



Upravljanje poslovnim procesima

4. Orkestracija procesa – drugi deo

Katedra za informatiku
nastavnik: Zarić dr Miroslav

Sadržaj

- Šabloni kontrole toka (prošli čas)
- Petri mreže
- Procesni lanci upravljani događajima
- *Workflow* mreže
- Graf-bazirani jezici koji vode računa o zavisnosti podataka
- BPMN
- YAWL

Petri mreže

- Jedna od najpoznatijih tehnika za formalnu i apstraktnu specifikaciju poslovnih procesa
- Formalna – semantika modela je dobro definisana i nema nejasnoća
- Apstraktna – okruženje u kome će se izvršavati poslovni proces se zanemaruje – sagledava se samo funkcionalna i procesna perspektiva poslovnog procesa

Petri mreže

- Predložene u doktorskoj tezi Carl Adama Petri-ja
- Uopštavanje teorije automata uvođenjem pojma konkurentnosti
- Predložio je model sa grafičkom reprezentacijom i matematičkom formalizacijom

Osnovni koncepti Petri mreža

- Petri mreža se sastoji od
 - Mesta (*places*)
 - Predstavljaju se krugovima
 - Prelaza (*transitions*)
 - Predstavljaju se kvadratima
 - Usmerenih lukova - veza (*directed arcs*)
 - Predstavljaju se linijama sa strelicama
- Veze nisu moguće između dva mesta ili dva prelaza, već isključivo između mesta i prelaza ili obrnuto

Osnovni koncepti Petri mreža

- Dinamika sistema se predstavlja konceptom žetona (*tokena*)
 - Tokeni se u svakaom momemntu nalaze u nekom od mesta
- Struktura Petri mreže je fiksna, a tokeni mogu da se nalaze na različitim mestima u mreži – time se opisuje trenutno stanje mreže

Osnovni koncepti Petri mreža

- Prelaz se “okida” kada je omogućen
- Prelaz je omogućen kada u svim njegovim ulaznim mestima postoji barem po jedan token
- Kada se desi prelaz iz svakog ulaznog čvora se uklanja po jedan token, a u svaki izlazni se postavlja po jedan token
- Ovo “kretanje” tokena se naziva “igra tokena” (*token play*)

Osnovni koncepti Petri mreža

- Kako obavljanje tranzicije menja stanje sistema (mreže) one se smatraju aktivnim
 - Reprezentuju događaje, operacije, transformacije
 - U kontekstu modela procesa ovo su aktivnosti
- Mesto je pasivna komponenta
 - Praktično simbolizuje stanja čekanja, bafere, uslove...
 - U kontekstu modela procesa, mesta sa tokenima određuju trenutnu instancu procesa

Osnovni koncepti Petri mreža

- Kako obavljanje tranzicije menja stanje sistema (mreže) one se smatraju aktivnim
 - Reprezentuju događaje, operacije, transformacije
 - U kontekstu model aprocesa ovo su aktivnosti
- Mesto je pasivna komponenta
 - Praktično simbolizuje stanja čekanja, bafere, uslove...
 - U kontekstu modela procesa, mesta sa tokenima određuju trenutnu instancu procesa

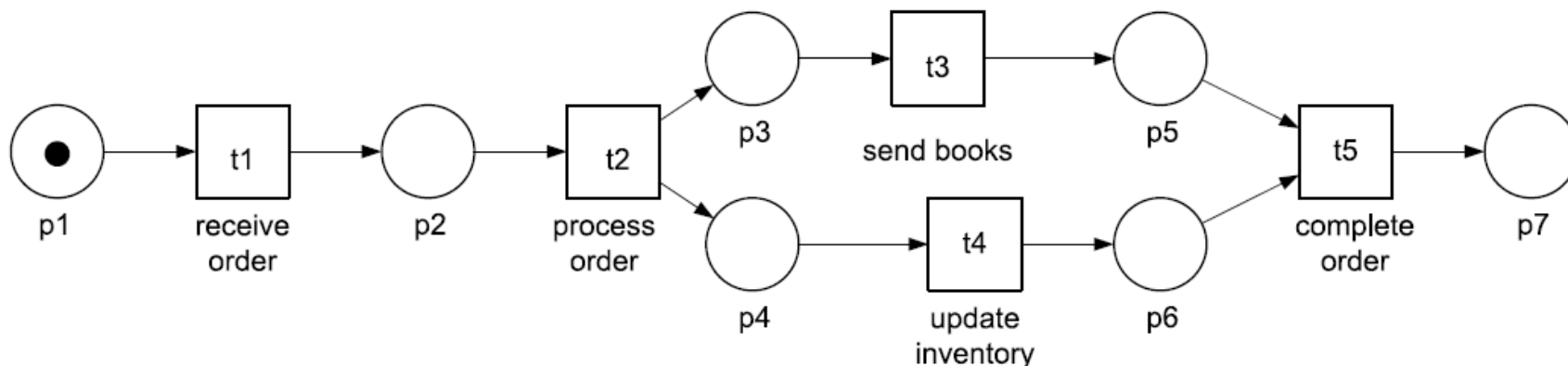
Osnovni koncepti Petri mreža

- Petri mreža opisuje strukturu sistema, pa predstavlja model poslovnog procesa
- Tranzicije predstavljaju model aktivnosti – okidanje tranzicije je ekvivalentno instanci aktivnosti
- Pošto može postojati više instanci procesa tokeni u Petri mreži ne moraju pripadati istoj instanci procesa – problem Petri mreže nemaju u osnovi ugrađen način za razlikovanje tokena

Petri mreža - definicija

- Petri mreža je uređena torka (P, T, F) ,
gde je
 - P je konačan skup mesta
 - T je konačan skup tranzicija, takav da je
 $T \cap P = \emptyset$, i
 - F je relacija $F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$
 - Mesto $p \in P$ je ulazno mesto tranzicije $t \in T$, ako i samo ako postoji
usmerena grana od p ka t ; $(p, t) \in F$
Skup ulaznih mesta za t se označava sa $\bullet t$
 - Mesto $p \in P$ je izlazno mesto tranzicije $t \in T$, ako i samo ako
postoji usmerena grana od t ka p ; $(t, p) \in F$
Skup izlaznih mesta za t se označava sa $t \bullet$
 - $p \bullet$ i $\bullet p$ označavaju skupove tranzicija koje dele p kao ulazno,
izlazno mesto (respektivno)

Petri mreža - primer

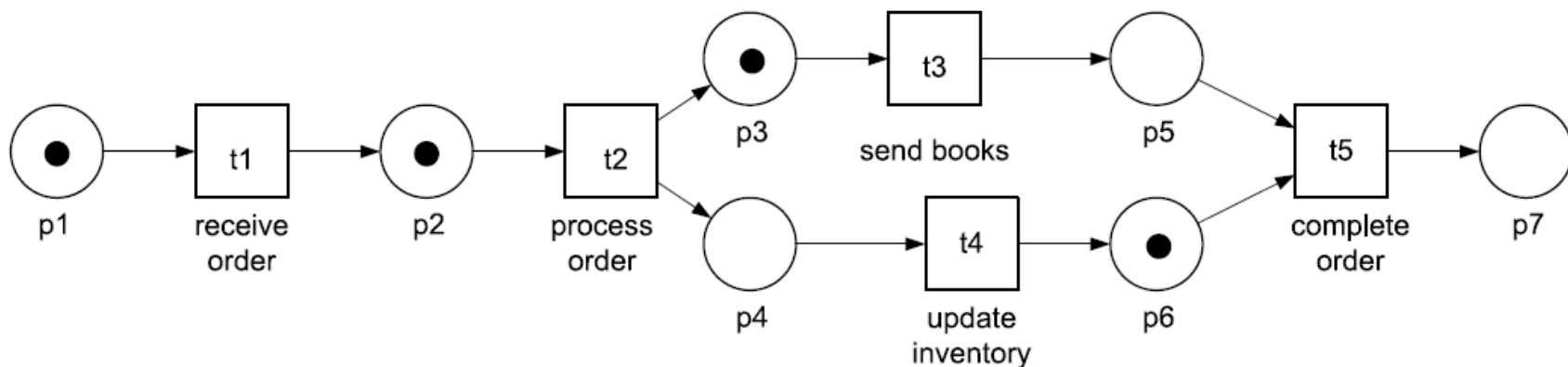


- $P=\{p_1,p_2,p_3,p_4,p_5,p_6,p_7\}$
- $T=\{t_1,t_2,t_3,t_4,t_5\}$
- $F=\{(p_1,t_1),(t_1,p_2),(p_2,t_2),(t_2,p_3),(t_2,p_4),$
 $(p_3,t_3),(p_4,t_4),(t_3,p_5),(t_4,p_6),(p_5,t_5),$
 $(p_6,t_5)(t_5,p_7)\}$

Stanje Petri mreže - definicija

- Stanje Petri mreže definisano je funkcijom mapiranja $M:P \rightarrow N$, kojom se skup mesta mapira na prirodne brojeve (uključujući 0)

Stanje Petri mreže - primer



- $M(p1)=M(p2)=M(p3)=M(p6)=1$
- $M(p4)=M(p5)=M(p7)=0$
- Ako je skup mesta potpuno uređen onda se stanje mreže može prikazati kao $M=\{1,1,1,0,0,1,0\}$

Okidanje tranzicije Petri mreže - definicija

- Neka je (P, T, F) Petri mreža, a M njeno stanje. Okidanje tranzicije se predstavlja promenom stanja mreže.
 - $M \xrightarrow{t} M'$: okidanje tranzicije t prevodi mrežu iz stanja M u stanje M'
 - $M \rightarrow M'$: označava da postoji tranzicija t kojom se izvodi promena stanja
 $M \xrightarrow{*} M'$
 - $M_1 \xrightarrow{t_i} M_n$: označava da postoji niz tranzicija t_1, t_2, \dots, t_{n-1} , takvih da postoje $M_i \rightarrow M_{i+1}$ za $1 \leq i < n$

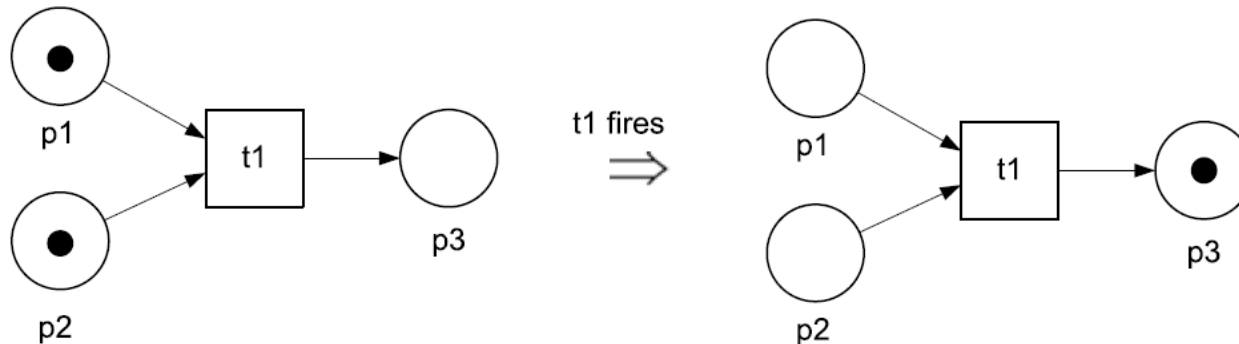
Klasifikacija Petri mreža

- Na osnovu formalnih definicija može se razlikovati više klasa Petri mreža na osnovu njihovog ponašanja pri okidanju tranzicija i strukture tokena
 - Mreže uslovnih događaja (osnovna klasa Petri mreža)
 - Mreže tranzicije mesta
 - Kolor Petri mreže

Mreže uslovnih događaja (osnovna klasa Petri mreža)

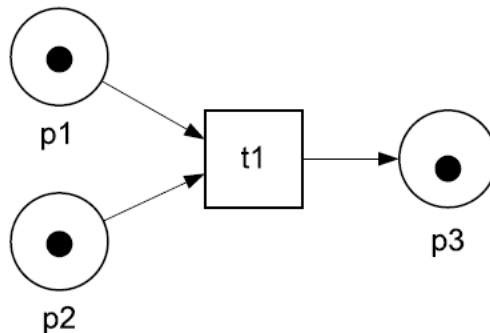
- U svakom momentu, svako mesto može sadržati tačno jedan token
- Tokeni su nestrukturirani (nemaju identitet i ne mogu se razlikovati)
- Ako je token u mestu p onda je *uslov* p zadovoljen. Kada se okine tranzicija desi se *događaj* i stanje mreže se promeni

Mreže uslovnih događaja

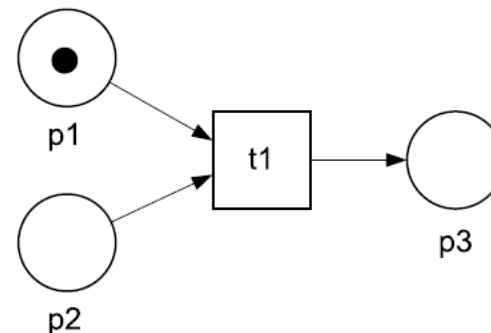


(a) Conditions p_1 and p_2 met, and condition for p_3 not met: t_1 is enabled

(b) Firing of t_1 withdraws tokens from input places and puts token to output place.



