Modellalapú szoftverfejlesztés

XI. előadás

Modellalapú fejlesztések

Dr. Semeráth Oszkár

Modellalapú fejlesztések

I. Fejlesztési fogalmak

II. Kritikus rendszerek fejlesztése

III. Funkciómodellezés

IV. Generatív programozás

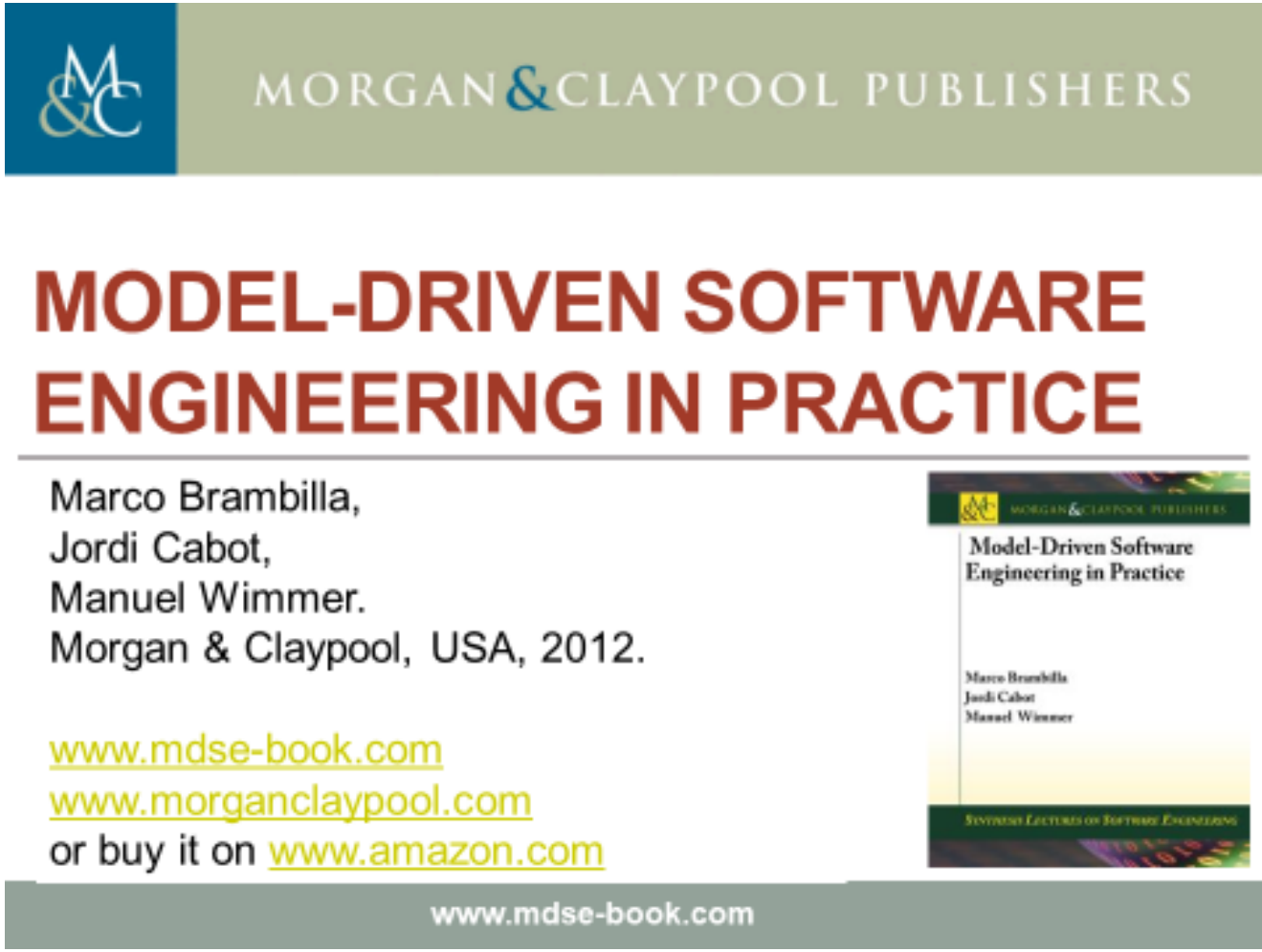
V. Parciális modellezés

Az MDSE hagyományos motivációi

Alapelvek és célkitűzések

- Melyek a modellalapú fejlesztés motivációi?
- Milyen kérdések merülnek fel?

- Ezt a rész fejezetet egy tankönyvből vettük át.
- A szerzők beleegyeztek abba, hogy az oktatásban használjuk a könyvüket.



Az MDSE hagyományos motivációi

Alapelvek és célkitűzések

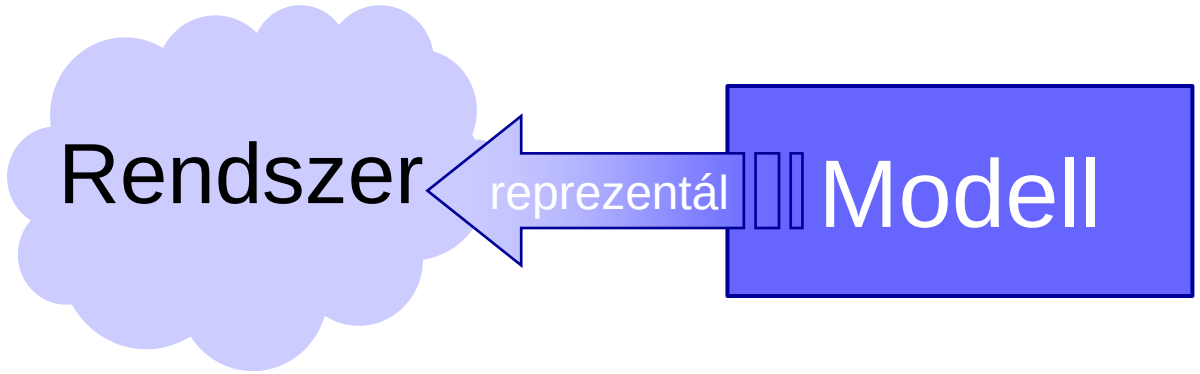
- **Absztrakció** a konkrét megvalósítási technológiáktól
  - Olyan modellező nyelveket igényel, amelyek nem tartalmazzák a megvalósítási technológiák specifikus fogalmait (pl. Java EJB).
  - A szoftverek jobb **hordozhatósága** új/változó technológiákhoz – model once, build everywhere
  - A különböző technológiák közötti **átjárhatóság** automatizálható (ún. Technológiai Hidak / Technology Bridges)

