraziť fragment	Zobrazenie okna, do ktorého vložíme veľkosť fragmentu
5	Zadanie veľkosti fragmentu a kliknutie na tlačidlo OK	Zobrazenie okna s možnosťou pomenovania fragmentu
6	Pomenovanie fragmentu a kliknutie na tlačidlo OK	Zobrazenie fragmentu vo vrstve na príslušnom mieste s príslušným názvom a veľkosťou

TC 02

Názov	Spájanie pomocou zakrivenej hrany	
Vstupné podmienky	Je vytvorená vrstva na ktorej sú minimálne dva elementy	
Výstupné podmienky	Vznik prepojenia medzi dvoma elementami	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Kliknutie na obrázok „zakrivenej čiary“ v GUI	Je vybraná možnosť pridania vytvorenia spojenia
3	Kliknutie myšou na prvý element, z ktorého bude závislosť vychádzať	Zapamätanie si pozície prvého Activity node, prvok je označený aj graficky
4	Presunutie sa na pozíciu druhého elementu a kliknutie na neho	Vytvorenie prepojenia medzi týmito dvoma aktivitami

TC 03

Názov	Testovanie GUI	
Vstupné podmienky	Spustený prototyp	
Výstupné podmienky	Pridaný element na vrstve, ktorý je vybraný z GUI	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Presunutie kurzora na element v GUI a vybratie ľubovoľného elementu alebo akcie	Vyznačenie elementu v menu, ktorý je vybraný
3	Kliknutie na pracovné prostredie	Zobrazenie vybraného elementu v prostredí

TC 04

Názov	Testovanie vpisovania do elementu activity	
Vstupné podmienky	Pridaný layer	
Výstupné podmienky	Pridaný activity node s textom	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Vybratie možnosti „Activity Node“ a kliknutie na miesto v layeri kde chceme Activity node zobraziť	Zobrazí sa okno, do ktorého môžeme vložiť názov Activity
3	Vpísanie textu do okna a kliknutie na tlačidlo OK	Na vrstve sa zobrazí Activity node

TC 05

Názov	Vnáranie elementov do fragmentu	
Vstupné podmienky	Je vložený prázdny fragment	
Výstupné podmienky	Elementy sú zobrazené na fragmente, vedia, že sú v ňom	
Krok	**Akcia**	**Reakcia**
1	Stlačenie medzerníka	Zobrazí sa kurzor
2	Vybratie možnosti „Fragment“ v GUI	Zobrazenie troch typov fragmentov
3	Presunutie kurzora na miesto už pridaného fragmentu kde chceme vnoriť ďalší fragment a kliknutie na vložený fragment	Zobrazenie okna, do ktorého môžeme vpísať veľkosť fragmentu

4	Vpísanie veľkosti a stlačenie OK	Zobrazenie okna, do ktorého môžeme vpísať názov fragmentu
5	Kliknutie na tlačidlo OK	Vnorenie fragmentu v už pridanom fragmente

8.2.4. Report z testovania

Pri testovaní vznikali najmä problémy pri teste č. 2 a 5, keď sa dané elementy nepodarilo vždy spojiť. Dôvodom bol malý rádius okolo elementov a komplikované ovládanie. Tieto problémy sme po testovaní zaradili do zoznamu úloh a následne sa problémy odstránili. Ostatné testy prebehli úspešne.

Počet testov v LS	5
Počet iterácií v LS	4
Počet úspešných testov v LS	3
Počet neúspešných testov v LS	2

Celkovo bolo testovanie tímom č. 9 hodnotené kladne. Poskytnutá spätná väzba bola pre nás prínosom.

9. Zhodnotenie

9.1. Zhodnotenie v zimnom semestri

Nami vytvorený prototyp poskytuje nástroje pre modelovanie diagramu aktív v trojdimenzionálnom priestore, čím sme overili a splnili prvotné zadanie projektu. Používateľ je schopný modelovať všetky prvky diagramu aktivít vrátane všetkých druhov prepojenia jednotlivých prvkov. Naše riešenie vychádza z analýzy metamodelu diagramu aktivít a samotný prototyp je konformný s metamodelom podľa špecifikácie.

Prototyp poskytuje nástroje na vkladanie, prepájanie a mazanie objektov, pričom vymazať je možné aj viaceré objekty naraz.

Do používateľského rozhrania sme zahrnuli aj jednoduché bočné menu s výberom prvkov a taktiež kontextové menu spustiteľné pravým tlačidlom myši. Tieto prvky poskytujú rozšírenie prototypu o ďalšie možnosti úprav používateľského rozhrania a ovládania aplikácie.
Nami zvolená architektúra umožňuje jednoduchšiu implementáciu novej funkcionality ako napr. aktualizácia konkrétneho prvku diagramu aktivít alebo export modelu do iného CASE modelovacieho systému. V ďalšom semestri môžeme pokračovať s vyššie uvedenými vylepšeniami a tak posunúť prototyp 3D UML na vyššiu úroveň použiteľnosti.

9.2. Zhodnotenie v letnom semestri

Vytvorený prototyp sme v letnom semestri rozširovali o funkcionalitu podľa vymedzených cieľov pre tento semester. Používateľské rozhranie sme inovovali o kompletne prepracované menu po grafickej aj funkčnej stránke. Hlavným cieľom bola implementácia *StructuredNode*, teda fragmentu. Tento cieľ sa nám podarilo splniť aj s dopĺňaním textu do vytvoreného fragmentu. Funkčné je tiež pridávanie jednotlivých elementov do fragmentu a jeho prepájanie s ostatnými elementami.
Prepracovaný bol algoritmus spájania elementov a v súčasnosti je možné elementy spájať priamo alebo lomenou čiarou, ktorá využíva algoritmus na nájdenie najlepšej cesty pre hranu.
Prototyp tiež umožňuje export vytvoreného diagramu, ale spätné importovanie sa nepodarilo dokončiť.
Z globálneho pohľadu sú takmer všetky ciele splnené a prototyp je možné takmer plnohodnotne používať pre modelovanie diagramu aktivít v 3D priestore.

9.3. Ohraničenia produktu

Produkt má nasledujúce ohraničenia, ktoré sme nestihli implementovať počas semestra:

- upravenie textu v diagrame aktivít,

- importovanie diagramov,
- animácia pri tokoch

Tieto ohraničenia zásadným spôsobom nezhoršujú používanie produktu pre účely modelovania diagramu aktivít. Ich implementácia je predpripravená v zdrojovom kóde a tiež vypracovaná analýza, na základe ktorej tieto ohraničenia je možné odstrániť.