(c) t_1 not enabled, since output condition is met



(d) t_1 not enabled since not all input conditions are met

Mreže tranzicije mesta

- Proširenje osnovne klase
- U svakom stanju Petri mreže u jednom mestu može se nalaziti proizvoljan broj tokena
 - Omogućavanje tranzicija se menja
 - Uklanjanje tokena se menja
 - Uvodi se pojam težine grane – tranzicija je omogućena ako u ulaznom stanju postoji minimum onoliko tokena kolika je težina grane koja ga povezuje sa tranzicijom, iz ulaznog čvora se po okidanju tranzicije uklanja onoliko tokena kolika je težina odgovarajuće grane
- Mesta npr. mogu služiti kao brojači
- Tokeni su i dalje nestrukturirani i ne mogu se identifikovati – ozbiljan problem

Kolor Petri mreže

- Koncept boje – tokeni mogu da imaju vrednost – tako da mogu biti identifikovani
 - Imaju tipizirane vrednosti, tako da se zna kom domenu pripadaju i koje operacije su validne
 - Omogućavanje tranzicije više ne zavisi samo od broja tokena već i njihove vrednosti
 - Vrednosti tokena nakon okidanja tranzicije takođe može zavisi od vrednosti tokena koje su “potrošene” tokom tranzicije
 - Specifični uslovi se daju kao preduslovi ili post-uslovi tranzicije (ovo konceptualno nije obuhvaćeno grafičkim prikazom)
 - Postoji više verzija primene ovog koncepta

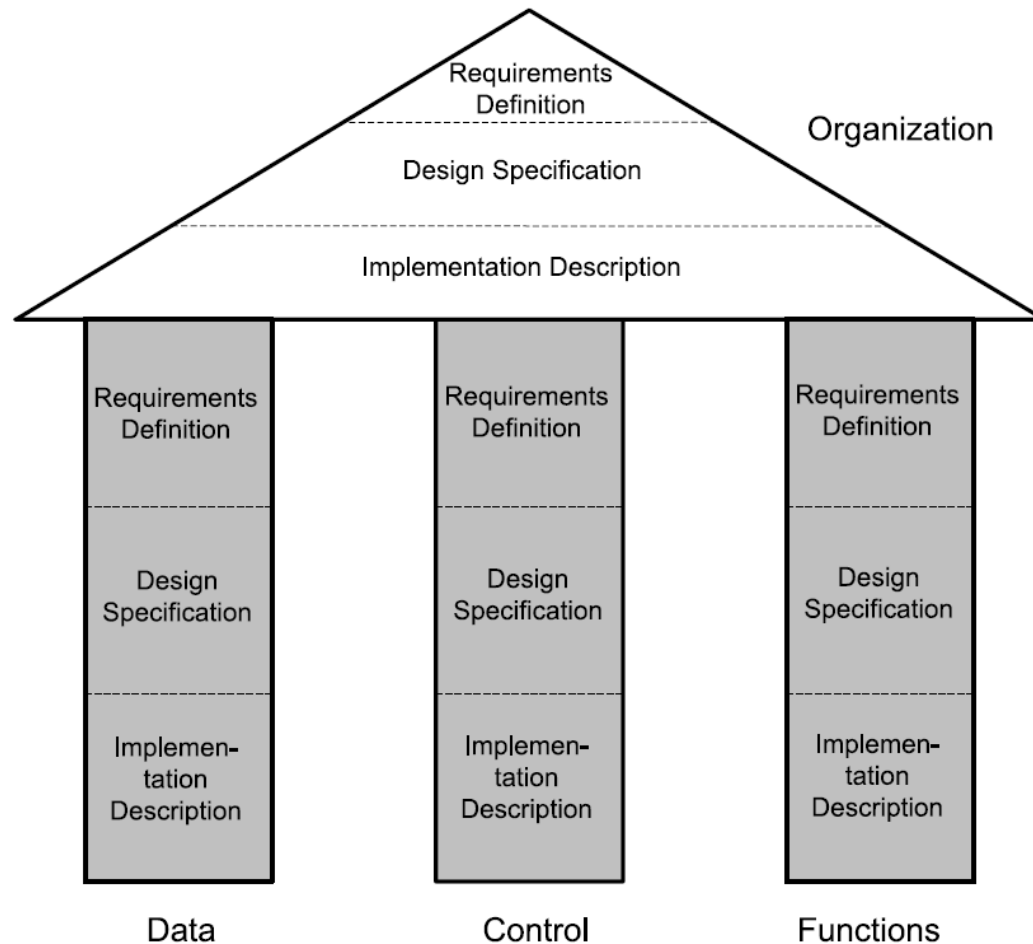
Procesni lanci upravljani događajima

- Dosta neformalna notacija
- Više usmerena na predstavljanje specifičnih domenskih koncepata i procesa nego na formalnu tehničku specifikaciju
- Deo ARIS-a (Architecture of Integrated Information Systems)
 - ARIS house

ARIS House

- Tri stuba – podaci, kontrole i funkcije
- Krov – cela organizacija
- U svakoj zoni tri nivoa apstakcije
 - Konceptualni nivo – najviši nivo
(MOV, procesni lanci, organizacioni dijagrami)
 - Nivo arhitekture
 - Implementacioni nivo – definišu se konkretni koraci koje je potrebno preduzeti za realizaciju

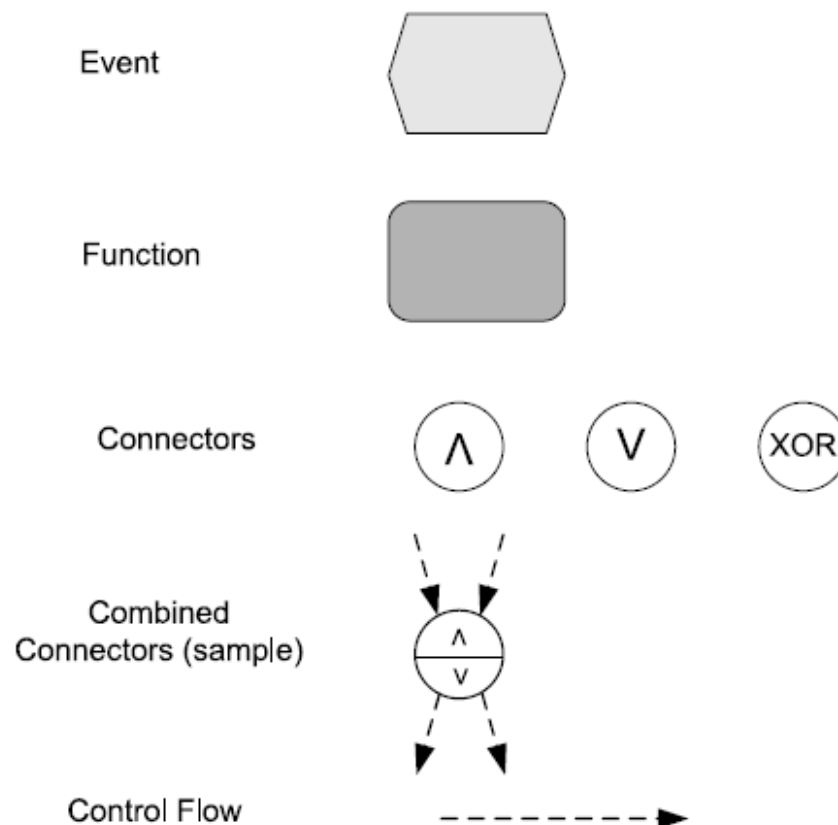
ARIS House



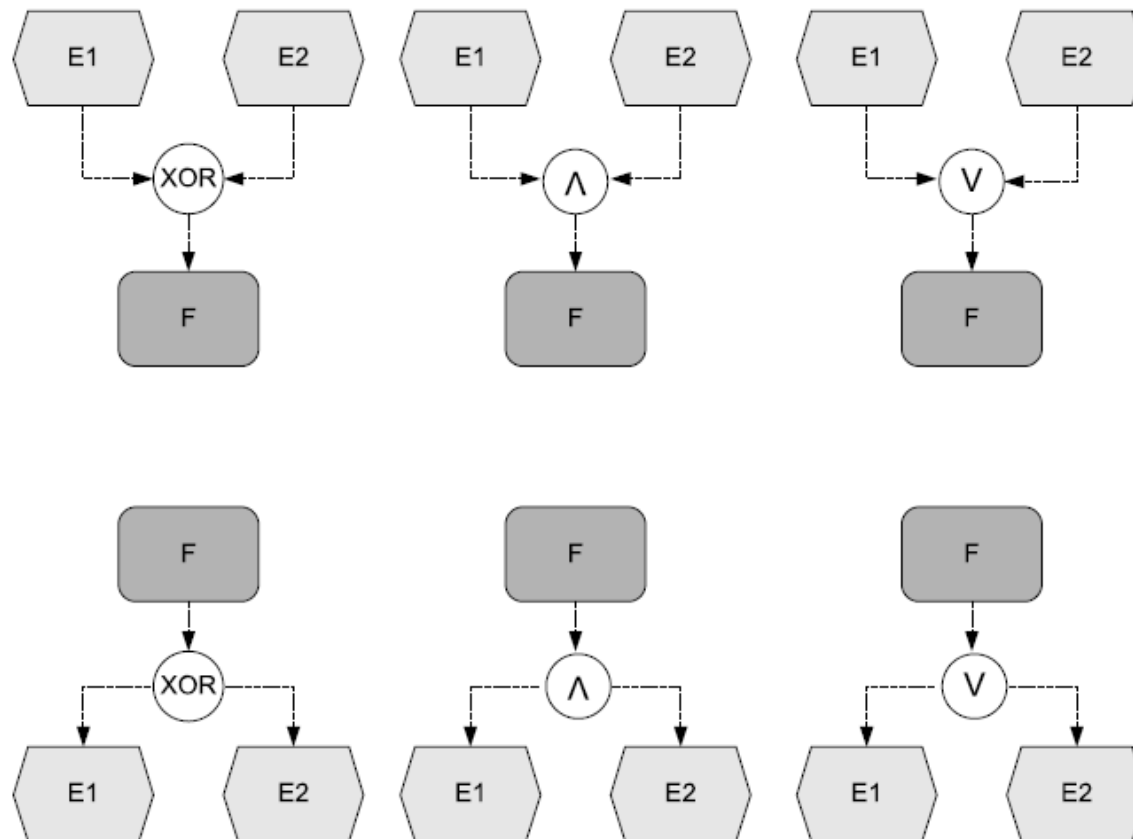
Skup metamodela

- Opisuju različite poglede na sistem
 - Funkcionalni pogled – ciljevi i podciljevi i njihove veze
 - Organizacioni pogled – organizaciona struktura
 - Pogled sa stanovišta podataka – identifikacija relevantnih podataka
 - Pogled na poslovnu vrednost ili izlaz – opisuje izlaz (korisnu vrednost) koju proizvodi poslovni proces
- Modelovanje se zasniva na formiranju procesnih lanaca kojima upravljaju događaji
 - Događaji su pasivni elementi – ne donose odluku, već se na osnovu njih donose odluke – svi događaji (sem starta i kraja) imaju uvek tačno jednu ulaznu i jednu izlaznu granu
 - Funkcije su aktivne elementi