- **Automatizált kódgenerálás** absztrakt modellekből
  - pl. Java-API-k, XML-sémák stb. generálása UML-ből
  - Kifejező és pontos modelleket igényel
  - Fokozott **termelékenység** és **hatékonyság** (a modellek naprakészek maradnak)

- Az alkalmazás és az infrastruktúra **különálló fejlesztése**
  - Az alkalmazáskód és az infrastruktúrakód (pl. Application Framework) szétválasztása növeli az **újrafelhasználhatóságot**
  - **Rugalmas** fejlesztési ciklusok, valamint **különböző fejlesztési szerepek lehetségesek**

Modellek

Mi az a modell?



Leképezési Jellemző	A modell egy eredeti (=rendszer) alapján készül
Redukciós Jellemző	A modell az eredeti tulajdonságainak csak egy (releváns) részét tükrözi
Pragmatikus Jellemző	A modellnek használhatónak kell lennie az eredeti helyett valamilyen cél szempontjából

Célok:

- leíró célok
- előíró célok

MDSE Egyenlet

Modellek + Transzformációk = Szoftver

Modeling Languages

- **Szakterület-specifikus nyelvek (DSL):** olyan nyelvek, amelyeket kifejezetten egy adott szakterületre vagy kontextusra terveztek
- A DSL-eket nagymértékben használják az informatikában. Példák: HTML, Logo, VHDL, Mathematica, SQL

- **Általános célú modellező nyelvek** (GPML-ek, GML-ek vagy GPL-ek): olyan nyelvek, amelyek bármely ágazatban vagy területen alkalmazhatók (szoftver)modellezési célokra
- A tipikus példák: UML, Petri-hálók vagy állapotgépek

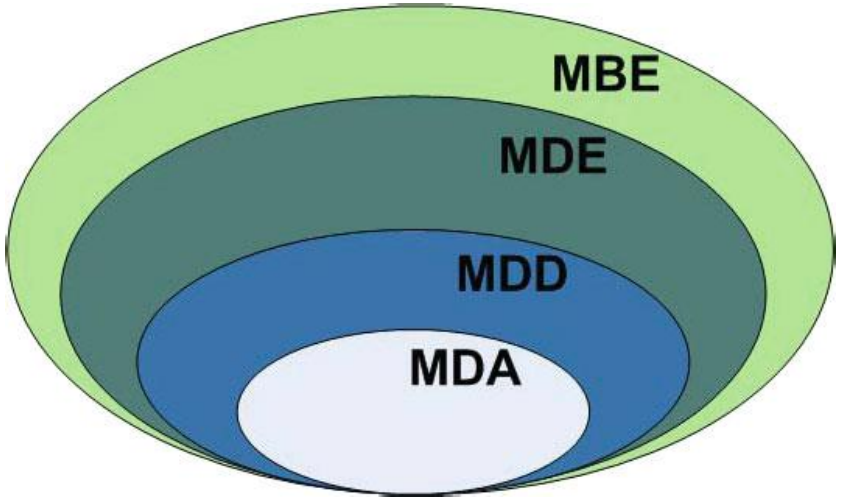
A modell típusai

- **Statikus modellek:** A rendszer statikus aspektusaira összpontosítanak a kezelt adatok, valamint a rendszer szerkezeti formája és felépítése szempontjából.
- **Dinamikus modellek:** A rendszer dinamikus viselkedését hangsúlyozzák a végrehajtás bemutatásával.
- **Runtime modellek:** A rendszer működés közbeni állapotát mutatják be.

- Gondoljunk csak az UML-re!

Felhasználás / Cél:
- Nyomonkövethetőségi Modellek:
- Végrehajtáskövetési Modellek
- Elemzési Modellek
- Szimulációs Modellek

A rövidítések MD* dzsungel



- **A modellvezérelt fejlesztés (Model-Driven Development, MDD)** egy olyan fejlesztési paradigma, amely modelleket használ a fejlesztési folyamat elsődleges tárgyaként.
- **A modellvezérelt architektúra (Model-Driven Architecture, MDA)** az MDD sajátos elképzelése, amelyet az Object Management Group (OMG) javasolt.
- **A modellvezérelt tervezés (Model-Driven Engineering, MDE)** az MDD egy szuperhalmaza, mivel túlmutat a puszta fejlesztésen.
- **A modellalapú tervezés** (vagy "modellalapú fejlesztés") **(Model-Based Engineering, MBE)** az MDE lazább változata, ahol a modellek nem "irányítják" a folyamatot