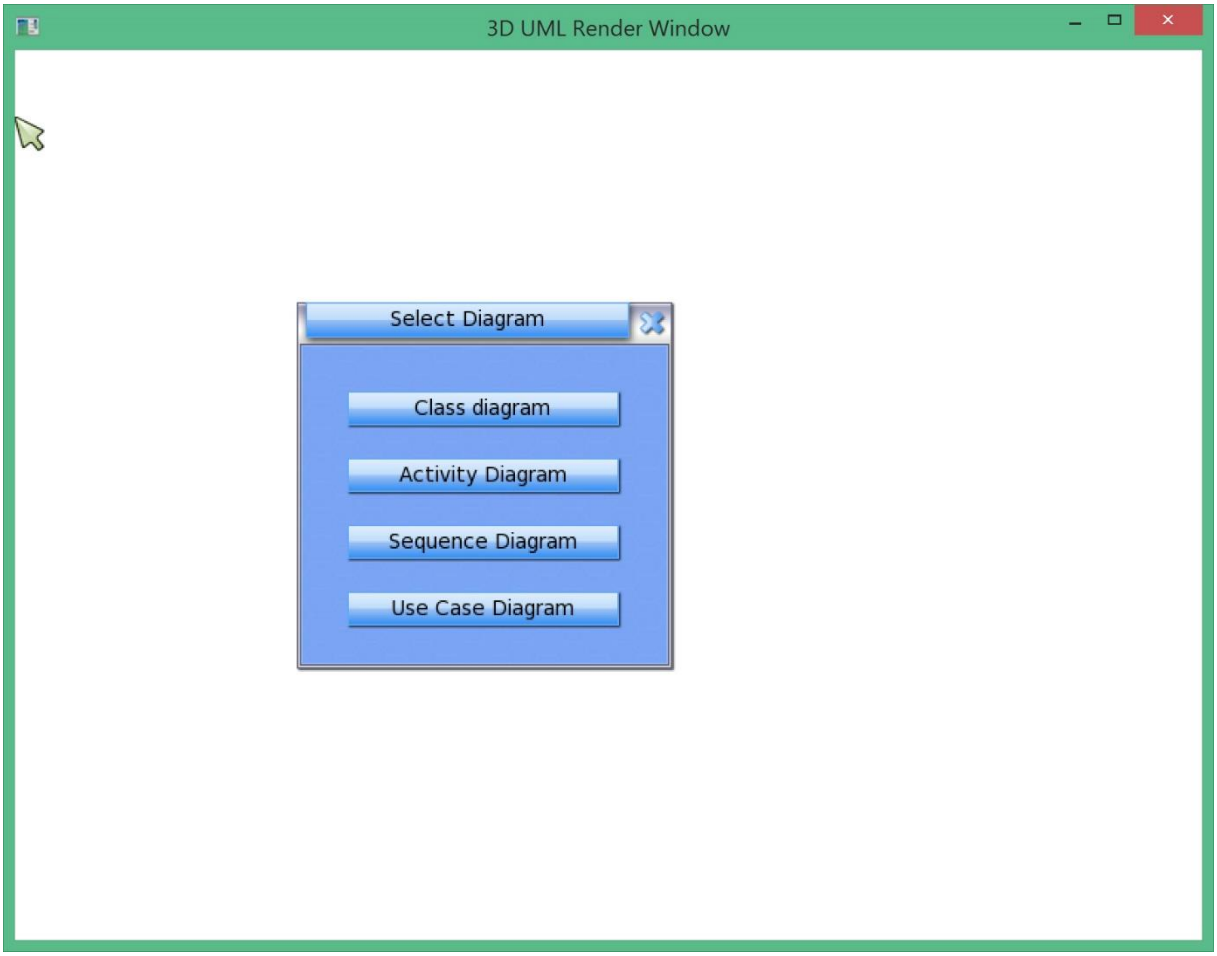
10. Používateľská príručka

10.1. Spustenie aplikácie

Spustiteľný súbor *3D_UML.exe* samotnej aplikácie sa nachádza v priečinku *..\workspace\3D_UML\Debug*. Po otvorení súboru *3D_UML.exe* je používateľ vyzvaný na výber vykresľovacieho systému. V našom prípade je to *Direct3D9 Rendering Subsystem*.

Obr. 66 Výber vykresľovacieho systému

Po výbere systému sa používateľovi otvorí samotné rozhranie našej aplikácie. V prvom kroku používateľ musí zvoliť aký typ diagramu chce modelovať. Keďže naša práca sa zaoberá diagramom aktív, tak používateľ zvolí túto možnosť.



Obr. 67 Výber konkrétneho diagramu

Po výbere diagramu aktív (Activity Diagram) sa zobrazí používateľovi rozhranie pre modelovanie v 3D priestore. Na pravej strane sa nachádza vyskakovacie menu s výberom konkrétnych prvkov na modelovanie.

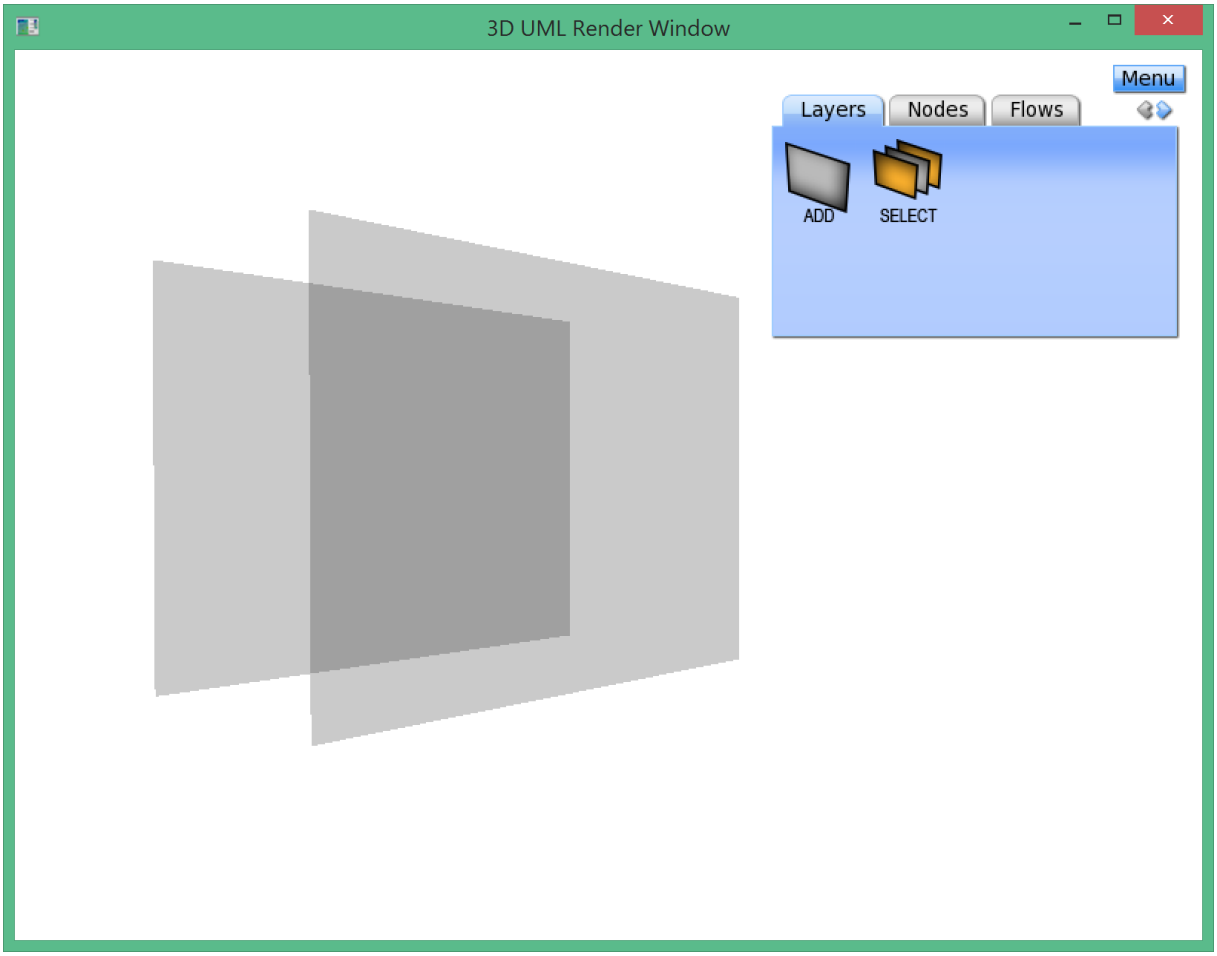
Obr. 68 Hlavné okno pre modelovanie diagramu aktív

10.2. Ovládanie aplikácie

Aplikácia používa na ovládanie myš a klávesnicu v dvoch režimoch:

- Režim pridávania elementov pomocou kliknutia na menu a do priestoru.
- Režim natáčania, posúvania, priblíženia a oddialenia celého diagramu, teda režim na zmenu pohľadu na diagram.

Medzi týmito dvoma režimami sa prepína pomocou klávesy medzerníka. V režime zmeny pohľadu na diagram nie je viditeľný kurzor myši. Napriek tomu pri pohybe myšou sa diagram a vrstvy začnú pohybovať. Priblíženie, oddialenie a bočný posuv sa realizuje pomocou tlačidiel *W,A,S,D*. Tento systém je veľmi intuitívny, efektívny a jednoducho sa s ním pracuje. Na obr je zobrazený príklad natočenia celého diagramu v priestore.