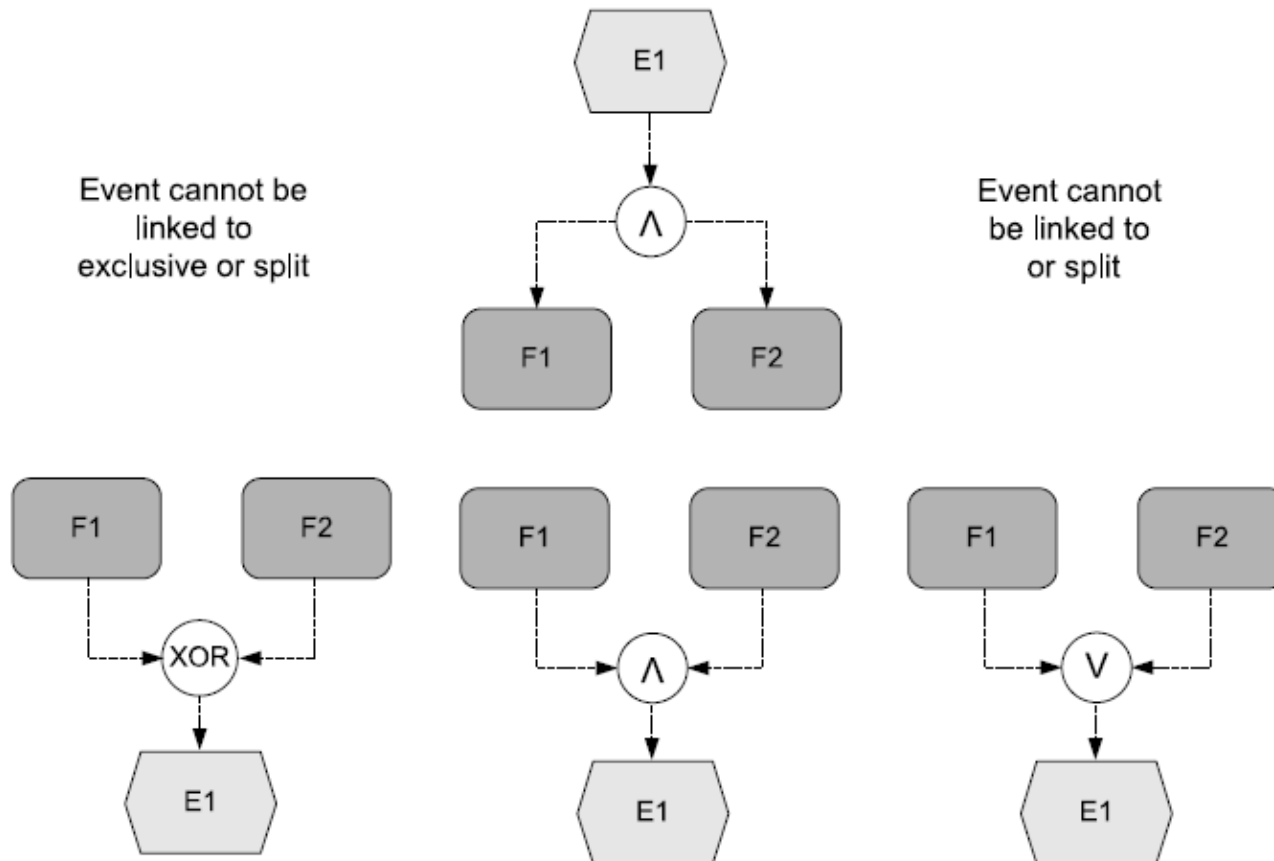
Osnovni simboli notacije



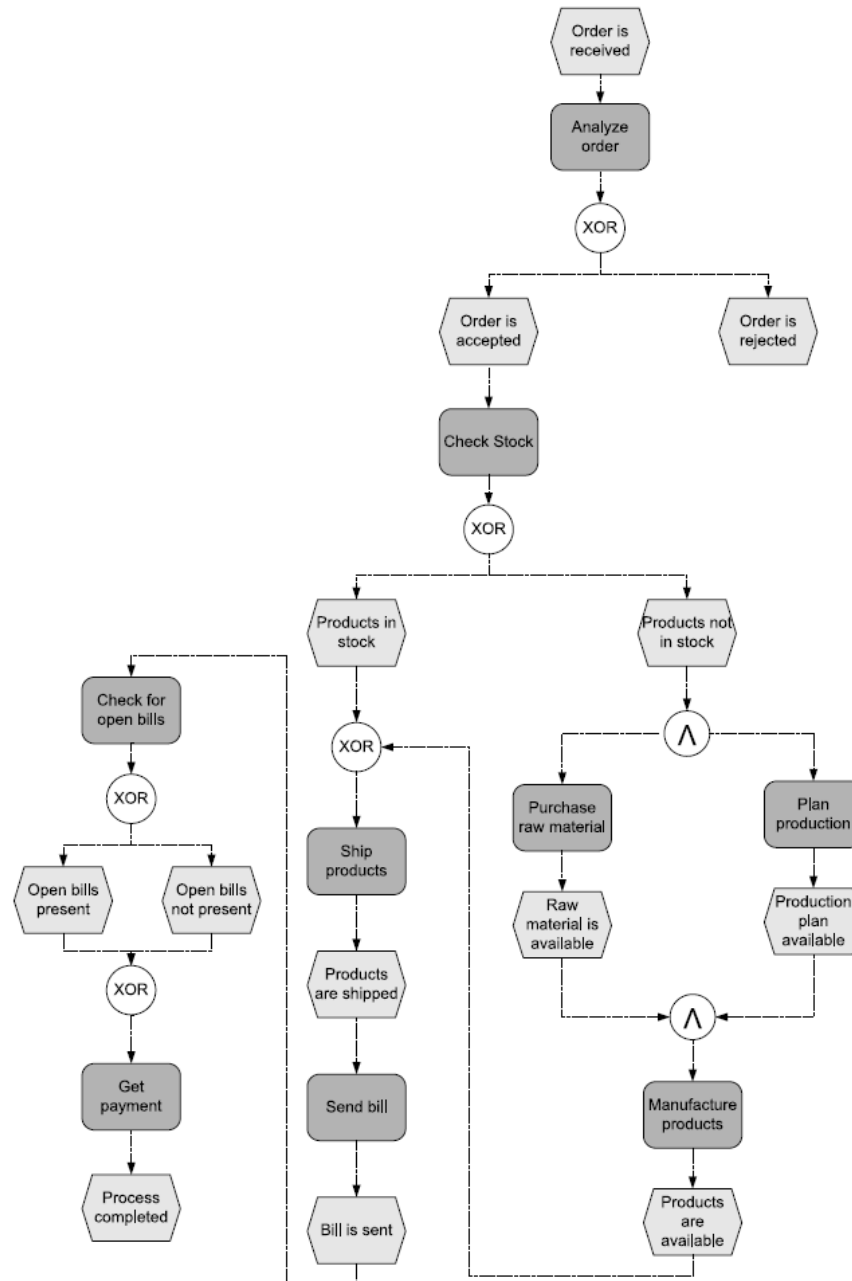
Osnove sintakse – veze više događaja - jedna funkcija



Osnove sintakse – veze više funkcija – jedan događaj



Primer



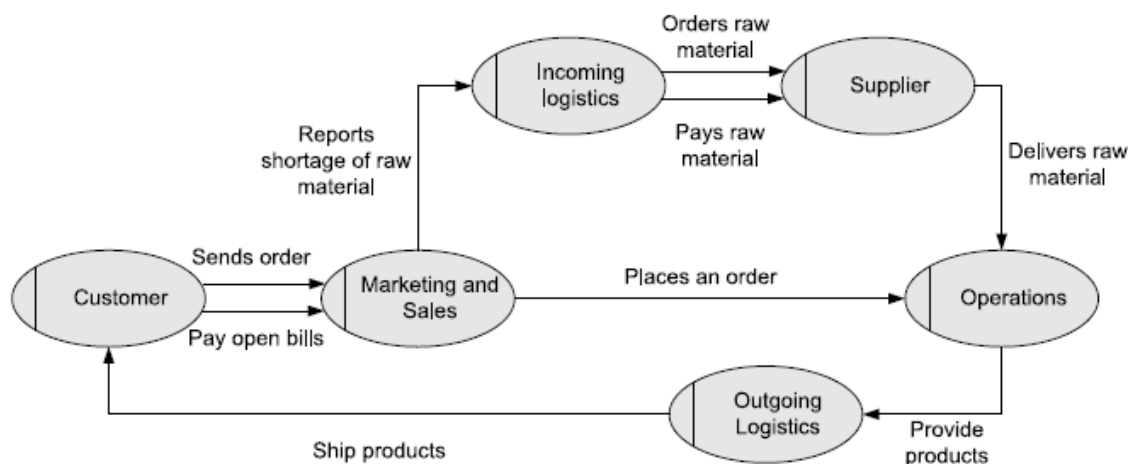
Dodatni dijagrami

- Osnovni dijagram predstavlja ozbiljno pojednostavljenje
- Dodatni dijagrami bliže specificiraju određene aspekte

Dodatni dijagrami

■ Dijagram interakcija

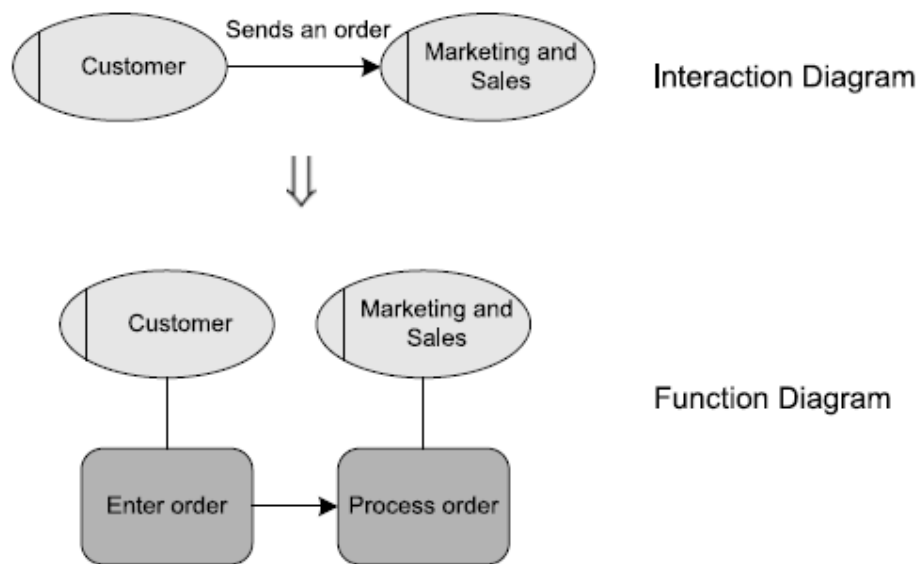
- Obezbeđuje informaciju o organizacionim celinama koje učestvuju u procesa