Modellezési Szintek

CIM, PIM, PSM

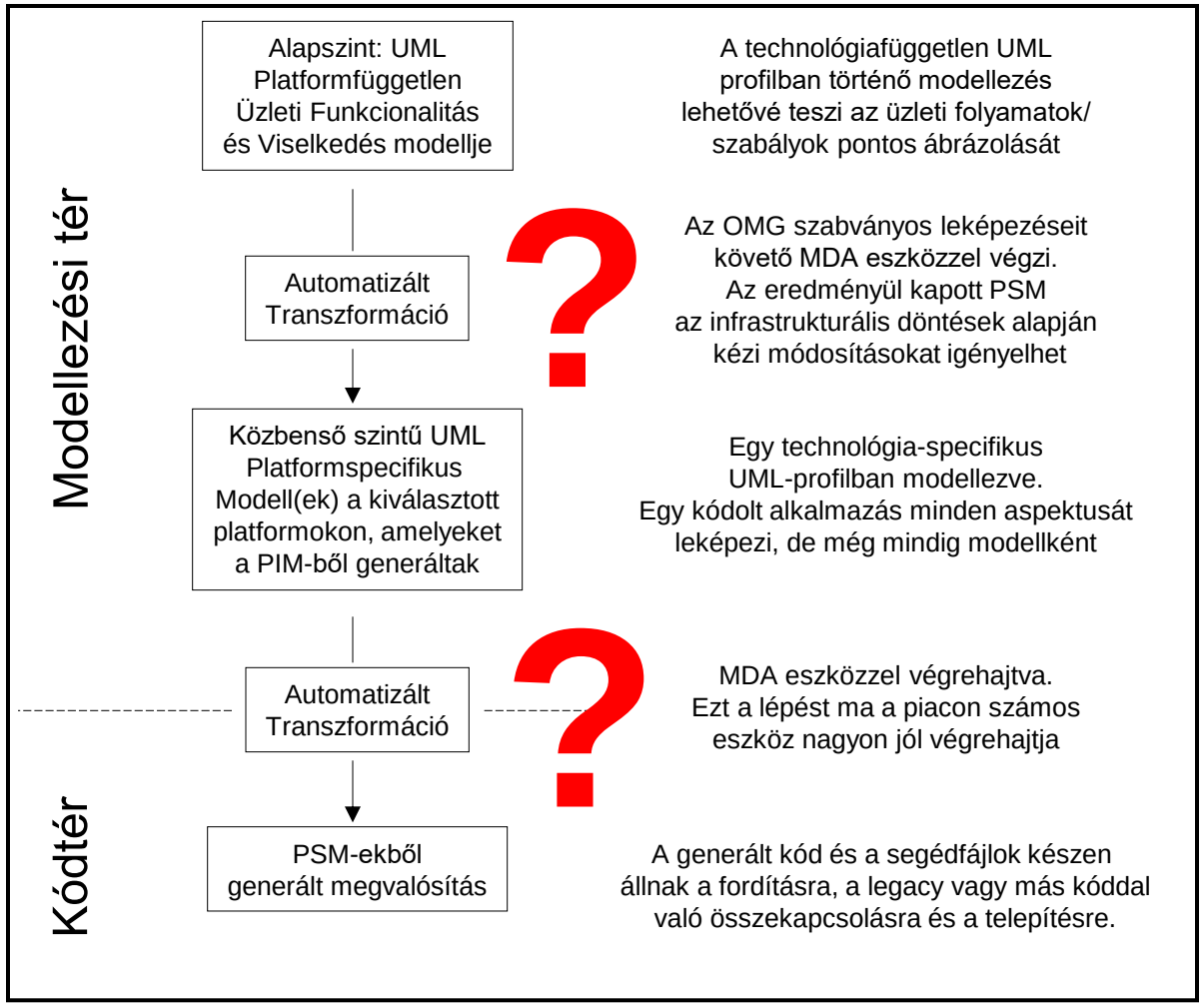
- **Számításfüggetlen (CIM):** a követelmények és igények leírása nagyon absztrakt szinten, a megvalósítás aspektusaira való hivatkozás nélkül (pl. felhasználói követelmények vagy üzleti célok leírása);

- **Platformfüggetlen (PIM):** a rendszerek viselkedésének meghatározása a tárolt adatok és a végrehajtott algoritmusok szempontjából, minden technikai vagy technológiai részlet nélkül;

- **Platformspecifikus (PSM):** minden technológiai szempont részletes meghatározása.