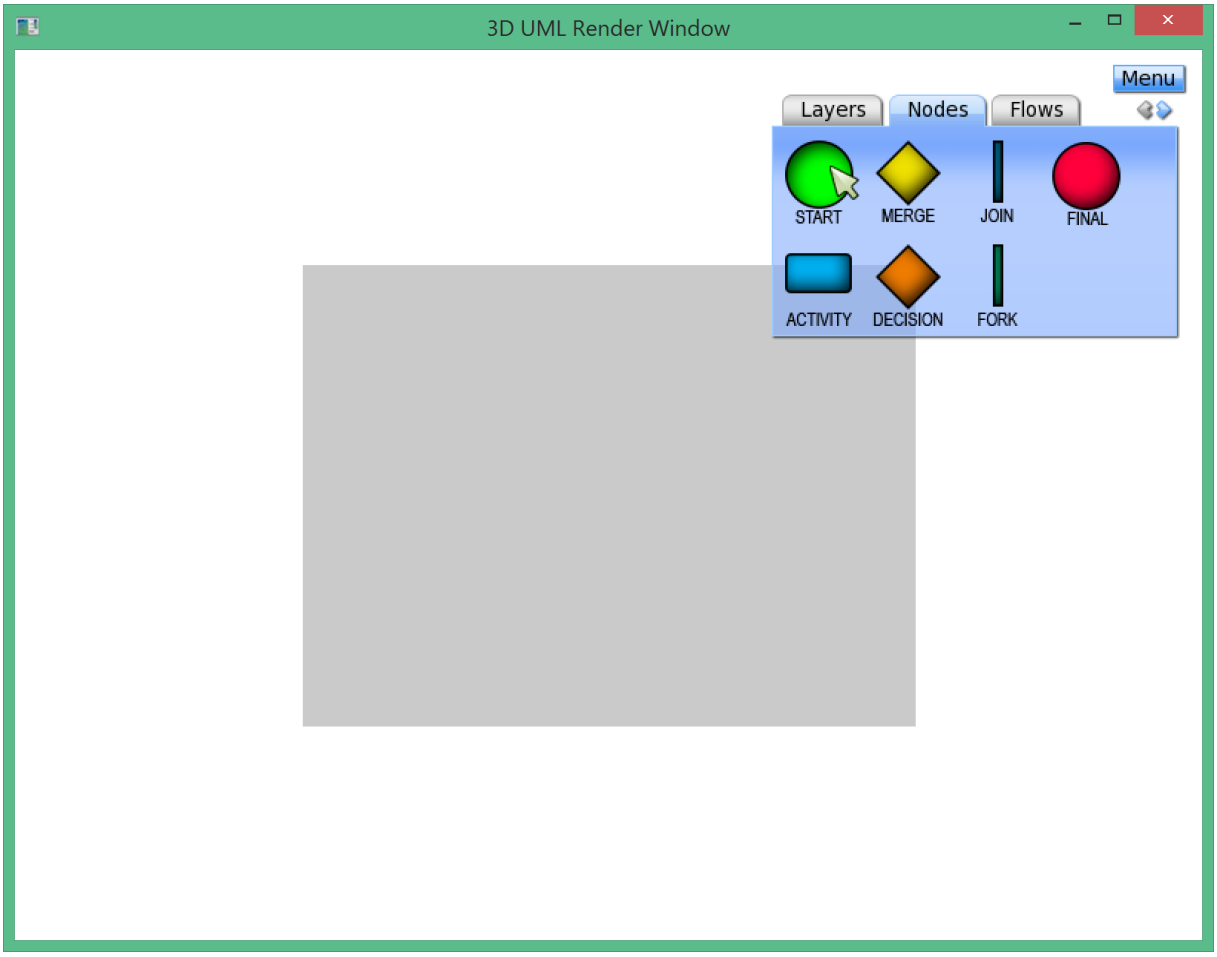
Obr. 69 Natočené vrstvy v priestore

10.3. Použitie diagramu aktivít v prototype

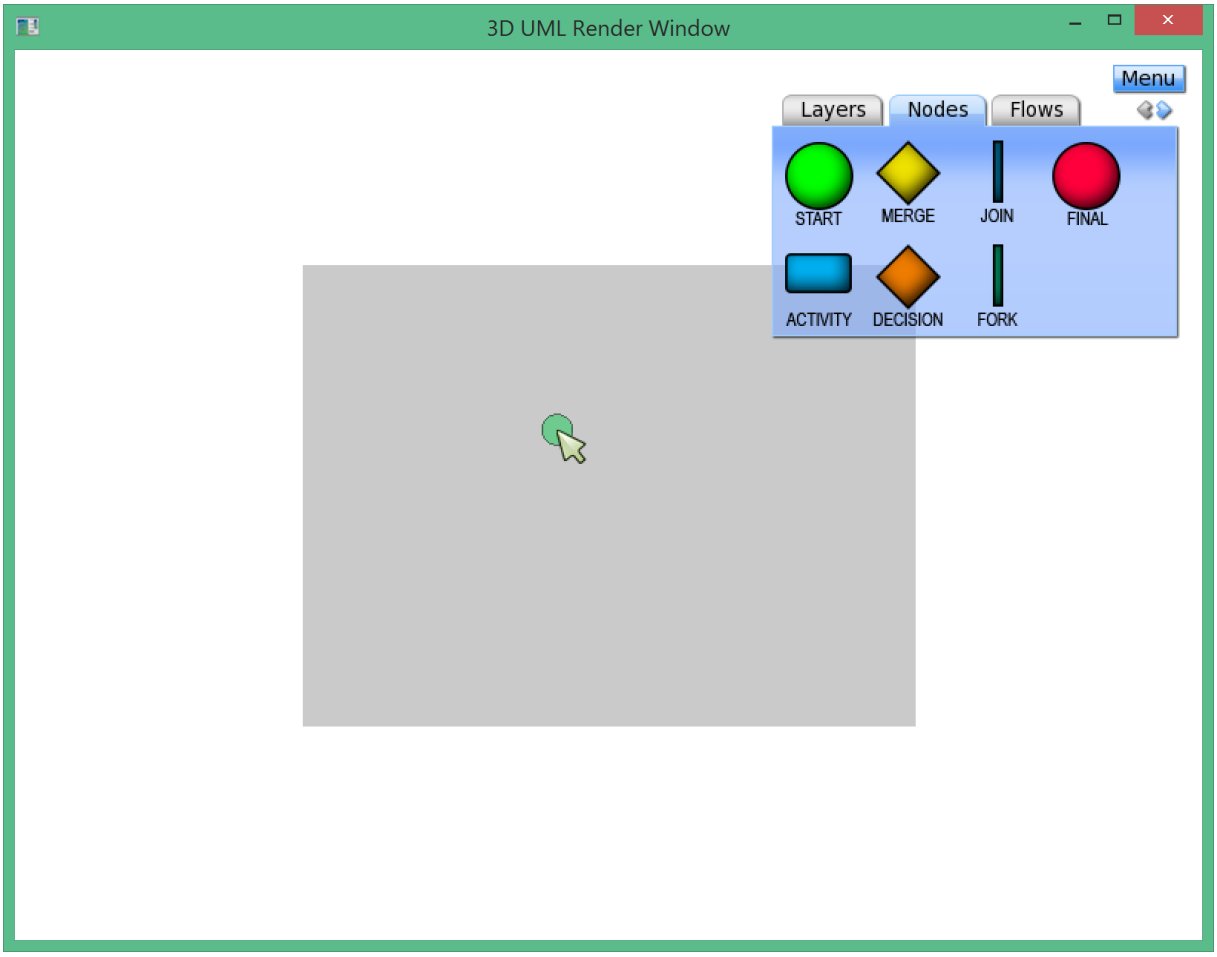
Na začatie modelovania je nutné najskôr pridať novú vrstvu. Novú vrstvu pridáme výberom záložky *Layers* a pomocou tlačidla *Add* z pravého menu. Po stlačení sa nám automaticky vloží nová vrstva a môžeme prejsť k modelovaniu.

10.3.1. Vkladanie prvkov diagramu

Na pridávanie jednotlivých prvkov diagramu aktív využívame opäť pravé menu výberom záložky *Nodes* a príslušného prvku a následným kliknutím do priestoru vrstvy sa nám prvok pridá do diagramu.