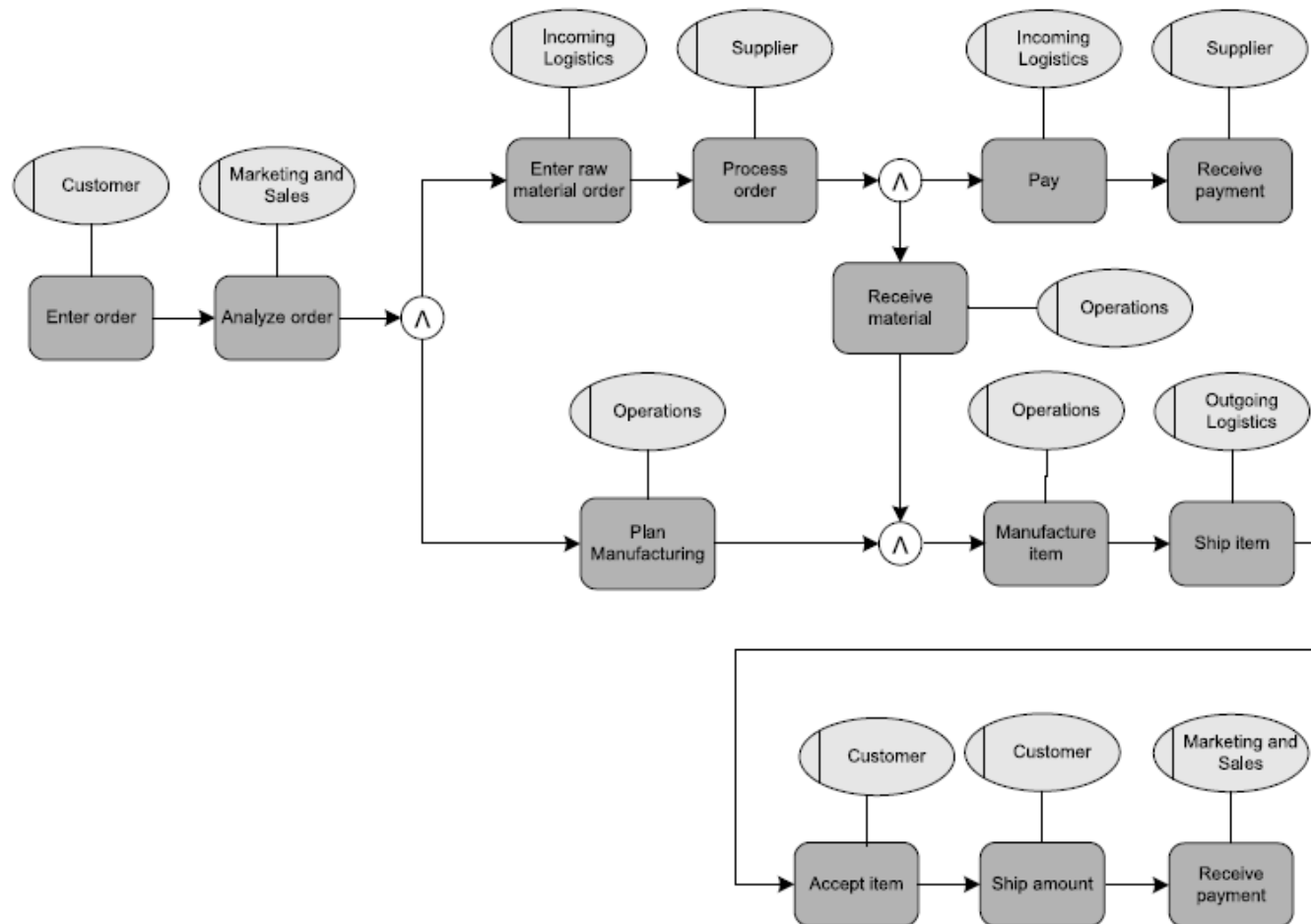
Dodatni dijagrami

■ Dijagram toka funkcija

- Obezbeđuje detaljniji uvid u funkcije koje se obavljaju prilikom interakcija

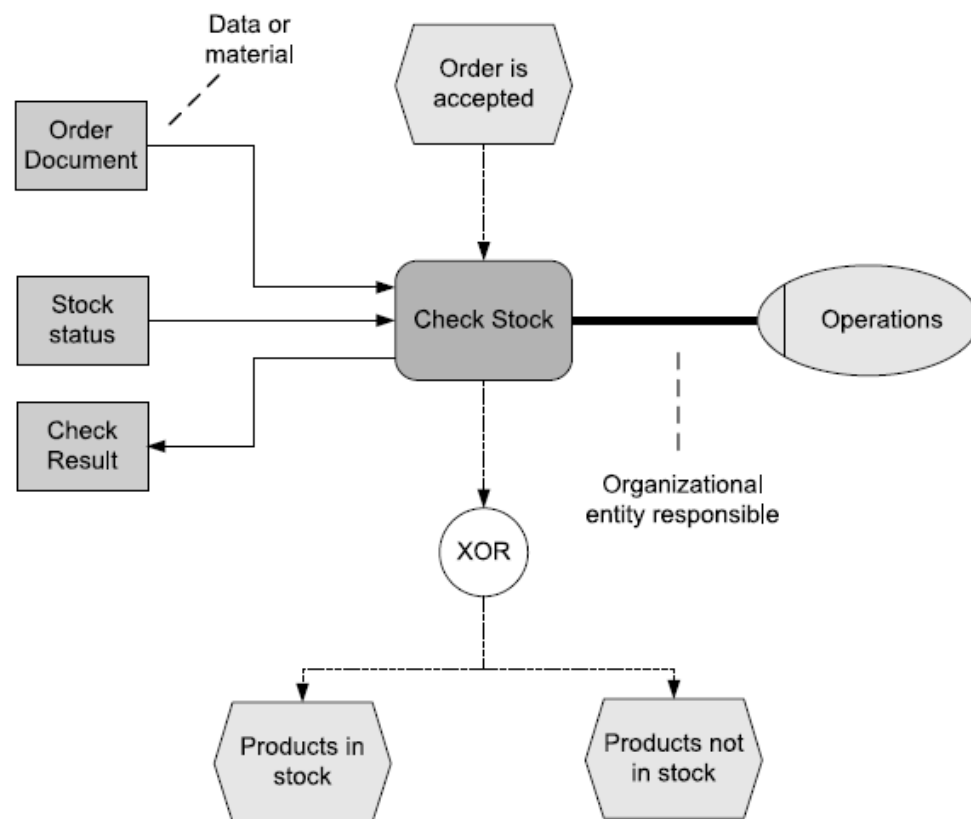


Dijagram toka funkcija - primer



Prošireni model procesnih lanaca upravljanih događajima

- Uvode se oznake za reprezentaciju
 - Podataka
 - Procesnih putanja i grupa



Workflow mreže

- Procesni lanci upravljani događajima obezbeđuju neformalnu specifikaciju
- Petri mreže su dobre za predstavljanje jednostavnih procesa, ali nedovoljne za kompleksne modele
 - Tokeni bi barem morali da nose informacije kojima bi ih bilo moguće identifikovati, tj. utvrditi kojoj instanci procesa pripadaju
- Workflow mreže su unapređenje osnovnog koncepta Petri mreže

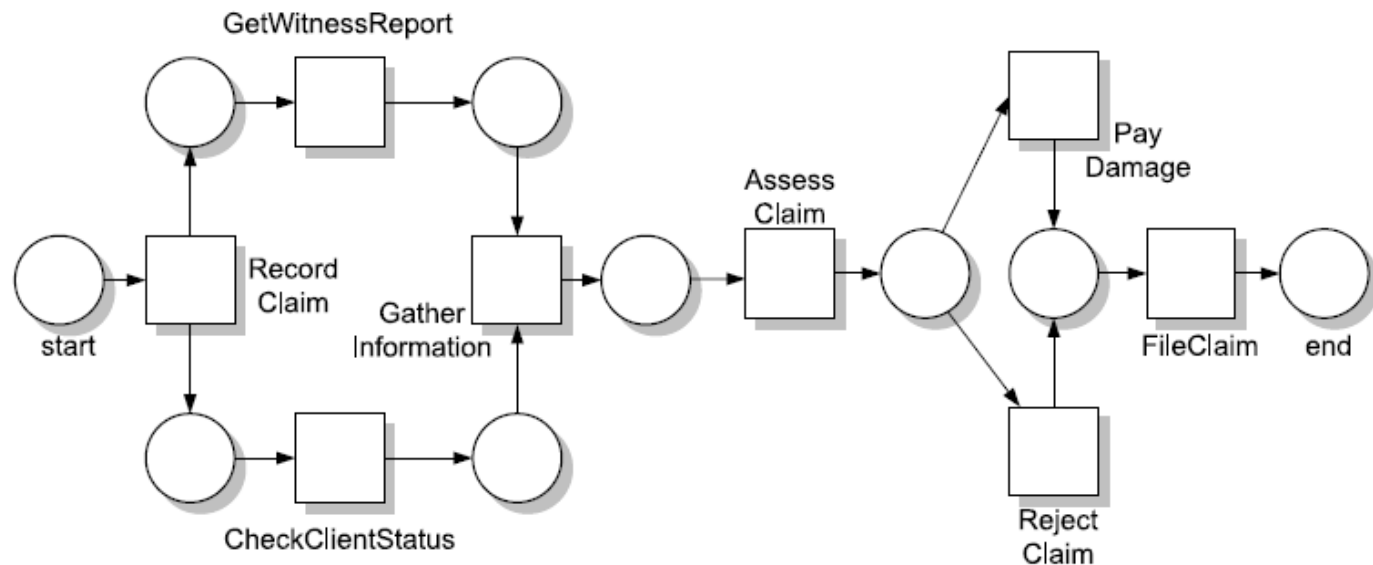
Workflow mreže

- Razlozi za primenu Petri mreža, tj. Workflow mreža:
 - Formalna semantika
 - Grafička reprezentacija
 - Analiza osobina procesa (zahvaljujući formalnoj semantici)
 - Nezavisnost od izabranog alata za modelovanje

Workflow mreže - definicija

- Petri mreža $PN=(P,T,F)$ se naziva *mrežom radnog procesa (workflow net)* samo ako su zadovoljeni sledeći uslovi:
 - Postoji određeno mesto $i \in P$ (polazno mesto), koje nema ulaznih grana, tj. $\bullet i = \emptyset$
 - Postoji određeno mesto $o \in P$ (odredište, kraj) koje nema izlaznih grana, tj. $o \bullet = \emptyset$
 - Sva ostala mesta i tranzicije nalaze se na putanji između i i o

Workflow mreže - primer



Kontrola toka procesa

■ Sekvenca

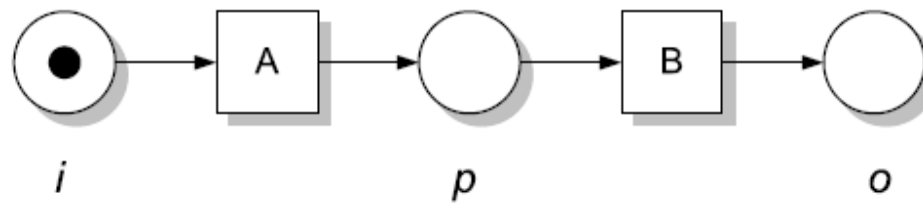
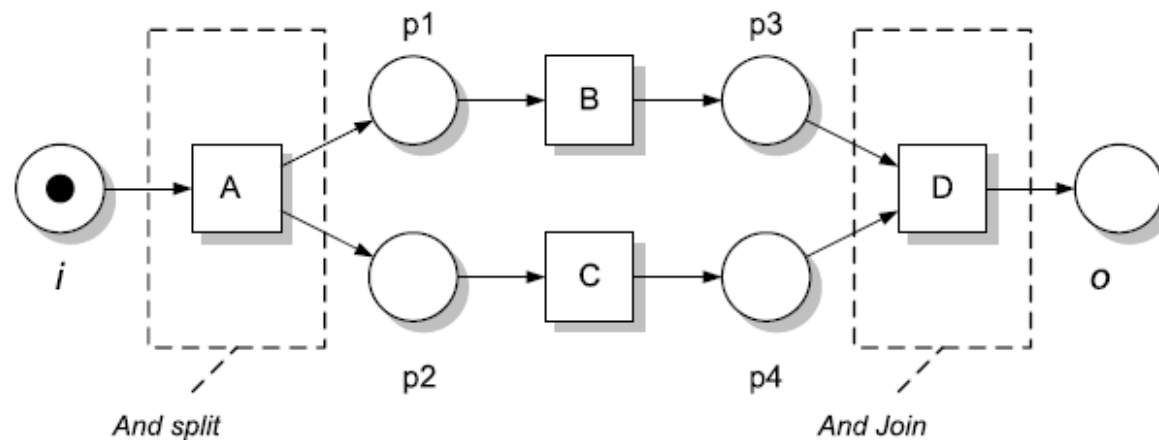


Fig. 4.42. Sequence pattern in workflow net

Kontrola toka procesa

■ And split / join



Kontrola toka procesa

■ Xor split / join

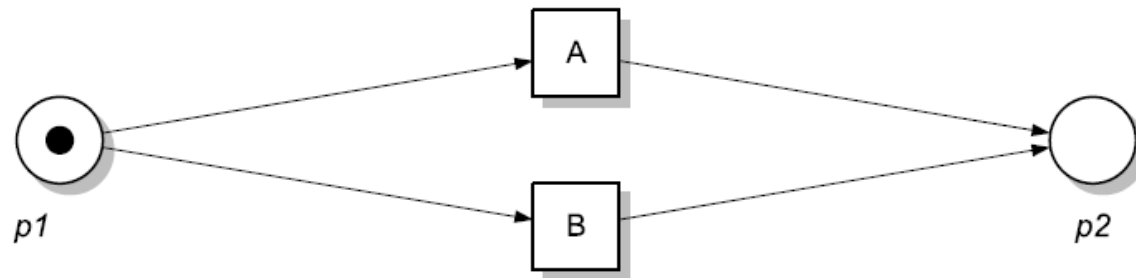


Fig. 4.44. *Implicit exclusive or split also known as deferred choice*

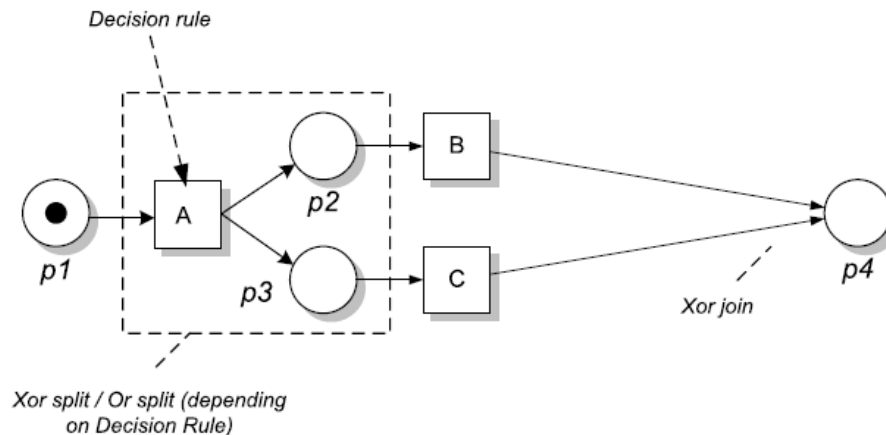
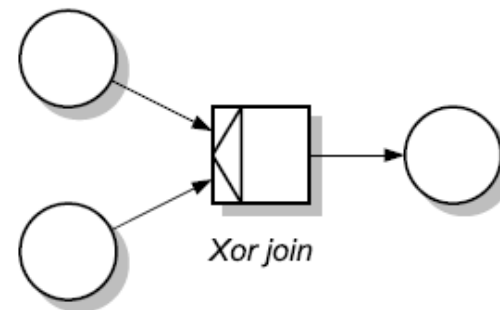
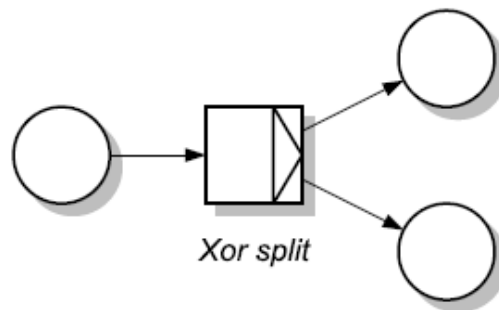
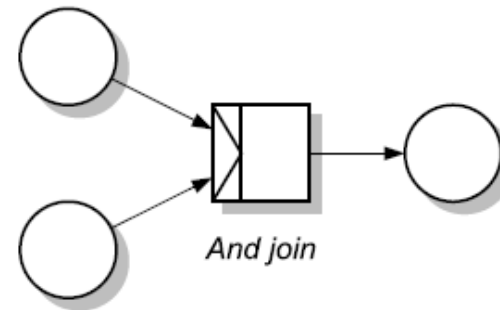
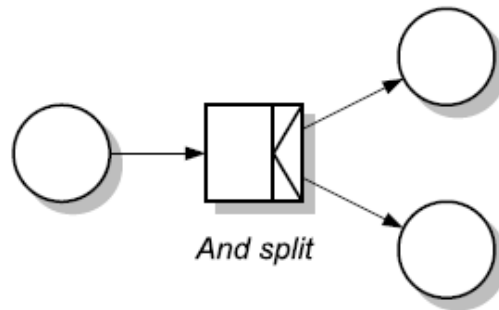


Fig. 4.45. Decision rule based split, can realize *or split*, *exclusive or split*, and *and split*

Kontrola toka procesa – “sintaksno zaslađivanje”



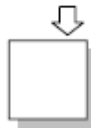
Triggeri (okidači)

- Uvedeni kako bi se detaljnije opisali uslovi i okruženje u kojim se procesi izvršavaju
- Triggeri se prikazuju kao anotacije kojim se obezbeđuju dodatne informacije o tome ko ili šta je odgovorno za okidanje tranzicije koja je omogućena

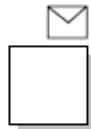
Triggeri (okidači)



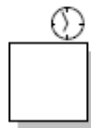
Automatic Trigger: Task enacted automatically