Az MDA Megközelítés

MDA fejlesztési ciklus



Modellalapú fejlesztések

I. Fejlesztési fogalmak

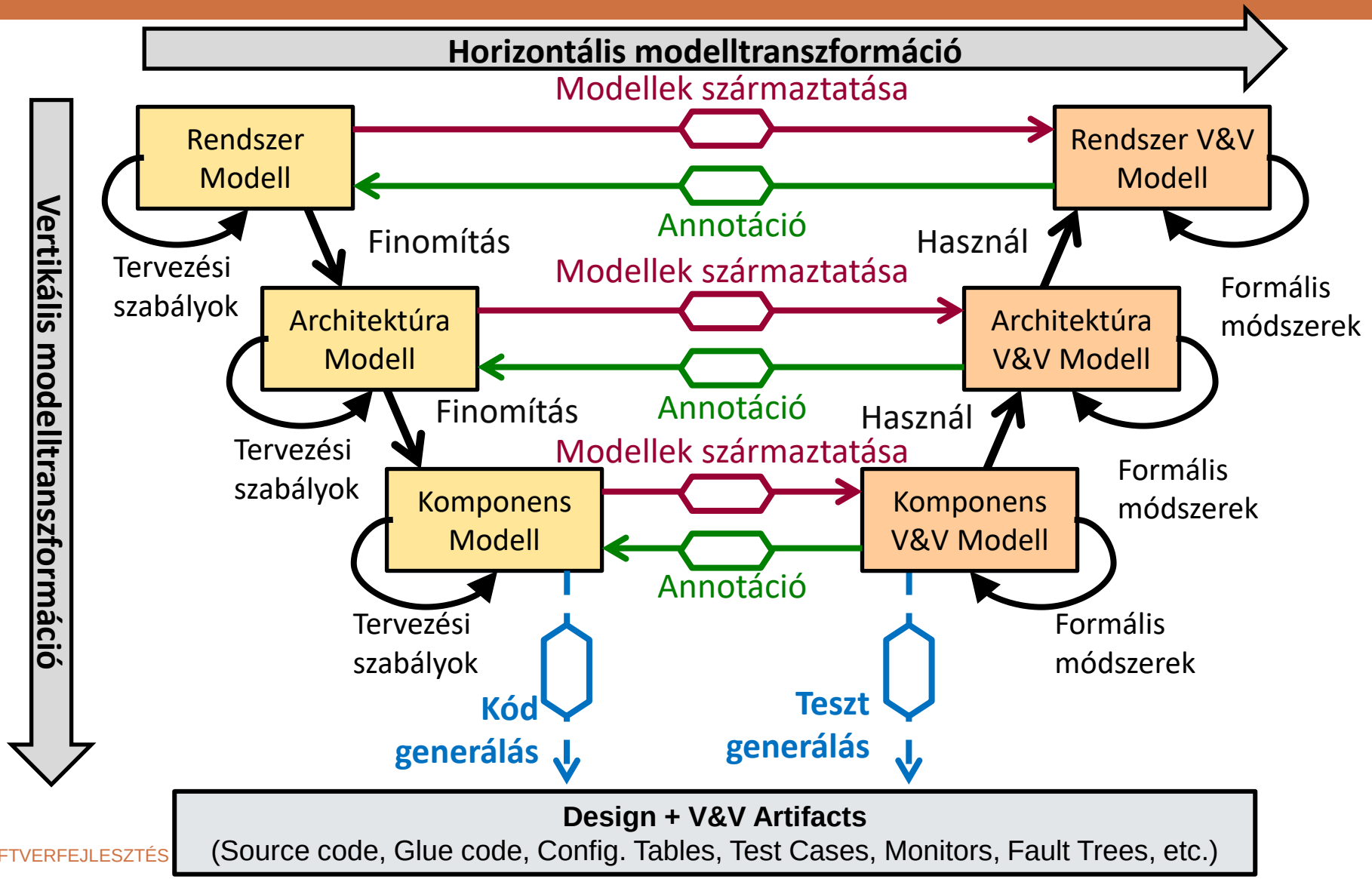
II. Kritikus rendszerek fejlesztése

III. Funkciómodellezés

IV. Generatív programozás

V. Parciális modellezés

Modellek és Transzformációk kritikus rendszerek fejlesztésében



Development Process for Critical Systems

Egyedi Fejlesztési Folyamat (Hagyományos V-modell)

Kritikus rendszerek tervezése

- tanúsítványozási folyamatot igényel
- alátámasztott bizonyítékok kidolgozásához,
- hogy a rendszer hibamentes

Szoftvereszközök minősítése

- tanúsítvány megszerzése
- egy szoftvereszközre
- amelyet a kritikus rendszerek tervezéséhez használnak

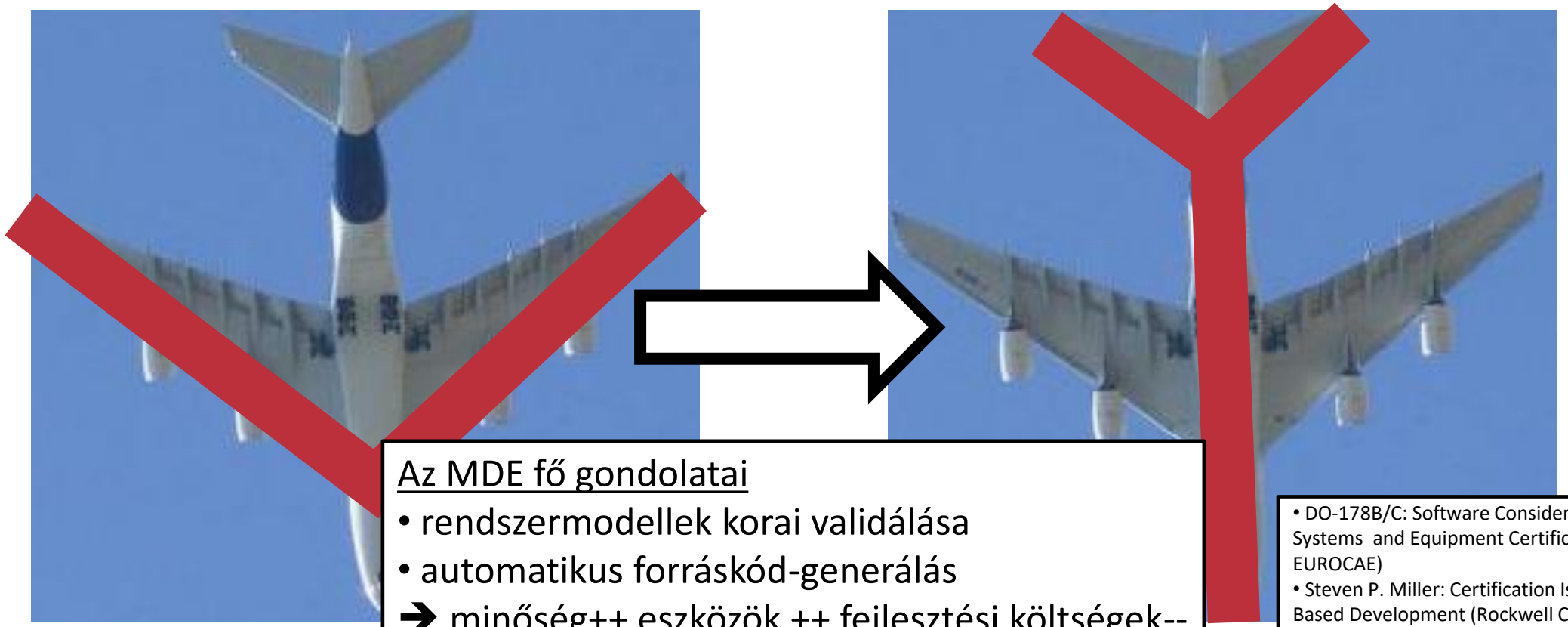
Innovatív Eszköz ➔ Jobb Rendszer

Tanúsított Eszköz ➔ Tanúsított Kimenet

Development Process for Critical Systems

Egyedi Fejlesztési Folyamat (Hagyományos V-modell)