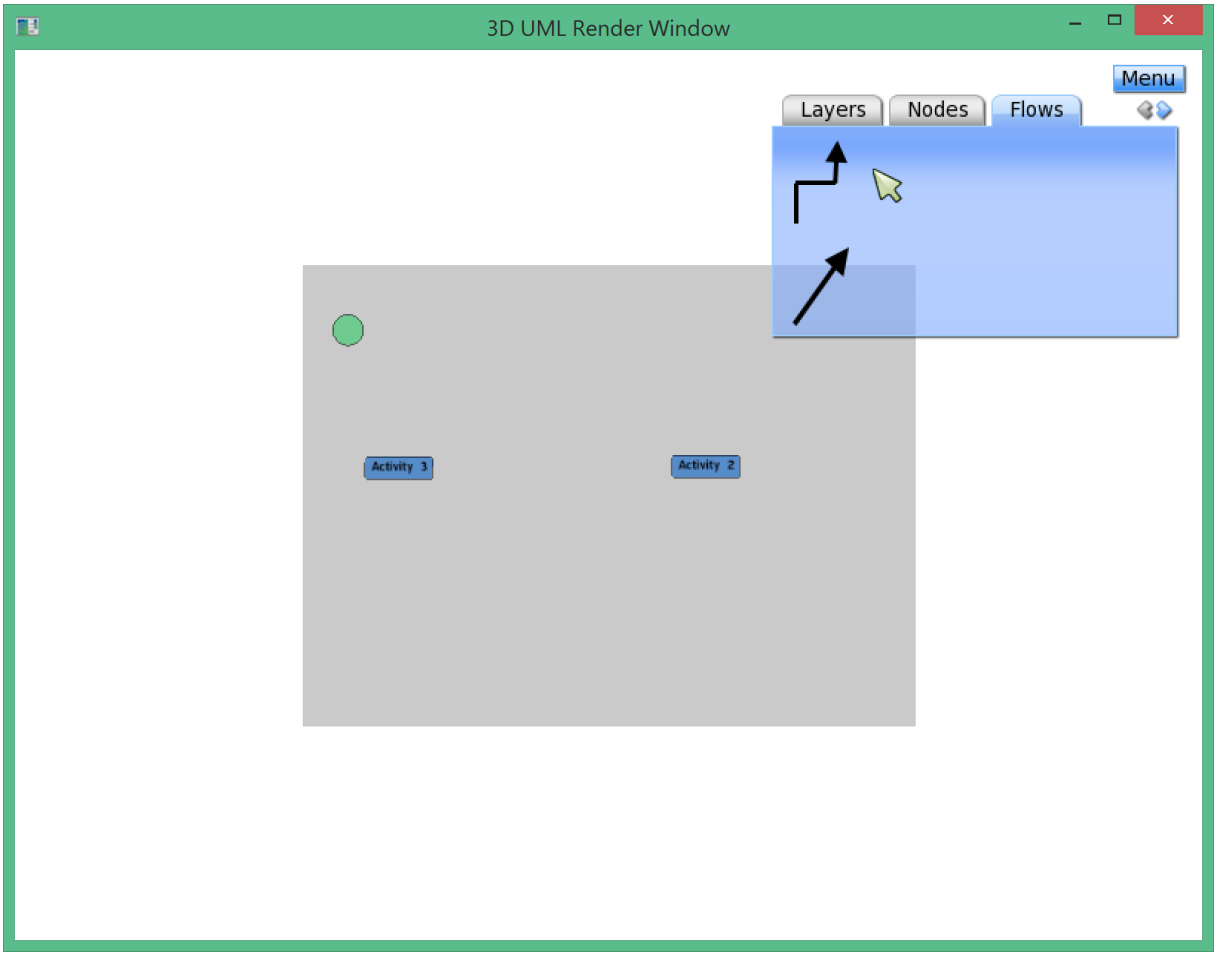
Obr. 70 Vkladanie prvkov diagramu



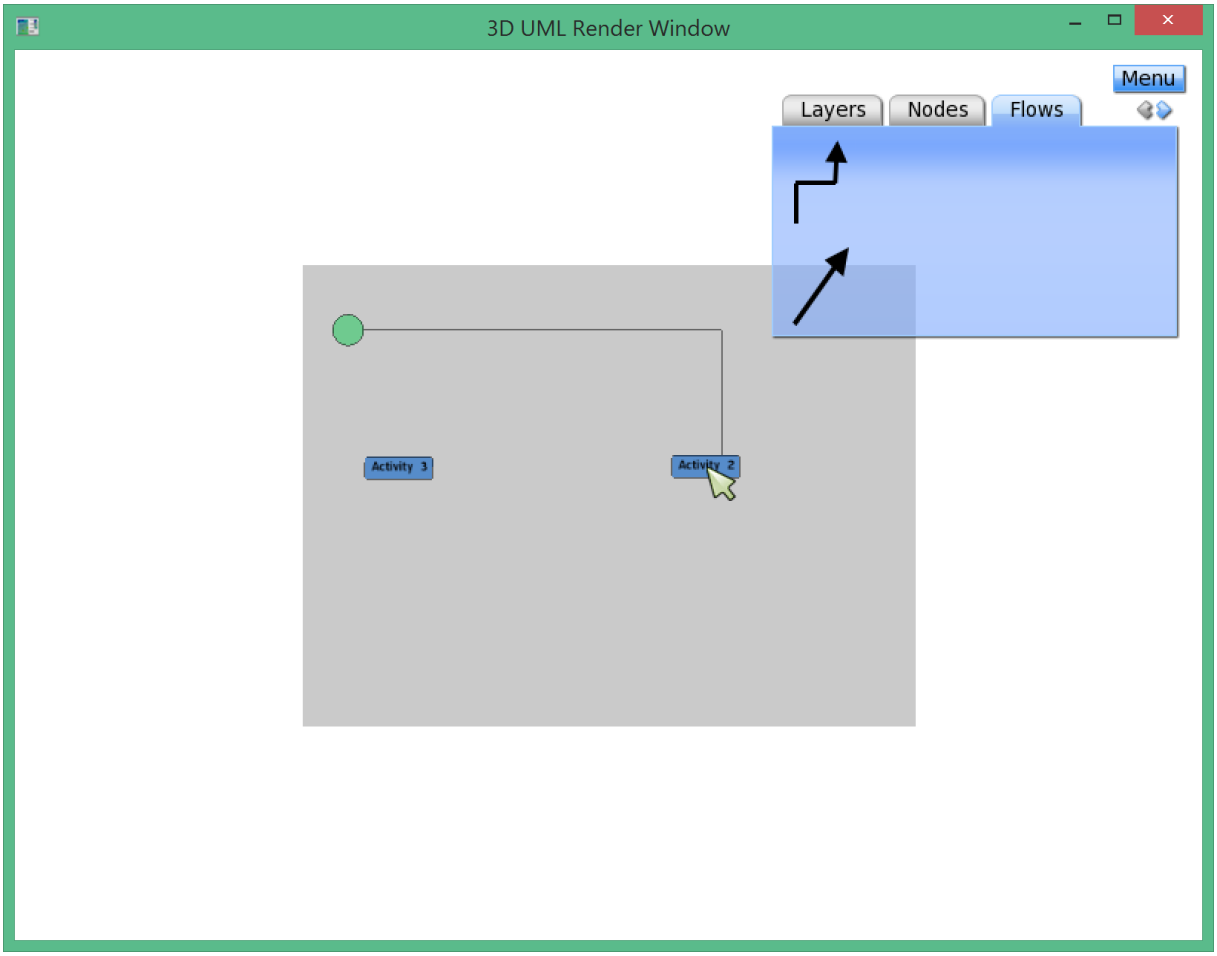
Obr. 71 Vkladanie prvkov diagramu

10.3.2. Spájanie prvkov diagramu

Vložené prvky môžeme spájať rôznymi druhmi spojení podľa špecifikácie UML. Spojenie prebieha vo výbere záložky *Flow* v pravom menu a následnom vybratí štýlu priamej alebo lomenej čiary. Následne vyberieme 2 prvky kliknutím do ich stredu a tým vznikne spojenie medzi týmito dvoma prvkami.



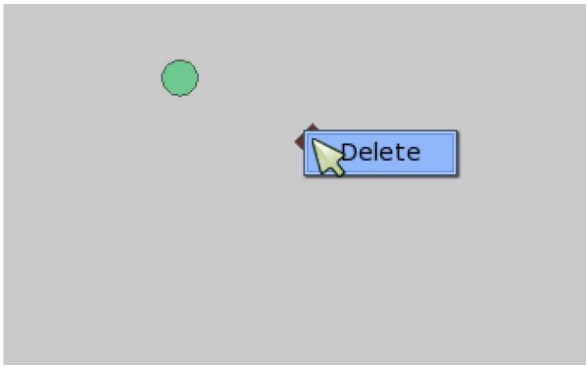
Obr. 72 Spájanie prvkov diagramu



Obr. 73 Spájanie prvkov diagramu

10.3.3. Mazanie prvkov diagramu

Vložené prvky je možné vymazať. Vymazávanie prebieha pomocou pravého tlačidla myši. Kliknutím pravým tlačidlom myši na prvok sa nám zobrazí kontextové menu, v ktorom vyberieme položku *Delete* a prvok sa z diagramu odstráni.