User Trigger: A human user takes initiative and starts activity

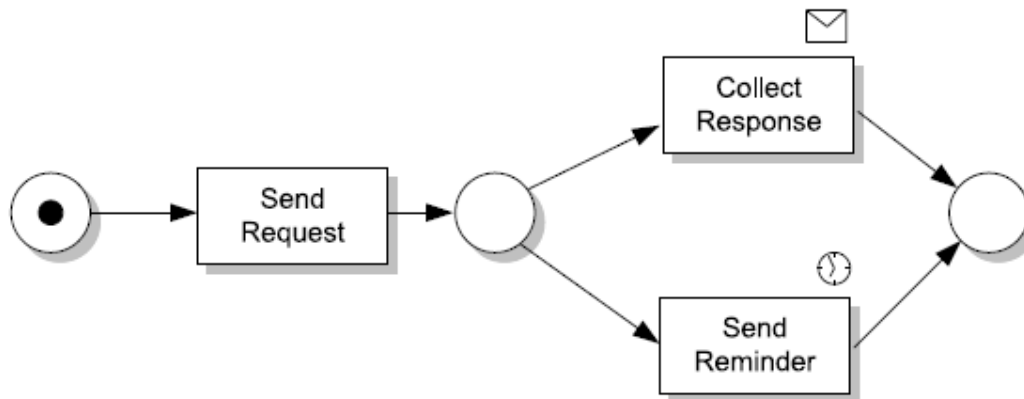


External Trigger: External event required to start activity

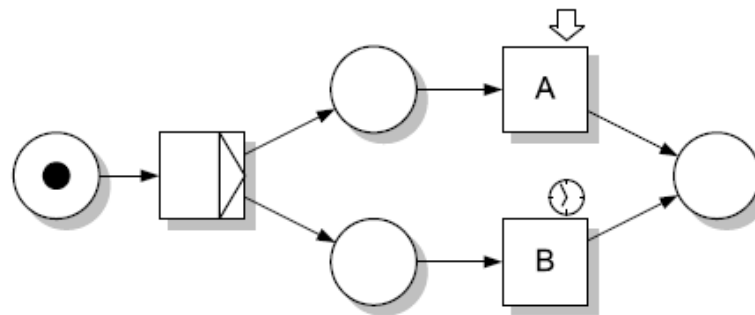


Time Trigger: Activity started when timer elapses

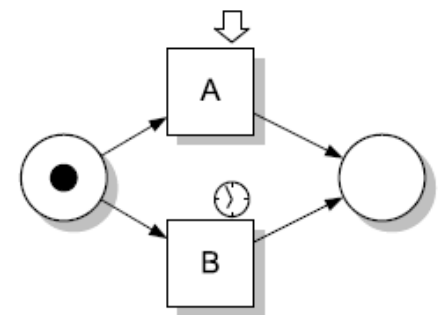
Triggeri (okidači) - primer



Razlika pri uporabi
eksplicitnog ili
implicitnog grananja



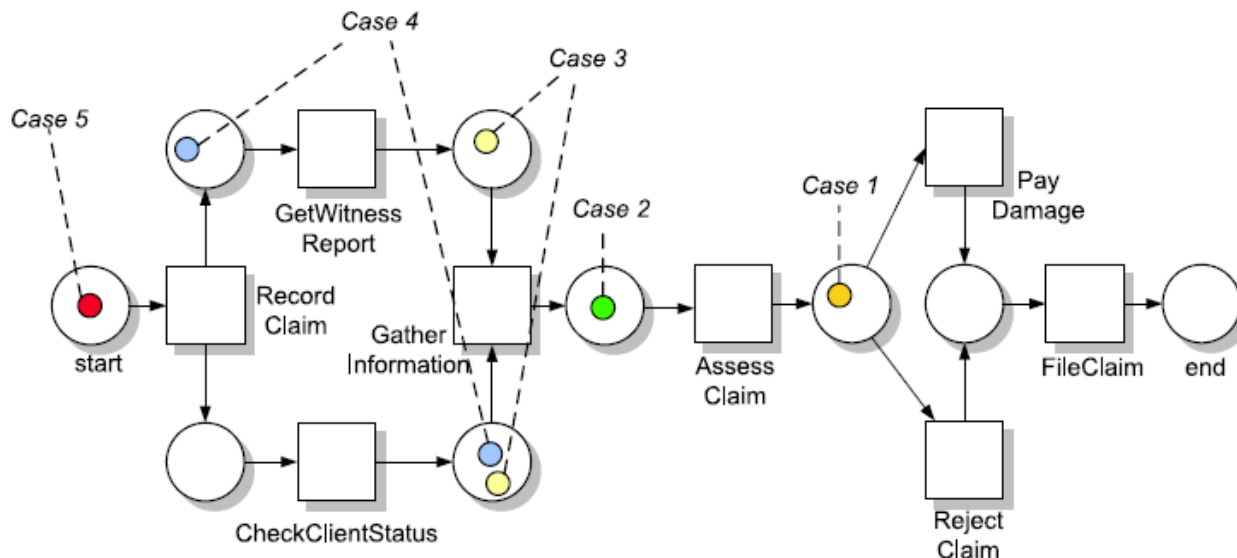
(a) *Explicit xor split does not enable A and B concurrently*



(b) *Implicit xor split enables A and B concurrently*

Reprezentacija instanci

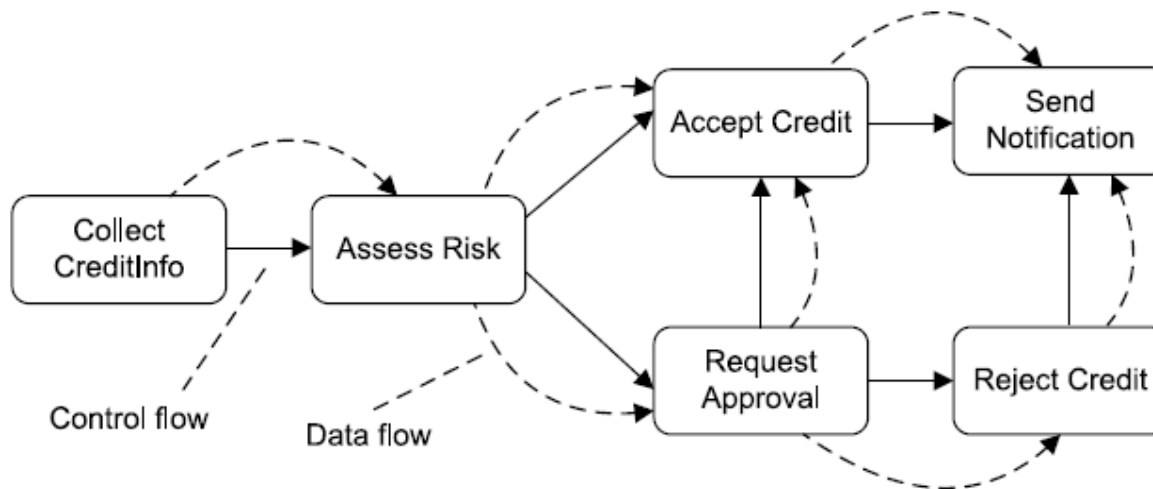
- Svaka instanca procesa se predstavlja pripadajućim skupom tokena
- Tokeni se označavaju bojama, i imaju određene vrednosti koje ih identifikuju



Graf-bazirani jezici koji vode računa o zavisnosti podataka

- Razvijen u sklopu komercijalnog sistema za upravljanje procesima
 - Kao takav prikazuje neke koncepte koji ostali jezici nemaju – međuzavisnost podataka između aktivnosti i eliminaciju “slepih putanja”

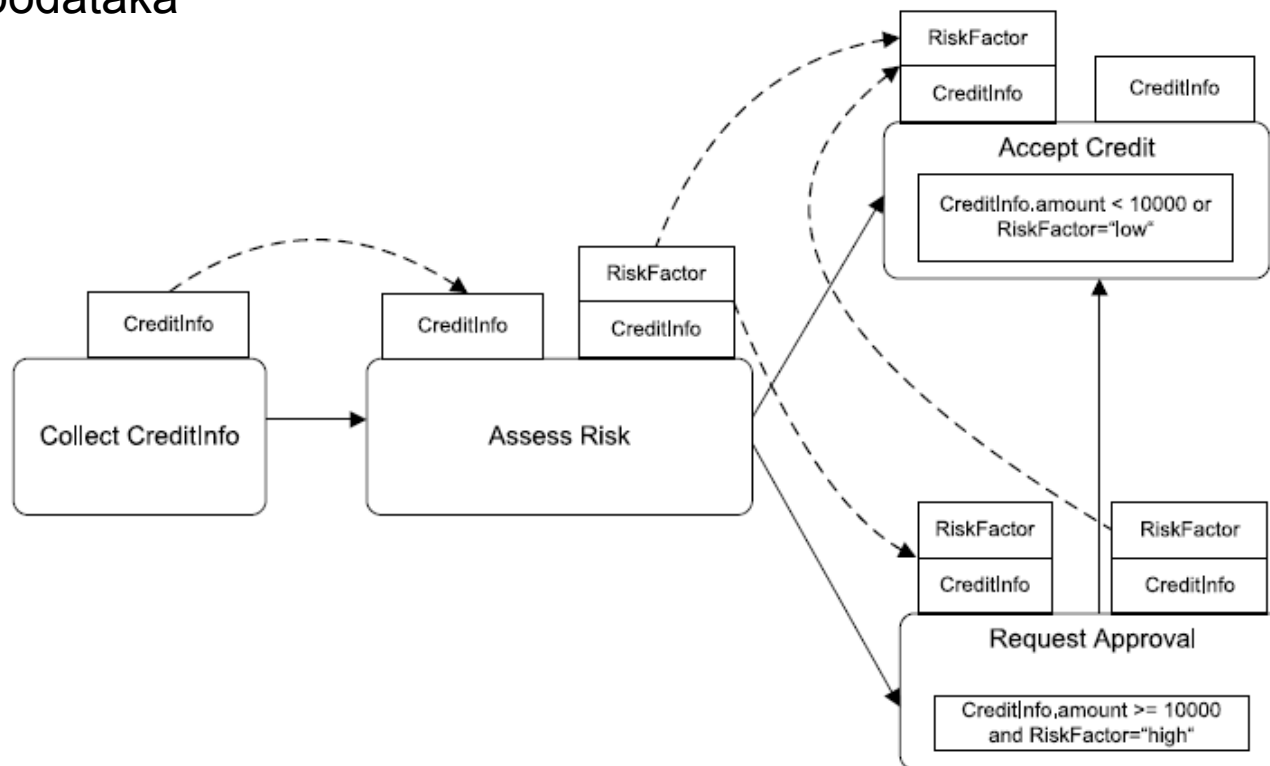
Primer modela procesa



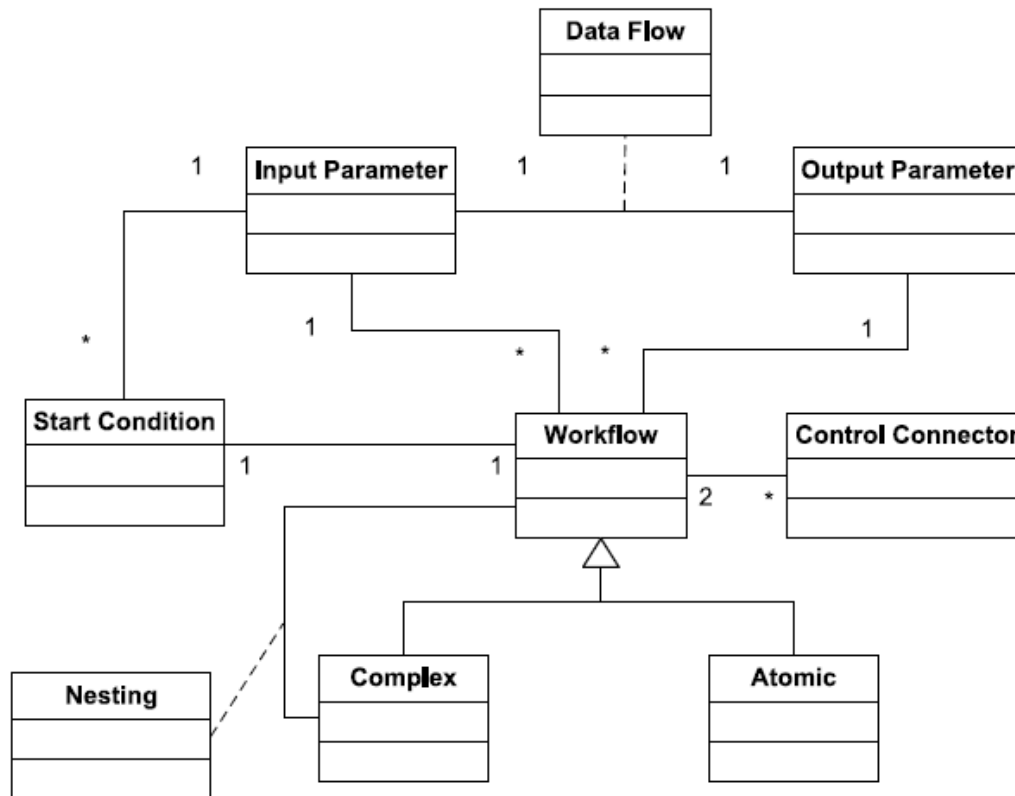
Detaljniji primer modela procesa (2)

Koncepti:

- parametara (ulaznih, izlaznih)
- početnih uslova
- tok podataka



Metamodel





BPMN

- Razvija ga Object Management Group
- Definiše i metamodel za predstavljanje modela poslovnih procesa
- Smisao BPMN je sličan UML – da identifikuje najbolje prakse modelovanja i da ih objedini u jednu specifikaciju
- BPMN nastoji da pokrije sve nivoe apstrakcije pri modelovanju

BPMN

“The primary goal of BPMN is to provide a notation that is readily understandable by all business users, from the business analysts that create the initial drafts of the processes, to the technical developers responsible for implementing the technology that will perform those processes, and finally, to the business people who will manage and monitor those processes. Thus, BPMN creates a standardized bridge for the gap between the business process design and process implementation.”