Modellvezérelt Tervezés (Y-modell)



Az MDE fő gondolatai

- rendszermodellek korai validálása
- automatikus forráskód-generálás

➔ minőség++ eszközök ++ fejlesztési költségek--

- DO-178B/C: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification (RTCA, EUROCAE)
- Steven P. Miller: Certification Issues in Model Based Development (Rockwell Collins)

Modellalapú fejlesztések

I. Fejlesztési fogalmak

II. Kritikus rendszerek fejlesztése

III. Funkciómodellezés

IV. Generatív programozás

V. Parciális modellezés

Funkciómodellezés – bevezetés

- Termékcsalád elemei közti különbségek
  - Mobiltelefonok
    - Kijelző típusa
    - I/O interfészek
  - Autógyártás
    - Ajtók száma
    - Motor típusa
- Szakterületi nyelv a különbségek összefogására: funkciómodellezés

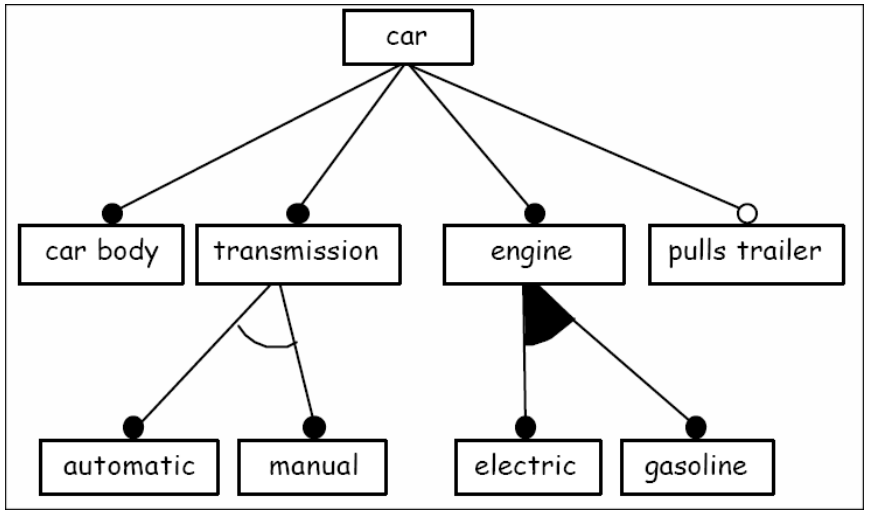
Funkciómodellezés

- Funkciómodell (feature model)
  - *implementációtól független, tömör leírása a különböző szakterületi változatoknak*
  - a konkrét termékpéldányok közti különbségek
  - termékcsalád konfigurációs lehetőségei

- Kulcs: újrahasznosítás
- Segít elkerülni:
  - Fontos funkció / variáció kimaradjon
  - Feleslegesen vegyünk fel funkciót / variációt

Funkciómodellezés

- Modellelemek
  - > Csomópontok
  - > Irányított élek
  - > Jelölés az éleknél
- Gyökérelem: fogalom (concept)
- Funkciók (feature node)



- Konfiguráció: funkciók részhalmaza
- A konfigurációnak be kell tartania bizonyos szabályokat!

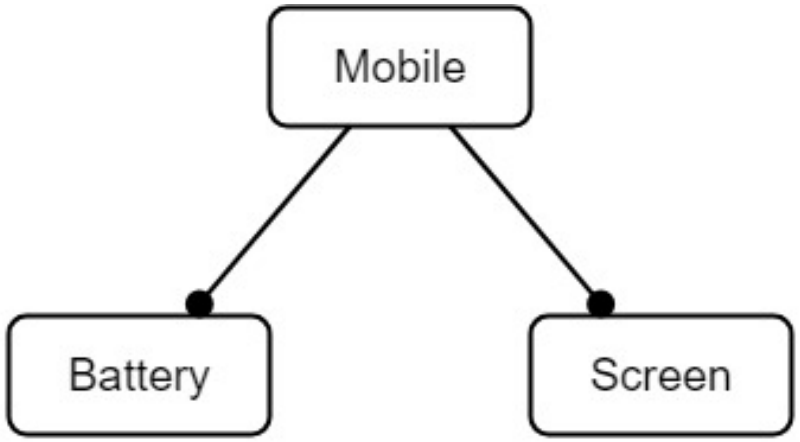
Funkciómodellezés

- Központban a funkció (feature)
  - *Tudás egy része, a fogalom építőeleme*
  - Segít megtalálni az azonosságokat, különbségeket termékek, termékcsoportok között
  - Hasznos ha több változat van ugyanabból a termékből