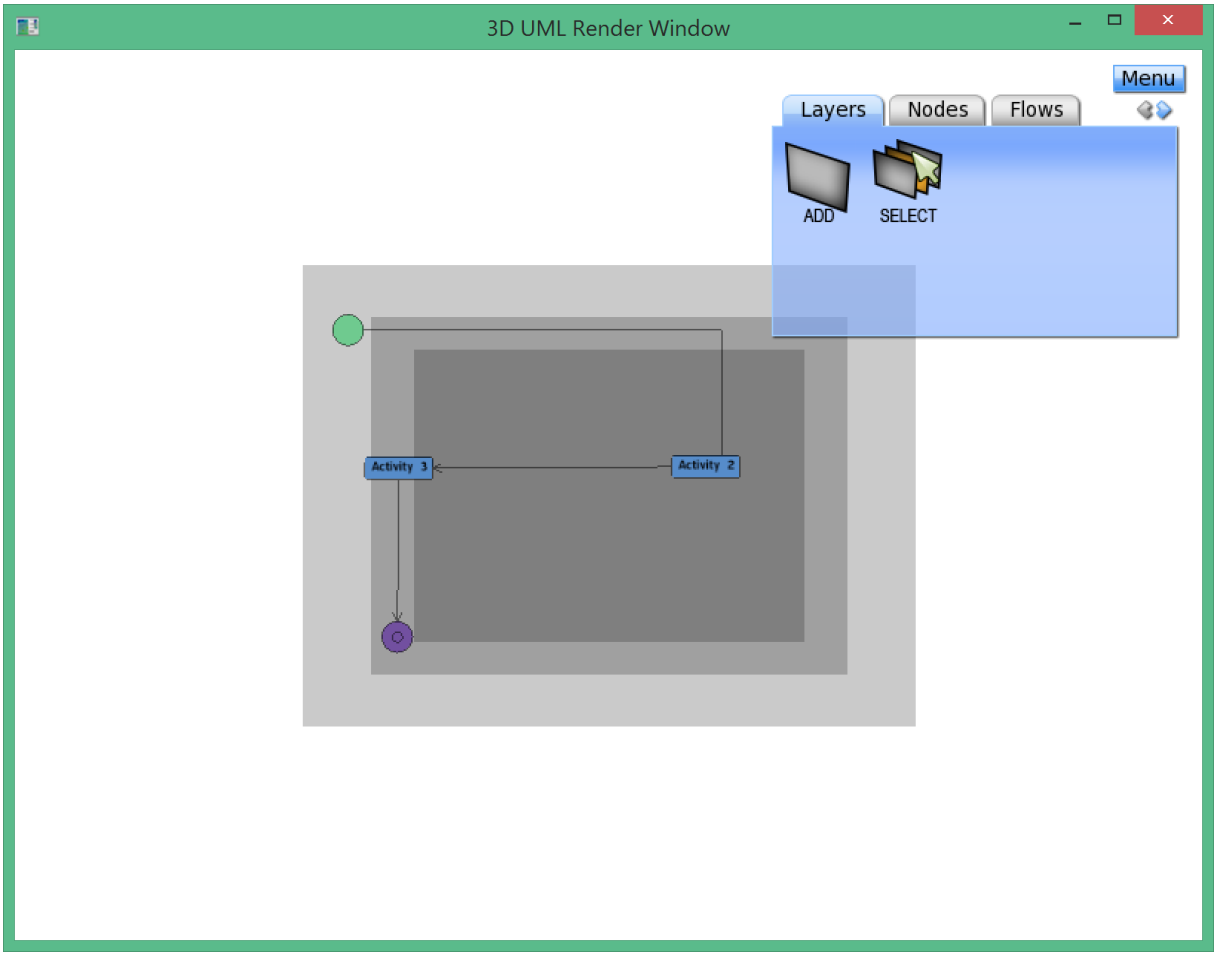
Obr. 74 Mazanie prvkov diagramu

10.3.4. Pridanie novej vrstvy

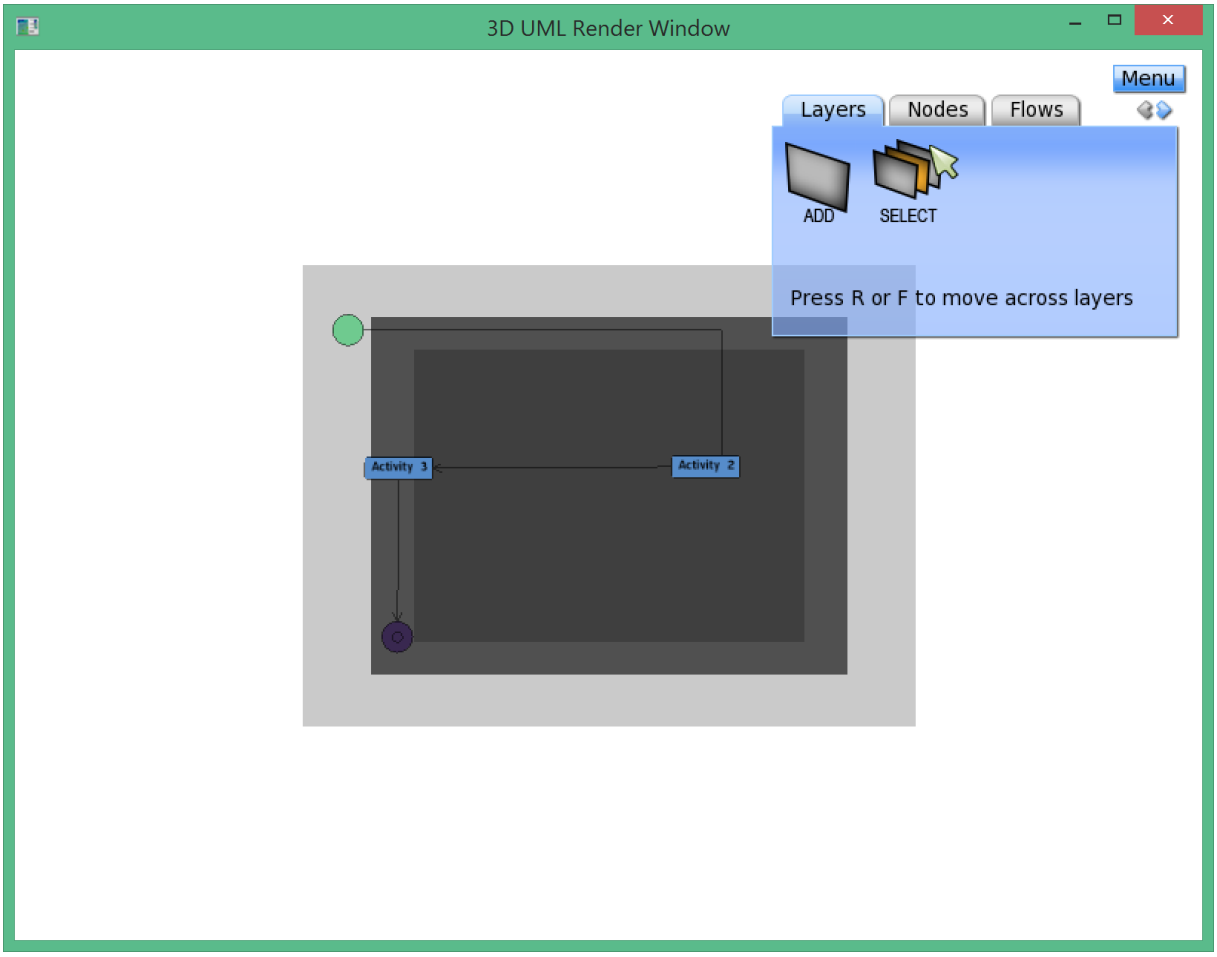
Keď chceme vytvoriť novú vrstvu, do ktorej chceme pridávať ďalšie prvky, tak je nutné vybrať v pravom menu záložku *Layers* a stlačením tlačidla *Add* sa nová vrstva pridá za poslednú. Táto vrstva je automaticky aktívna a je možné do nej pridávať prvky.

10.3.5. Výber aktívnej vrstvy

Keď používateľ má viacero vrstiev, tak je možné medzi nimi prepínať a určiť, ktorá vrstva je aktívna, pretože vkladanie prvkov je možné vždy iba do aktívnej vrstvy.
Vrstvu vyberieme zvolením záložky *Layers* a tlačidlom *Select*. Následne stmavne aktívna vrstva a prepínanie medzi vrstvami sa realizuje klávesami *R* a *F*. Po zvolení požadovanej vrstvy sa potvrdí opätovným stlačením tlačidla *Select* v pravom menu.