BPMN

- Definisane su i klase skladaenosti kojim se utvrđuje nivo podrške koji određeni softver pruža za ovaj standard
 - *Process Modeling Conformance* – podrška za osnovne BPMN elemente, dijagrame procesa, dijagrame kolaboracije, konverzacione dijagrame
 - *Process Execution Conformance* – podrška za operativnu semantiku BPMN-a
 - *Choreography Modeling Conformance* – podrška za osnovne BPMN elemente, dijagrame kolaboracije i koreografije

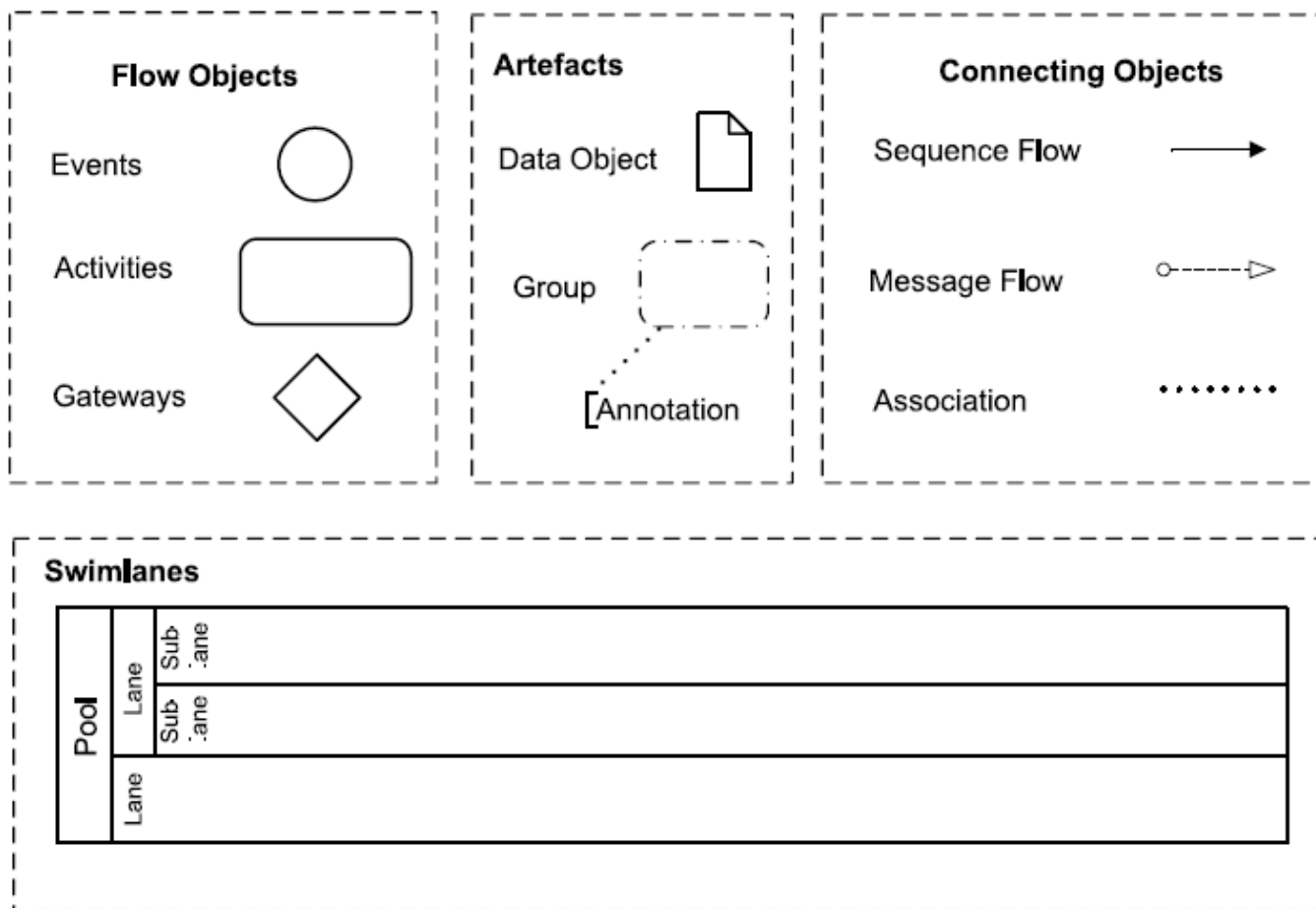
BPMN - principi

- BPMN definiše notaciju i metamodel koji služi za organizovanje koncepata datih notacijom
- Standard je organizovan slojevito
 - BPMN Core Structure – osnova standarda
 - definiše opšte koncepte npr. BaseElement kao apstraktnu klasu
- Osnovni elementi BPMN modela omogućavaju izražavanje jedsnotavnih struktura
- Grafička notacija se nadopunjuje skupom atributa
 - Atributi mogu imati efekat i na način prikazivanja elementa
- Organizacioni aspekti se predstavljaju pomoću *pool* i *swimlane* koncepta

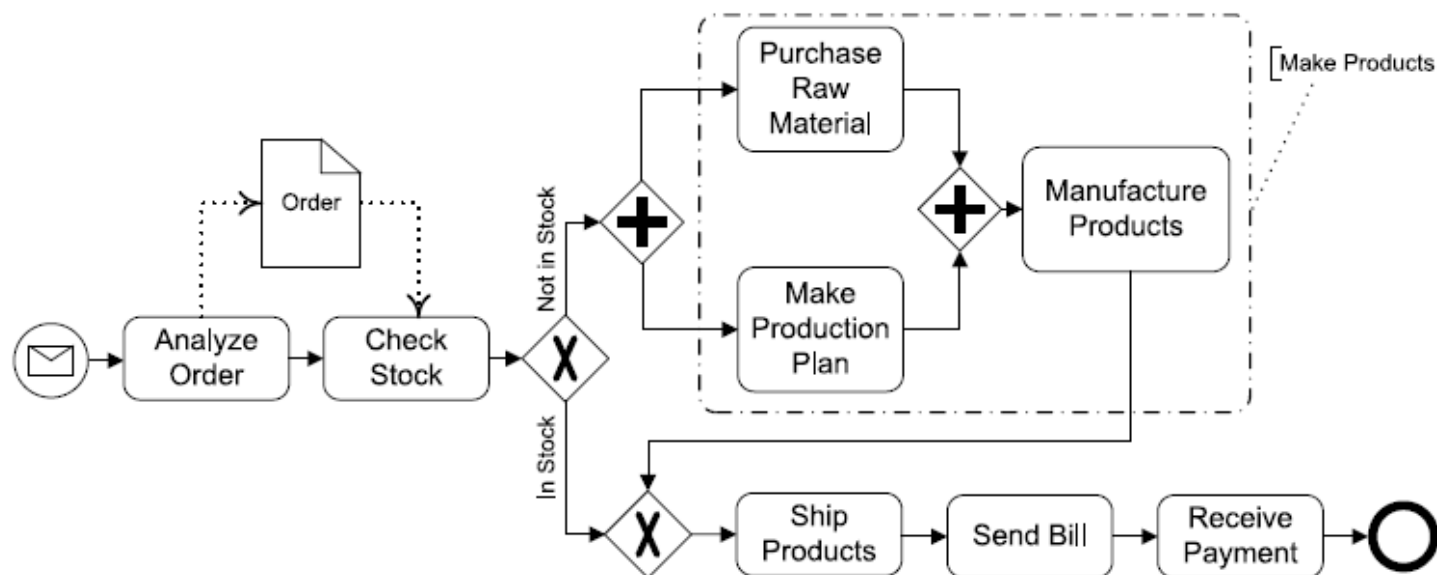
BPMN – dijagrami poslovnih procesa

- Elementi notacije podeljeni u četiri grupe
 - *Flow objects* – elementi kojima se gradi model
 - *Artefacts* – prikazuju dodatne informacije koje nisu direktno relevantne za tok izvršavanja procesa
 - *Connecting objects* – povezuju elemente dijagrama
 - *Swimlanes* – prikazuju organizacioni aspekt - uloge korisnika

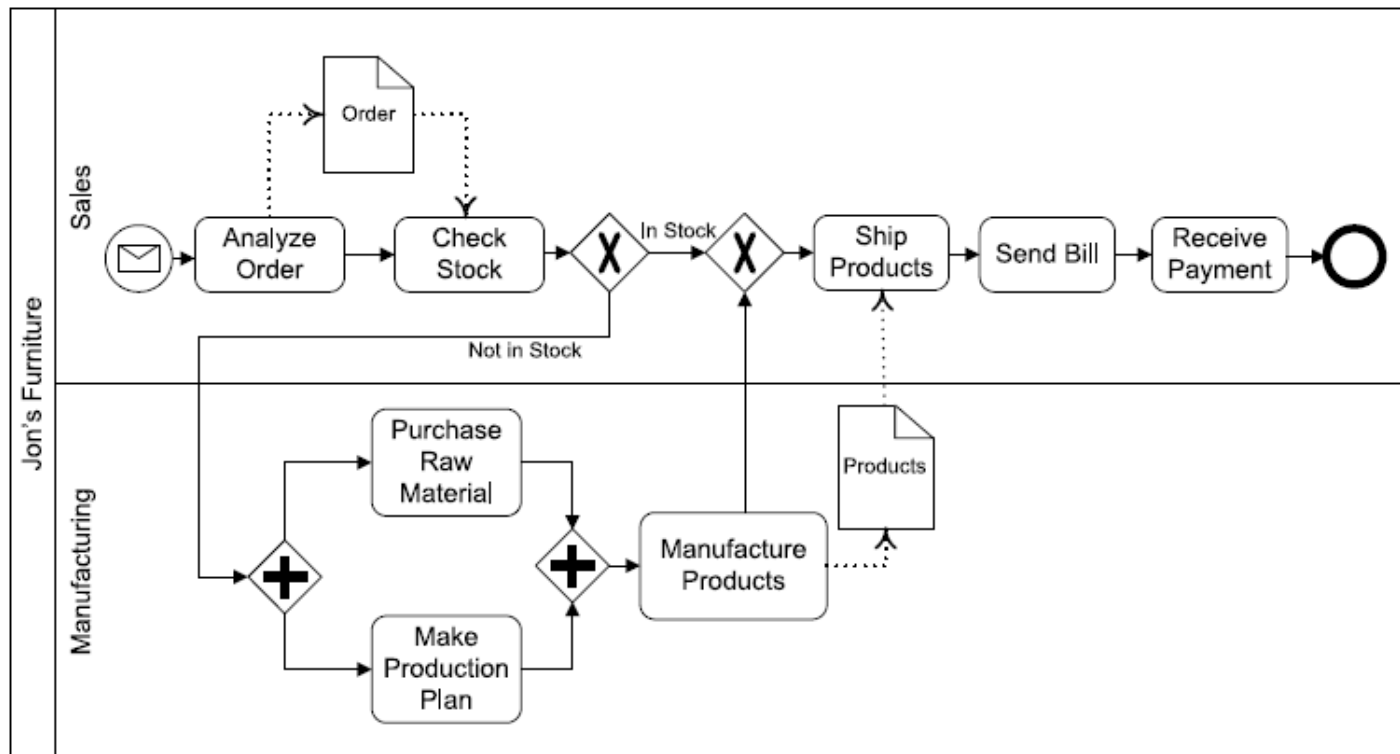
BPMN – dijagrami poslovnih procesa



BPMN – dijagrami poslovnih procesa

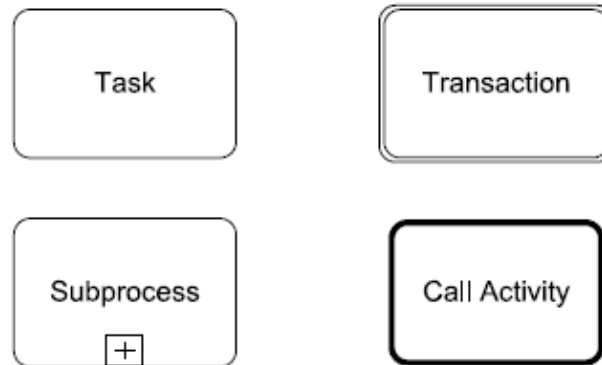


BPMN – dijagrami poslovnih procesa



Aktivnosti

- Predstavljaju jedinice “posla” koji treba obaviti u procesu
- Osnovni element poslovnog procesa



Aktivnosti - markeri

- Bliže definišu semantiku izvršavanja aktivnosti



Subprocess Marker



Loop Marker



Parallel MI Marker



Sequential MI Marker



Adhoc Marker



Compensation Marker

Aktivnosti – oznake tipova

- Pojašnjavaju kako se aktivnost izvršava



Send Task



Receive Task



User Task



Manual Task



Business Rule Task



Service Task


















































Script Task

Događaji

- Događaji su veoma bitan deo poslovnog procesa
- Oni predstavljaju sponu između realnog sveta i procesa koji će reagovati na pojavu određenih događaja

Događaji

	Start Events	Intermediate Events				End Events
	Catching	Catching	Boundary Interrupting, Catching	Boundary Non-Interrupting, Catching	Throwing	Throwing
None or blanco: Untyped events, indicate start point, state changes or final states.						
Message: Receiving and sending messages.						
Timer: Cyclic timer events, points in time, time spans or timeouts.						
Escalation: Escalating to an higher level of responsibility.						
Conditional: Reacting to changed business conditions or integrating business rules.						
Link: Off-page connectors, Two corresponding link events equal a sequence flow.						
Error: Catching or throwing named errors.						
Cancel: Reacting to cancelled transactions or triggering cancellation.						
Compensation: Handling or triggering compensation.						
Signal: Signalling across different processes. A signal thrown can be caught multiple times.						
Multiple: Catching one out of a set of events. Throwing all events defined.						
Parallel Multiple: Catching all out of a set of parallel events.						
Terminate: Triggering the immediate termination of a process.						