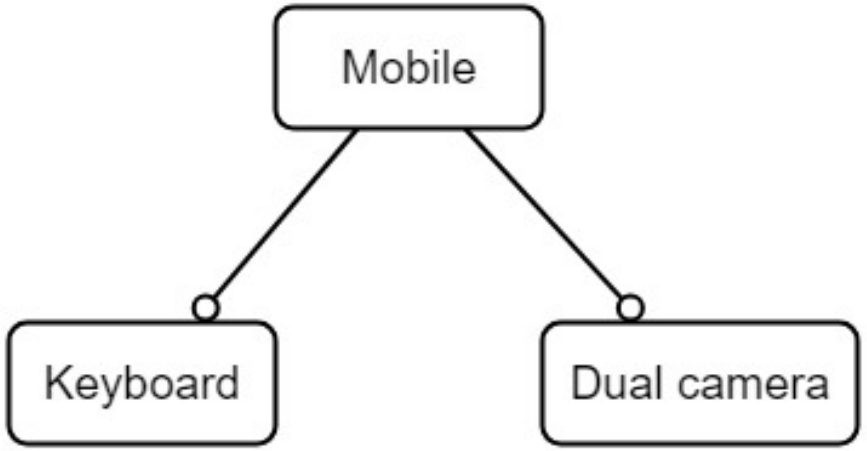
- https://modeling-languages.com/analysis-of-feature-models/