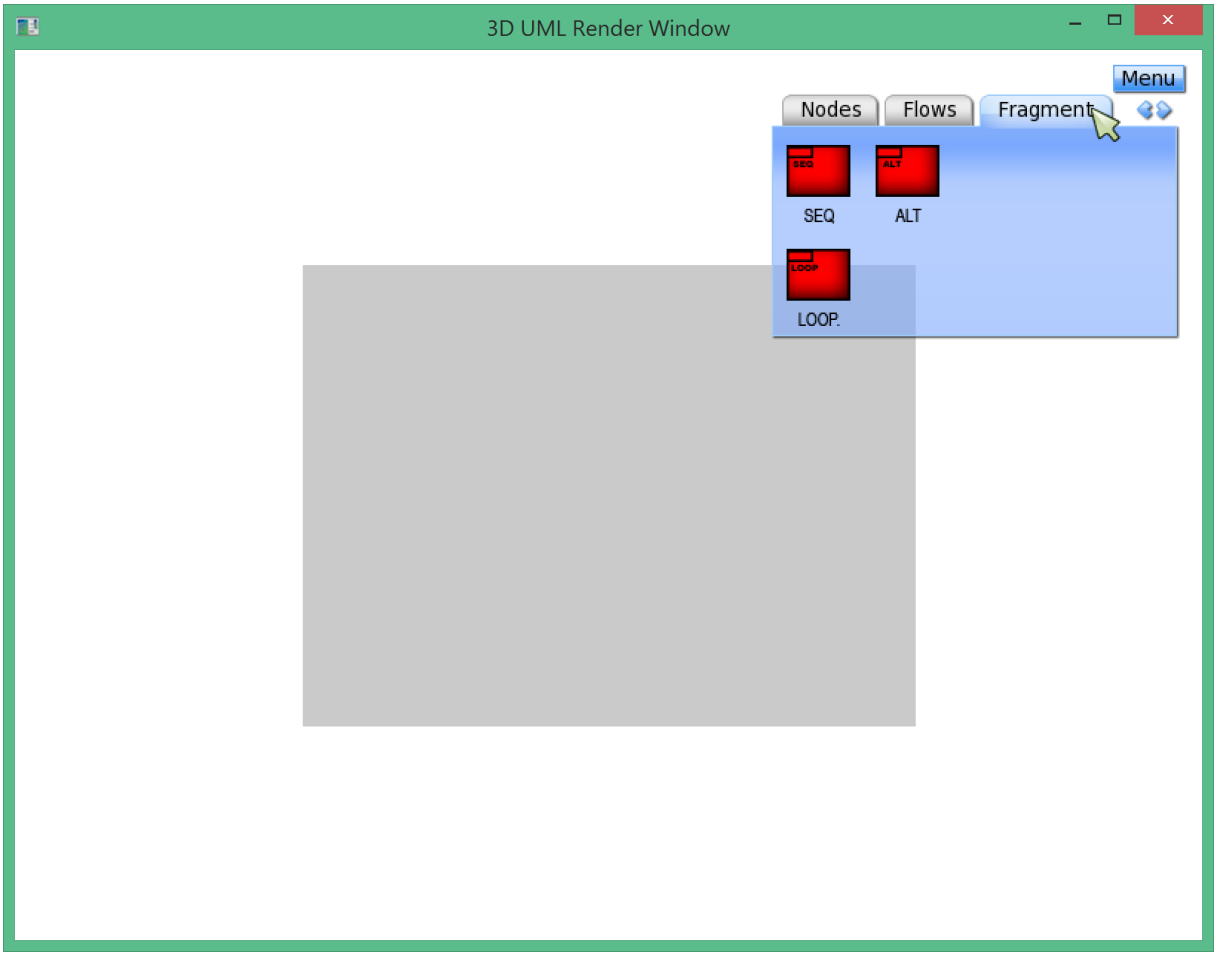
Obr. 75 Výber aktívnej vrstvy



Obr. 76 Výber aktívnej vrstvy

10.3.6. Vloženie fragmentu

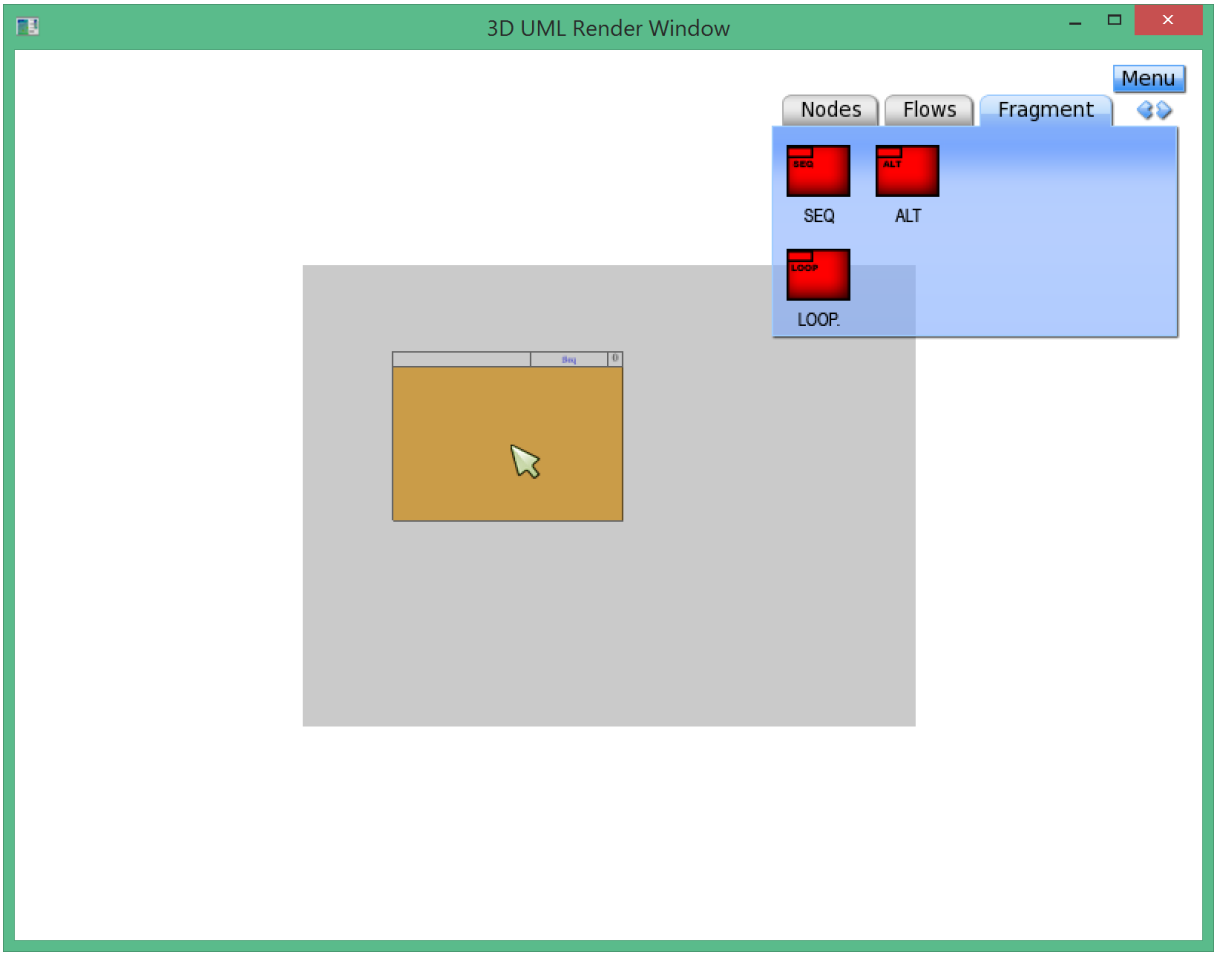
Do diagramu je možné vložiť fragment 3 druhov podľa špecifikácie UML. Pre vloženie fragmentu je nutné vybrať v pravom menu záložku *Fragment* a vybratím tlačidla príslušného typu fragmentu a vložením do vrstvy používateľ pridá fragment.