Događaji – izbacivanje i hvatanje događaja

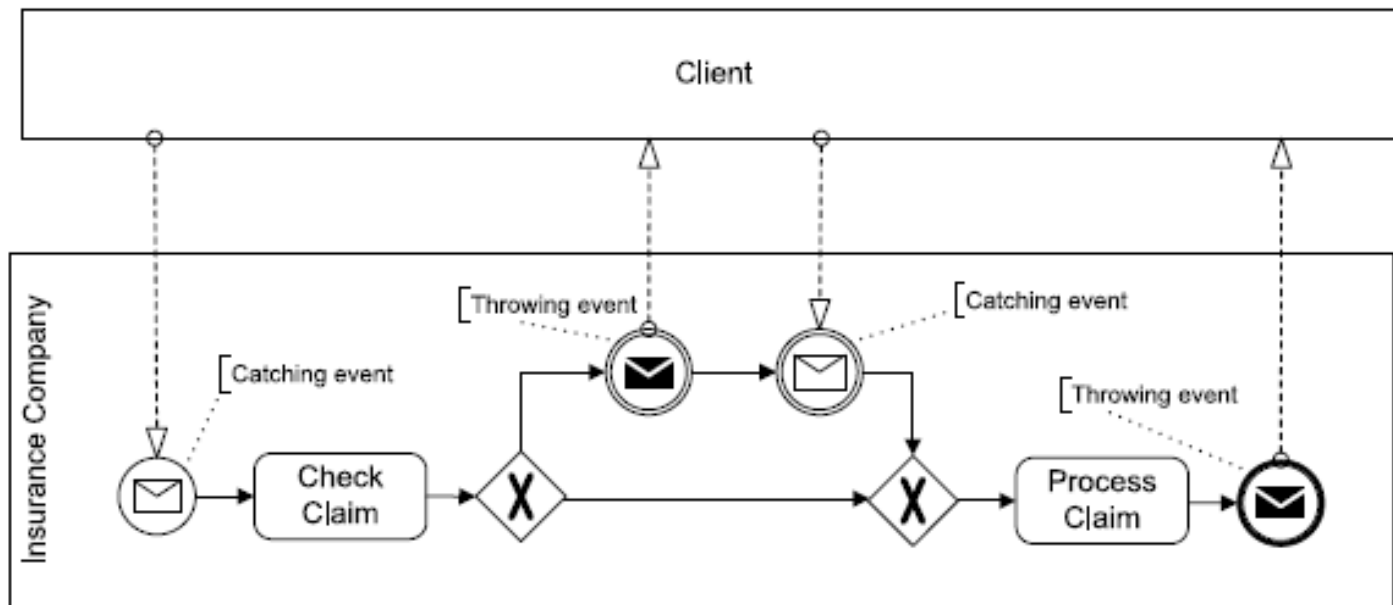


Fig. 4.86. Throwing and catching events

Korišćenje tipova aktivnosti za modelovanje istog procesa

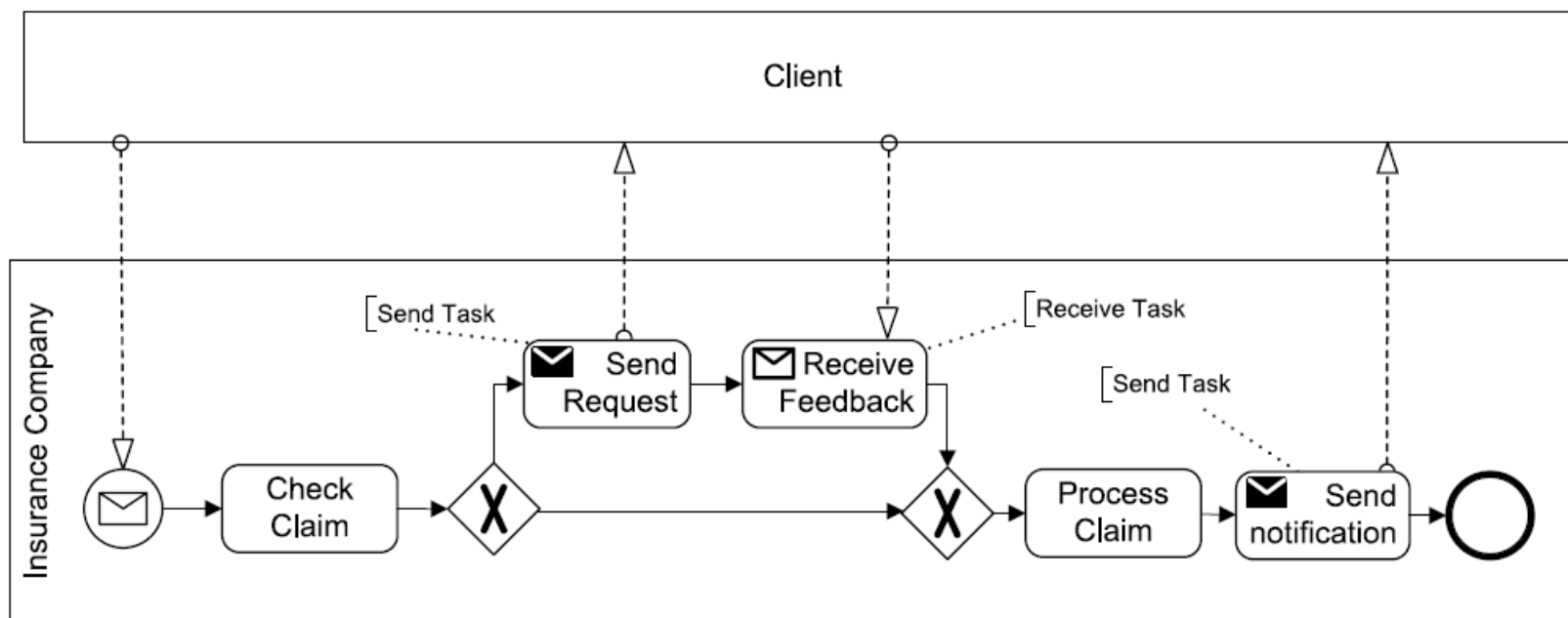
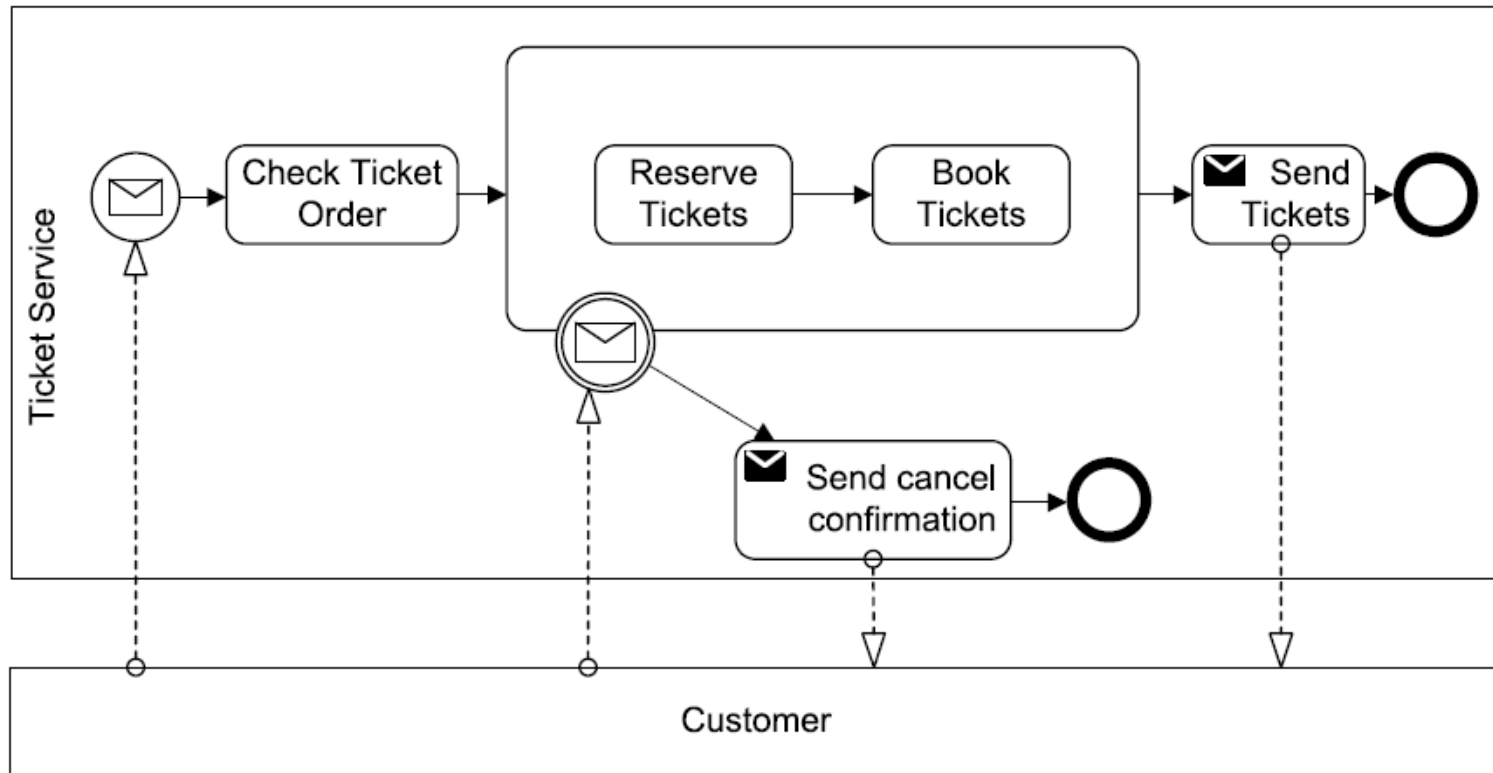
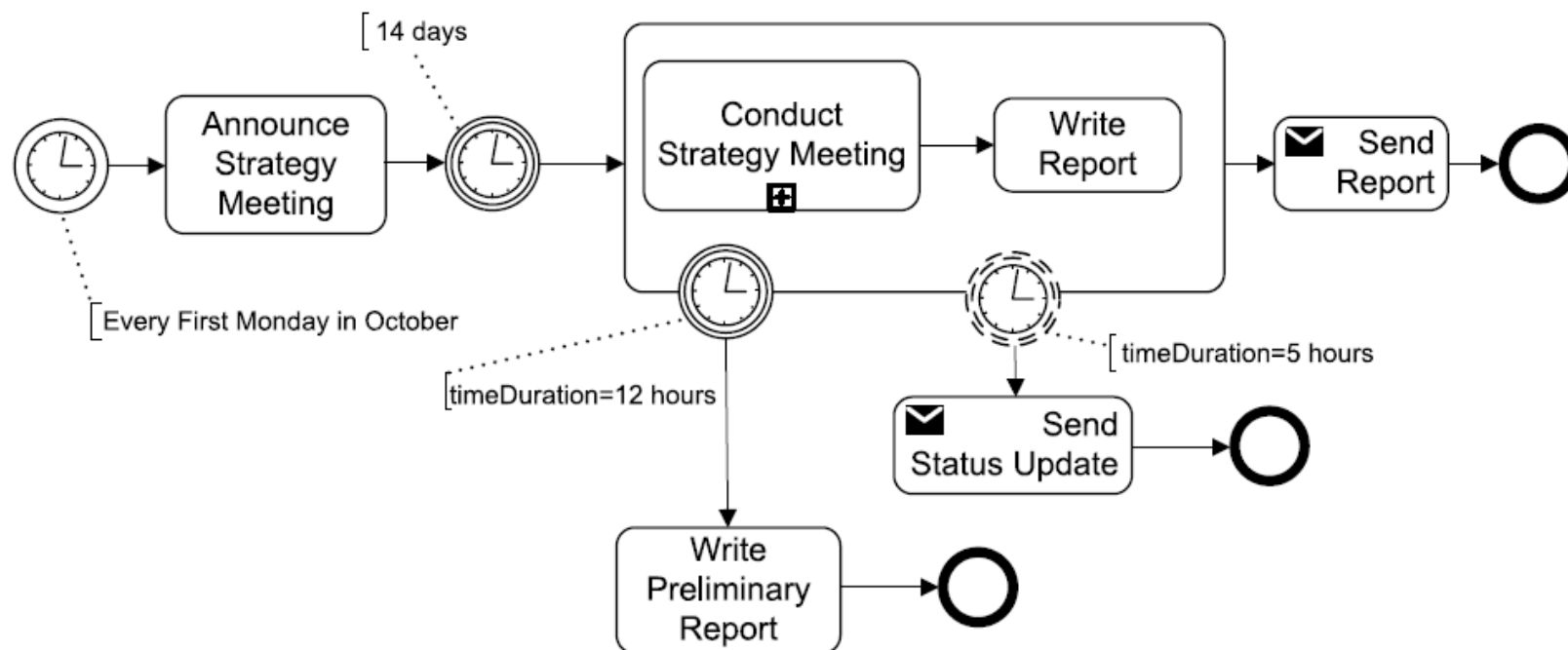