Funkciómodellezés

- Kötelező funkció

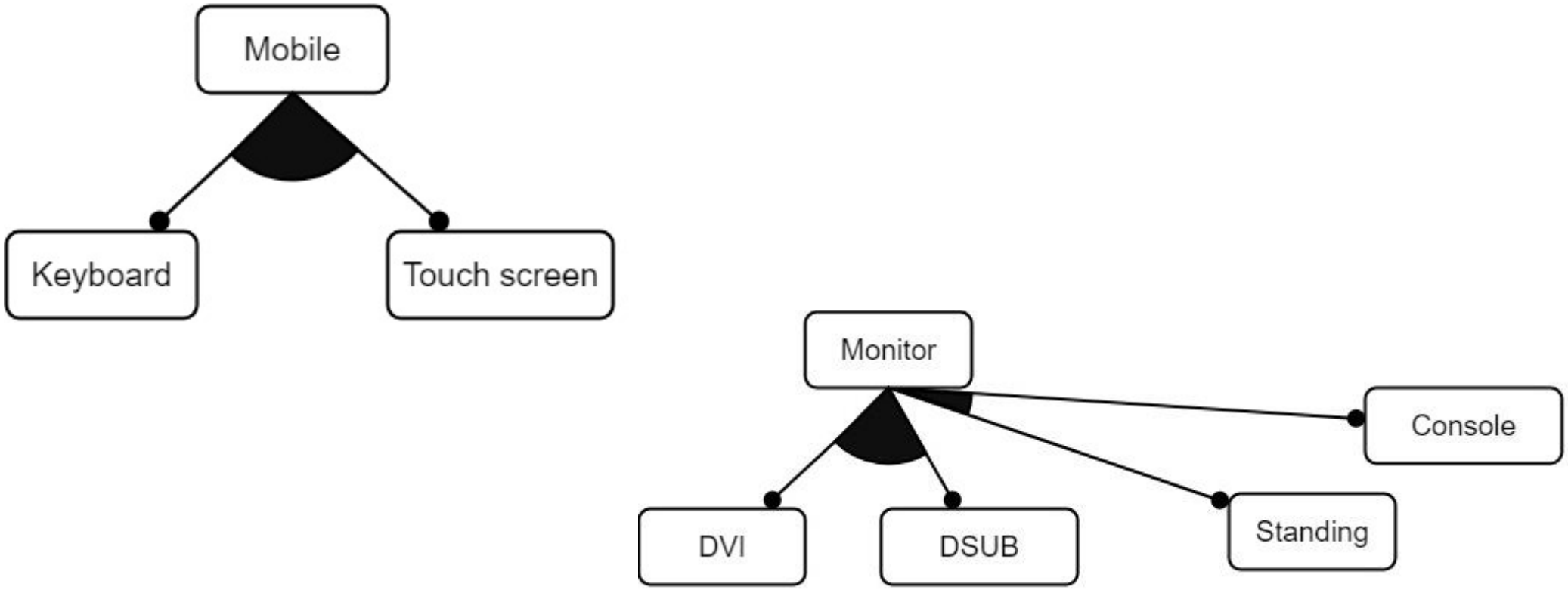


- Opcionális funkció



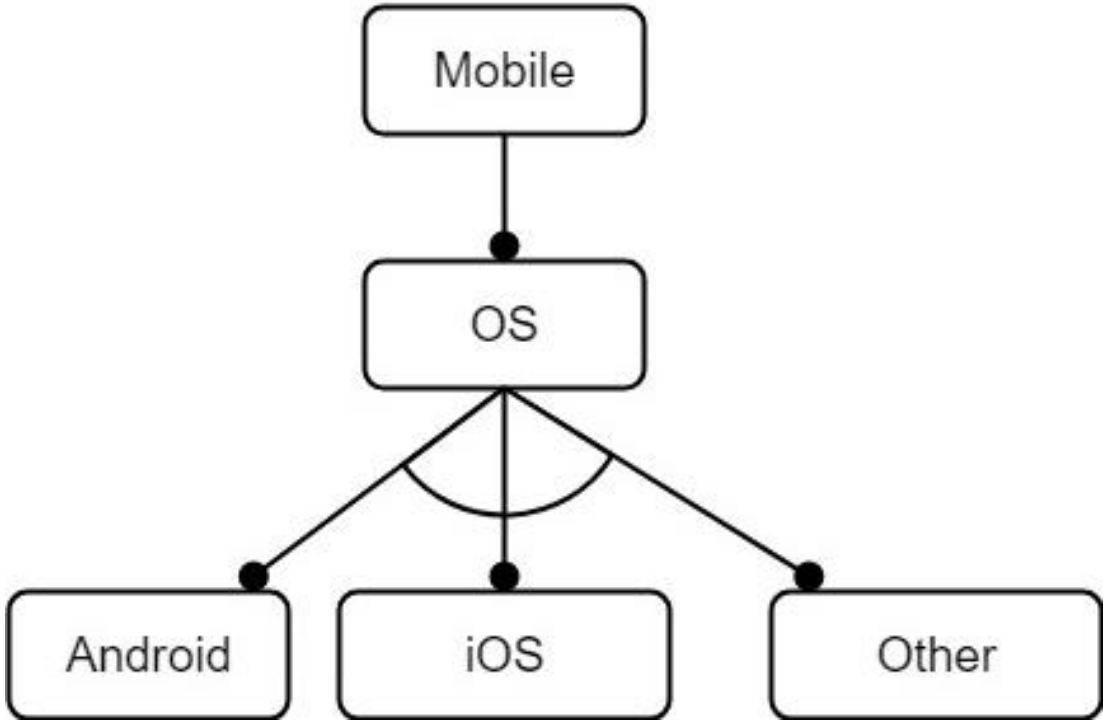
Funkciómodellezés

- „Vagy” kapcsolat (legalább 1)



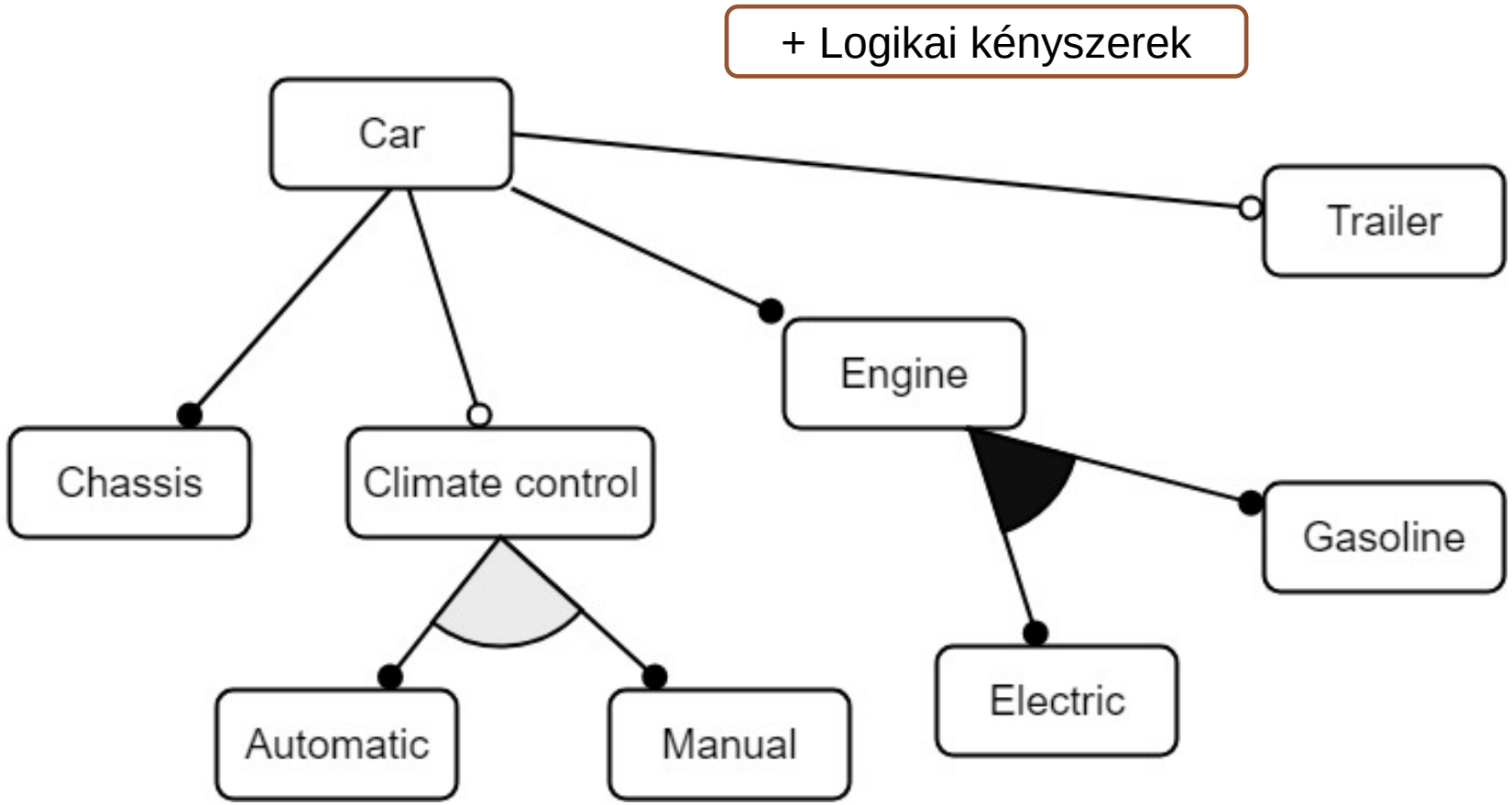
Funkciómodellezés

- Alternatív funkciók (valamelyik elem)