Obr. 77 Vloženie fragmentu

10.3.7. Vloženie fragmentu typu *Seq*

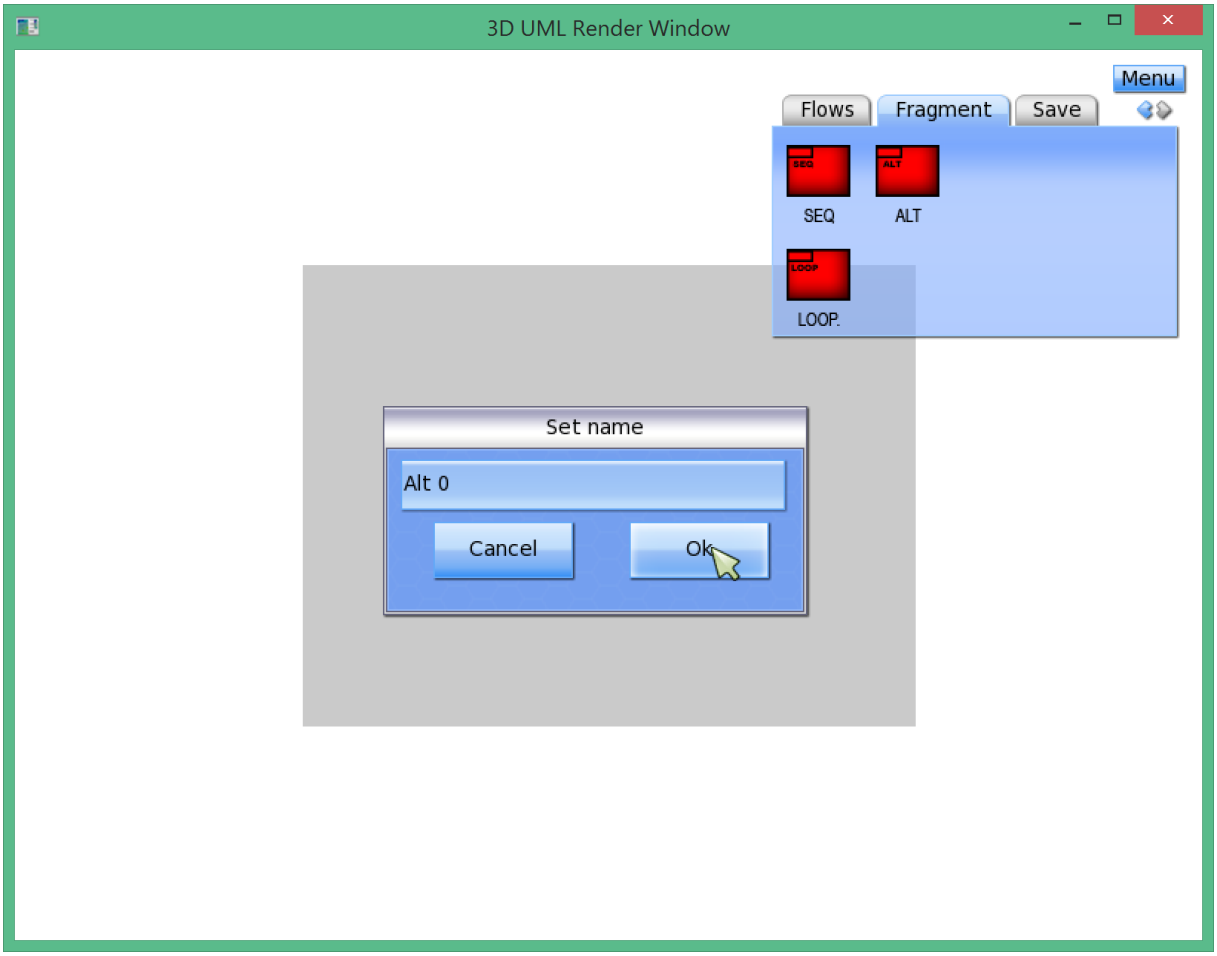
Pre vloženie fragmentu typu *Seq* používateľ vyberie tlačidlo *Seq* v záložke *Fragment* a kliknutím do vrstvy sa pridá fragment *Seq* do vrstvy. Následne je možné s ním pracovať a vkladať prvky podľa špecifikácie UML.



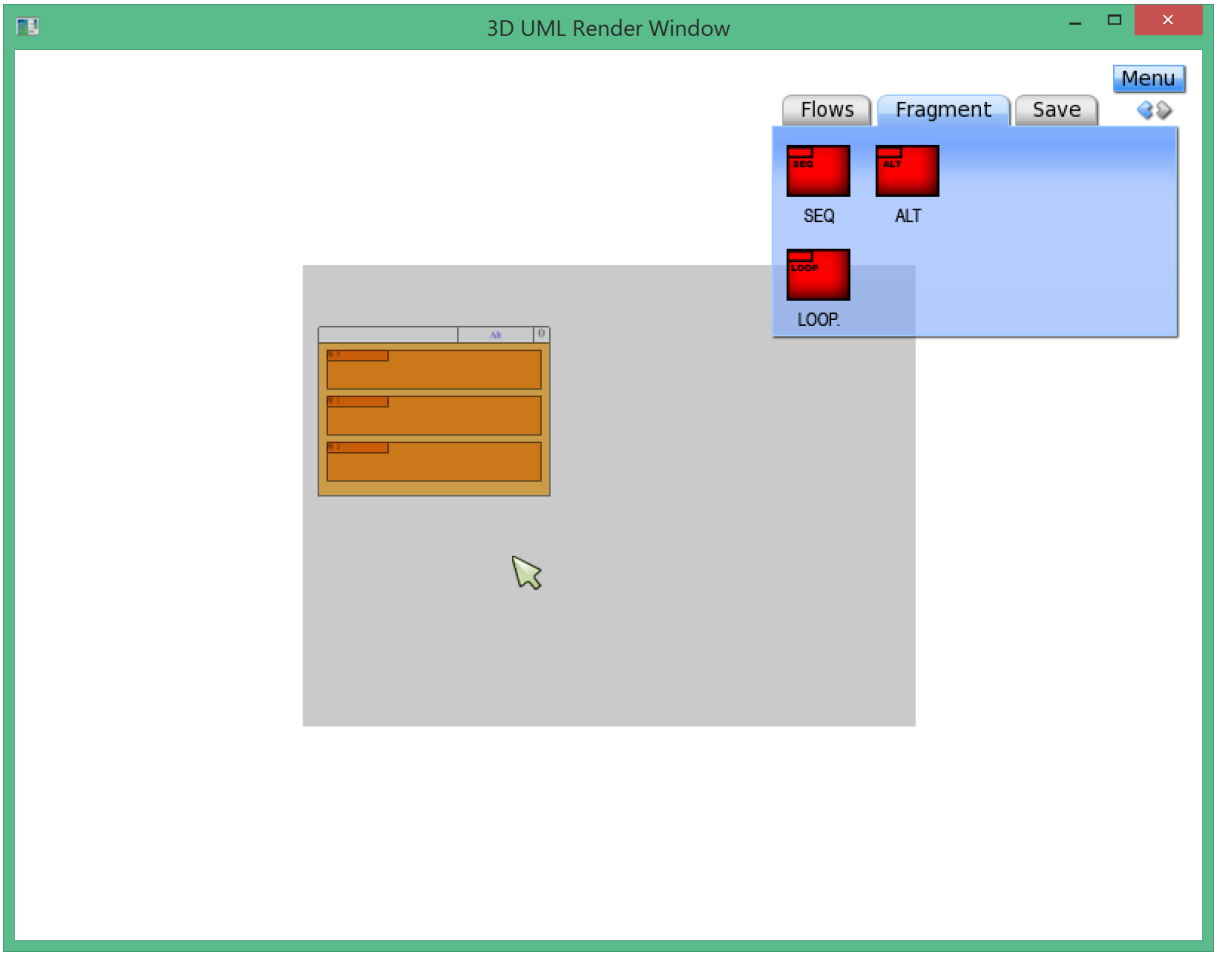
Obr. 78 Vloženie fragmentu typu *Seq*

10.3.8. Vloženie fragmentu typu *Alt*

Pre vloženie fragmentu typu *Alt* používateľ vyberie tlačidlo *Alt* v záložke *Fragment* a kliknutím do vrstvy sa otvorí kontextové okno s názvami jednotlivých vnorených častí. Po kliknutí na tlačidlo *OK* pridáme vždy ďalšiu časť do fragmentu a stlačením tlačidla *Cancel* sa fragment vloží na požadované miesto aj so zvoleným počtom vnútorných častí. Následne je možné s ním pracovať a vkladať prvky podľa špecifikácie UML.