Fig. 4.87. Using markers to identify send tasks and receive tasks

Događaji – granični događaji

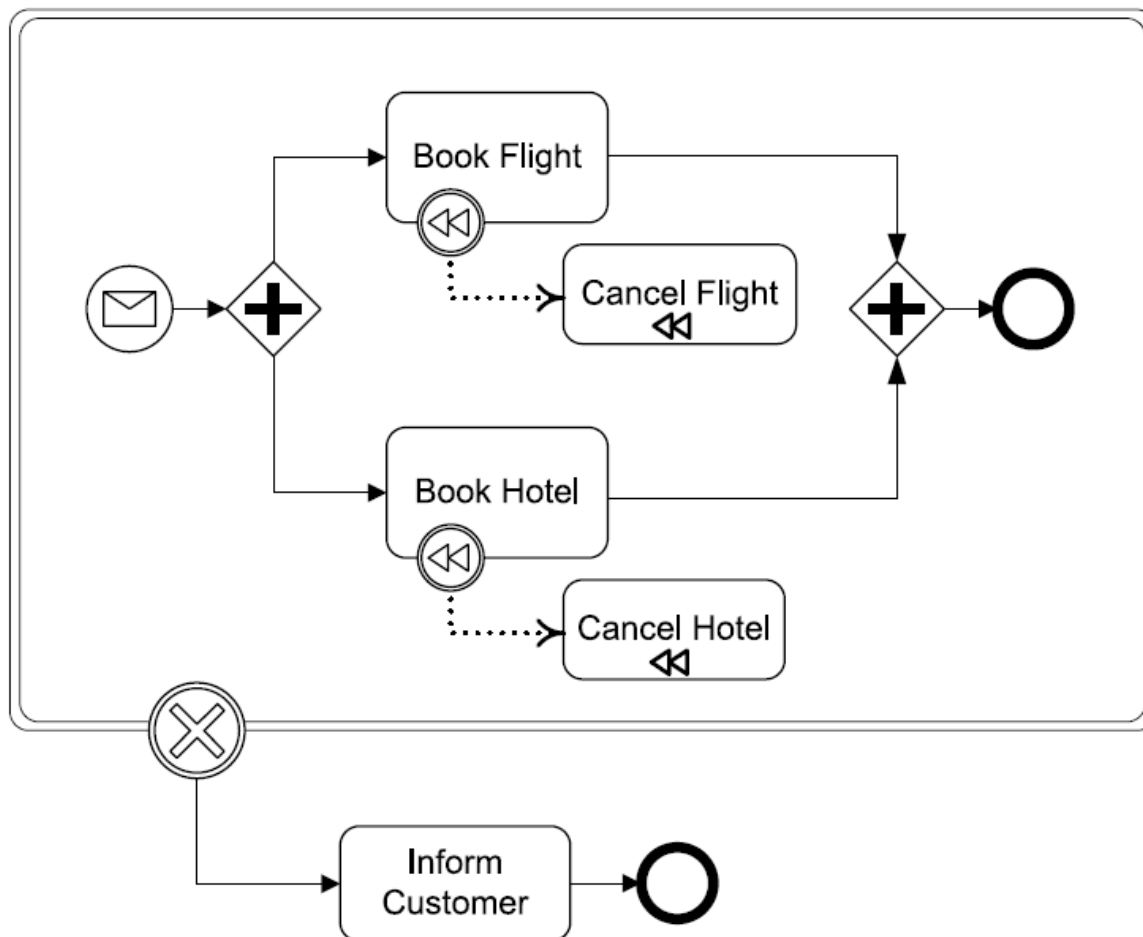


Događaji – granični događaji



Događaji – komenzacioni događaji

Usko povezani sa
pojmom transakcije



Grananja



Exclusive Gateway



Exclusive Gateway
(alternative)



Parallel Gateway



Inclusive Gateway



Event-based Gateway



Complex Gateway



Parallel Event-based
Gateway (instantiate)



Exclusive Event-based
Gateway (instantiate)

Grananja

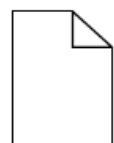
- *Exclusive gateway* implementira XOR šablon
- *Parallel gateway* implemenira I (AND) šablon grananja
- *Event based gateway* takođe izaziva izbor samo jedne putanje, ali odluku o grani donosi okruženje - implementira šablon odloženog izbora

Grananja

- *Inclusive gateway* omogućava najfleksibilnije ponašanje pošto ujedinjuje ponašanje XOR i I grananja
- *Complex gateway* omogućava da se definiše kombinovano, složeno, ponašanje *split* i *join*

Modelovanje podataka

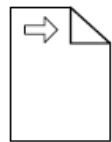
- U notaciji postoje različiti simboli za predstavljanje podataka relevantnih za proces



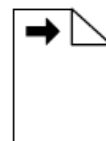
Data Object



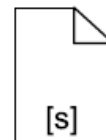
Data Object Collection



Data Input



Data Output

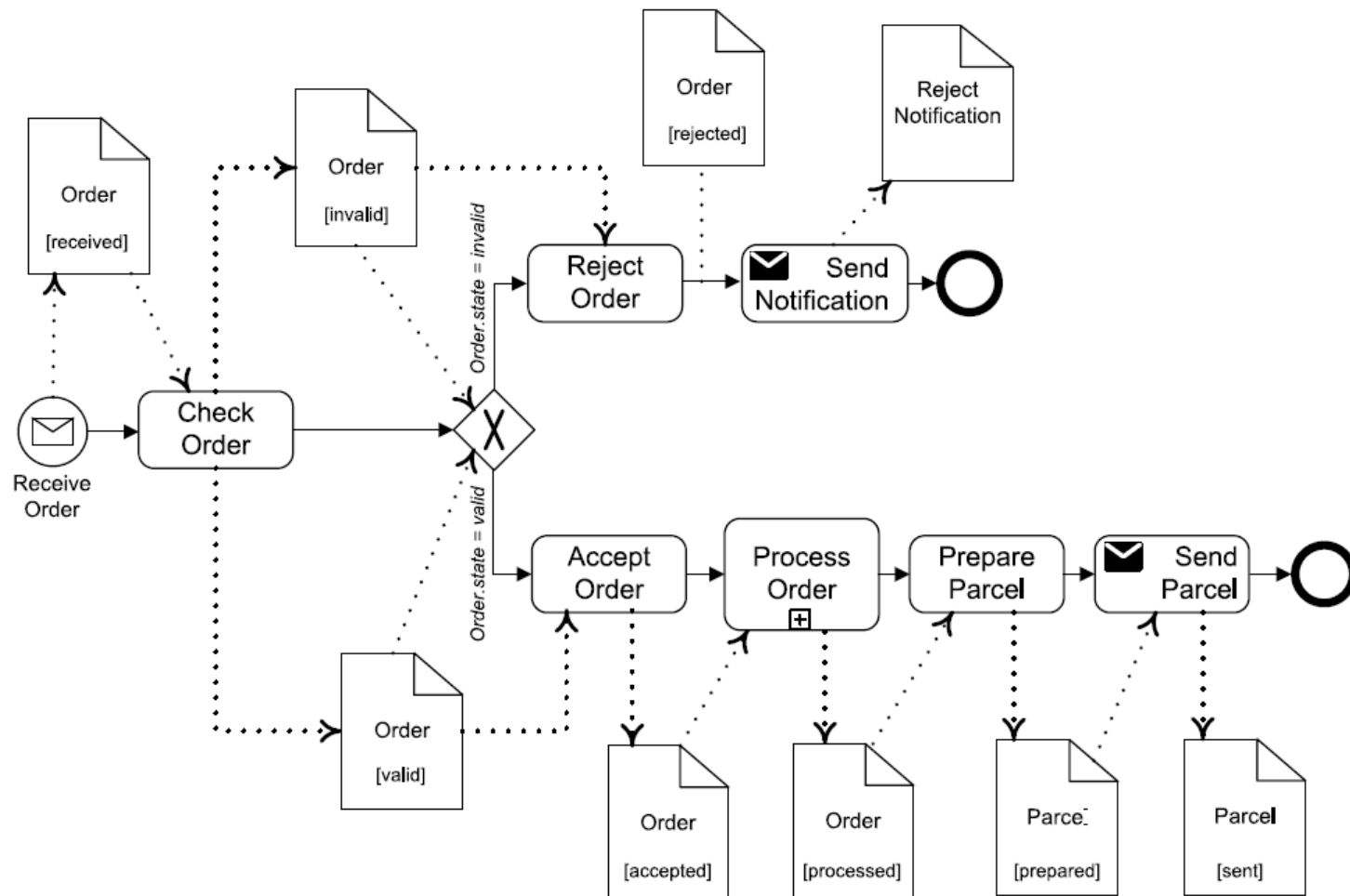


Data Object in state s



Data Store

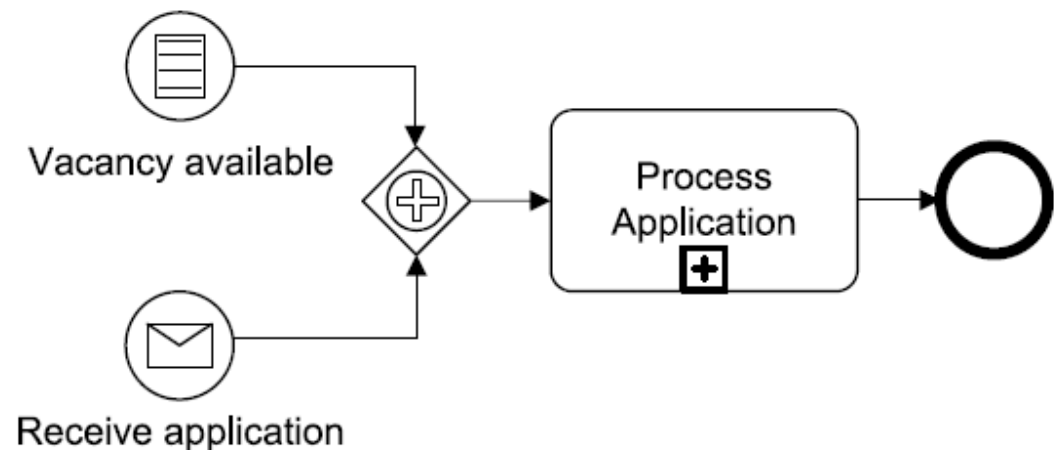
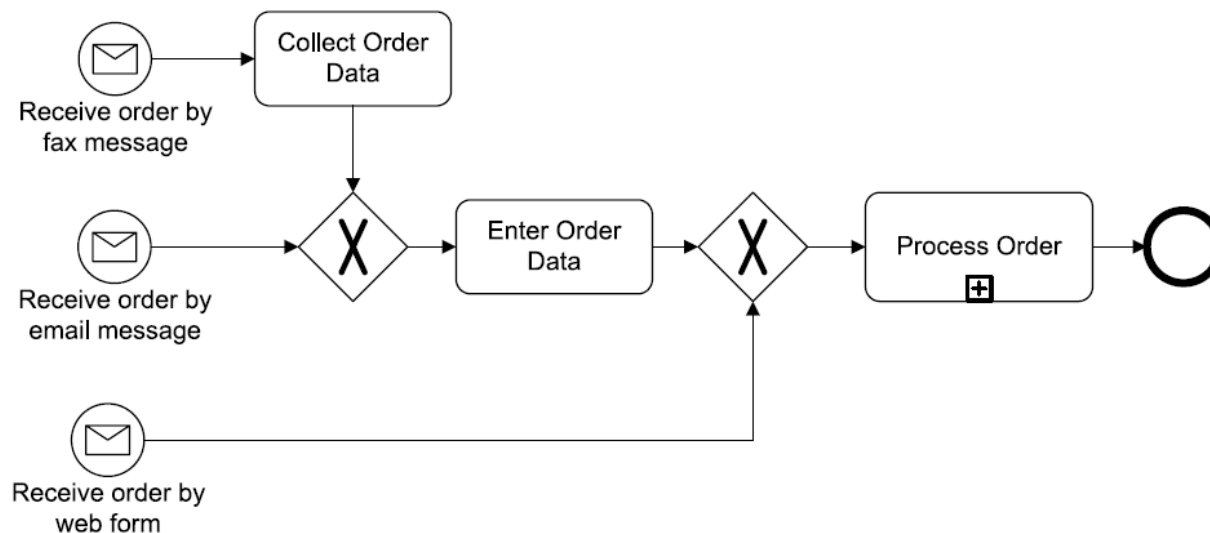
Modelovanje podataka



Instanciranje procesa

- U određenim situacijama neohodni su određeni preduslovi da bi se instanca procesa pokrenula
- BPMN nudi notaciju koja omogućava da se pri modelovanju specificira da je moguće da se pojavi
 - više alternativnih start događaja
 - više neophodnih start događaja koji pokreću novu instancu procesa tek ako su se svi i desili

Instanciranje procesa



Izvršivost i eksport formati

- U ranijim verzijama nemogućnost direktnog izvršenja BPMN modela je bila problem, neophodno je bilo model prevesti WS-BPEL
- U trenutnoj verziji, obezbeđena je izvršivost modela
- XML format je standardizovan što omogućava razmenu modela između različitih aplikacija