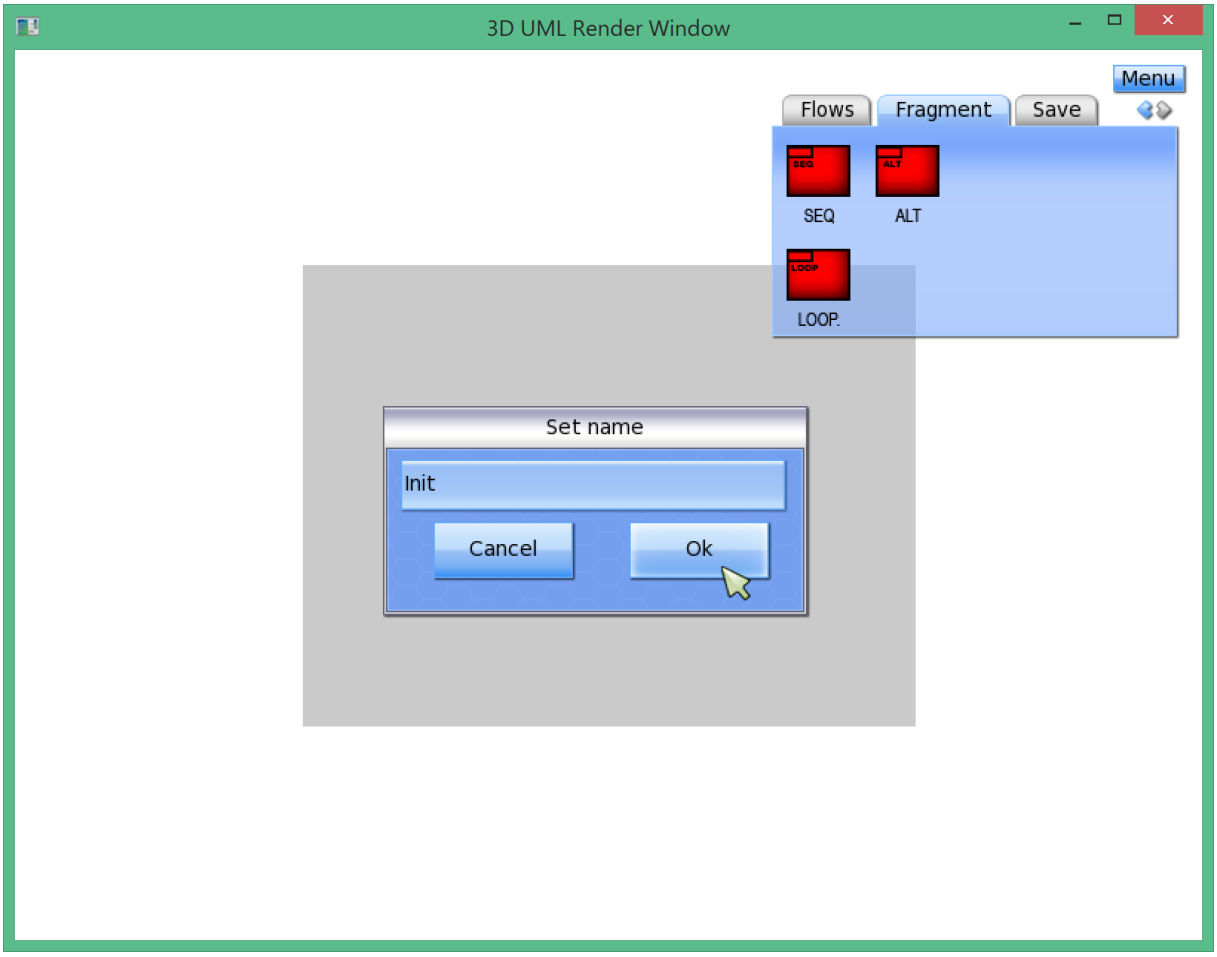
Obr. 79Vloženie fragmentu typu *Alt*



Obr. 80 Vloženie fragmentu typu *Alt*

10.3.9. Vloženie fragmentu typu *Loop*

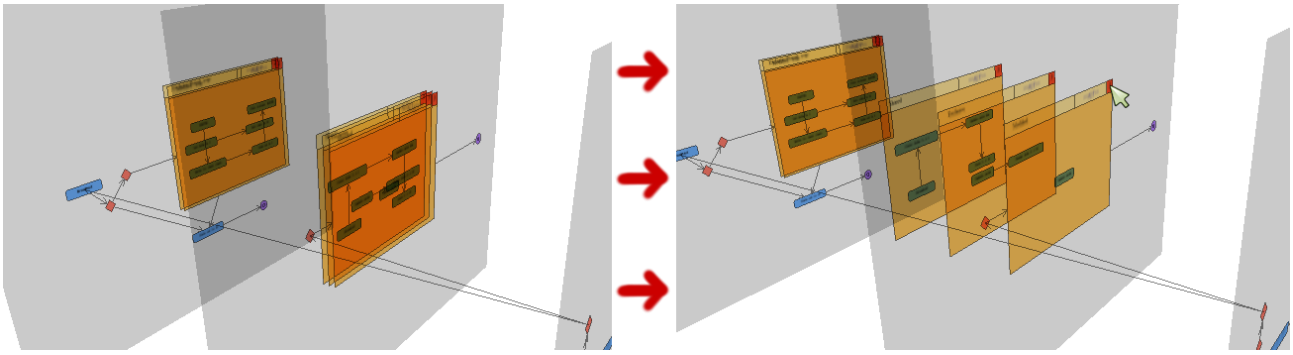
Pre vloženie fragmentu typu *Loop* používateľ vyberie tlačidlo *Loop* v záložke *Fragment* a kliknutím do vrstvy sa otvorí kontextové okno s názvami jednotlivých vnorených častí, ktoré má fragment *Loop* v špecifikácii UML. Po kliknutí na tlačidlo *OK* si program vypýta názov ďalšej časti alebo vloží fragment na požadované miesto, ak sú už všetky časti nazvané. Následne je možné s ním pracovať a vkladať prvky podľa špecifikácie UML.



Obr. 81 Vloženie fragmentu typu *Loop*

10.3.10. Animácia fragmentov

Vďaka animáciám je možné rozbaliť do priestoru niekoľko fragmentov, ktoré sú pokope. Toto zvyšuje ich prehľadnosť. V momente keď sú vrstvy animované, odsúvajú sa vrstvy nachádzajúce sa za nimi, spolu s elementami, ktoré sa na nich nachádzajú. Na obrázku nižšie (viď. obr. 79) je možné vidieť, ako vyzerajú elementy pred odsunutím fragmentov a následne, ako vyzerajú po kliknutí na roh fragmentu a odsunutí fragmentov dozadu.

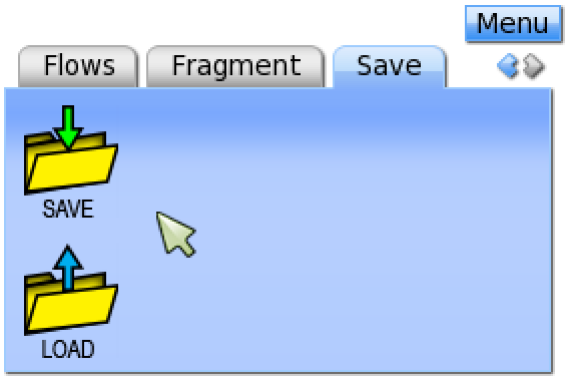


Obr. 82 Odsunutie fragmentu po kliknutí na jeho roh [1]

Pre prehľadnosť sa v rohu fragmentu zobrazuje číslo. Toto číslo určuje počet fragmentov, ktoré sú pokope.

10.3.11. Uloženie namodelovaného diagramu

Vytvorený diagram je možné uložiť do súboru pre opätovné načítanie. Pre uloženie diagramu je nutné vybrať záložku Save a tlačidlom Save sa diagram uloží do priečinka Save v hlavnom adresári.



Obr. 83 Uloženie diagramu

11. Použité zdroje

[1] Ing. Matej Škoda, *Trojdimenzionálne zobrazenie UML diagramov [diplomová práca]*, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, 2014.

[2] OMG Unified Modeling Language TM (OMG UML) Version 2.5.
`http://www.uml.org/`
[Navštívené 13.10.2014]

[3] Combined Fragment
`http://www.uml-diagrams.org/sequence-diagrams-combined-fragment.html`
[Navštívené 20.10.2014]