Funkciómodellezés

- Példa: autó

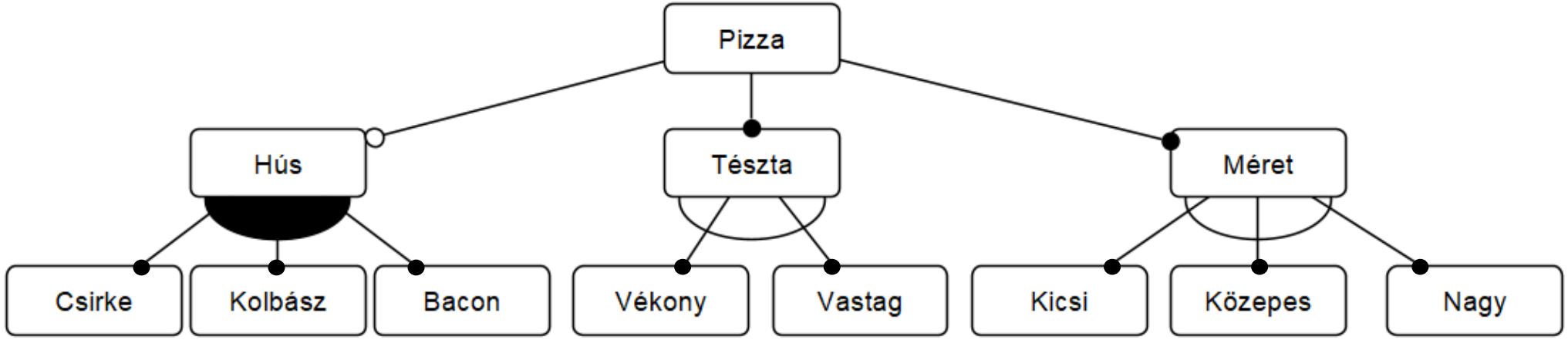


Funkciómodellezés – Példa

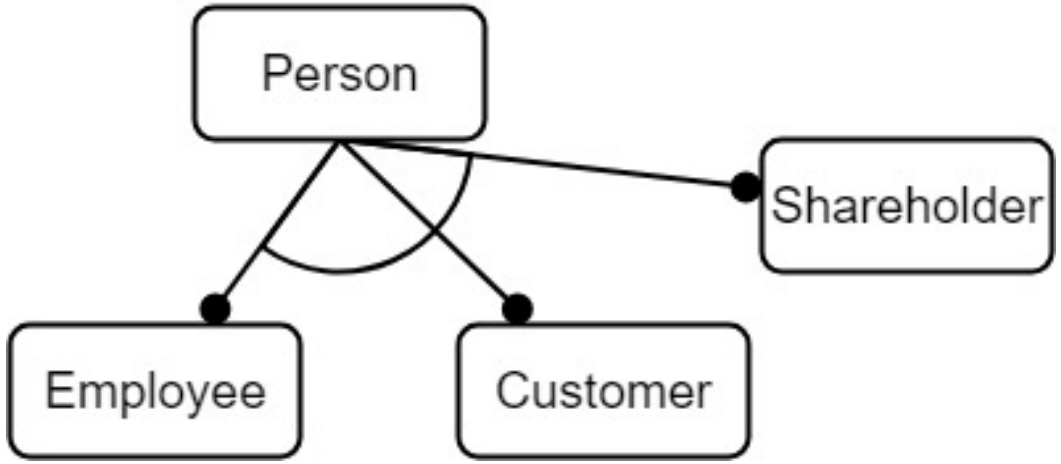
- Készítsen funkciómodellt a következő feladathoz: pizza elkészítése. A modellekben többek között legyen lehetőség megadni húsokat (csirke, kolbász, bacon), további feltételeket (paradicsom, hagyma, paprika), tészta típusokat (hagyományos, light), méretet (kicsi, közepes, nagy). A modell tartalmazzon opcionális-, kötelező és kizáró (OR) funkciót. Szövegesen indokolja röviden a modell felépítését!

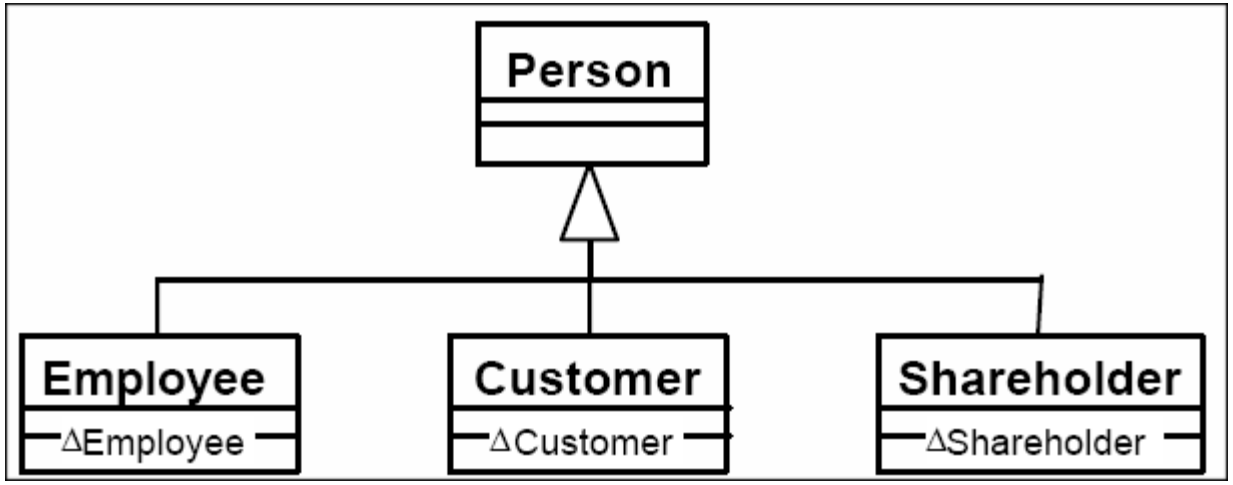
Funkciómodellezés – Példa – Megoldás

- Készítsen funkciómodellt a következő feladathoz: pizza elkészítése. A modellekben többek között legyen lehetőség megadni húsokat (csirke, kolbász, bacon), további feltételeket (paradicsom, hagyma, paprika), tészta típusokat (hagyományos, light), méretet (kicsi, közepes, nagy). A modell tartalmazzon opcionális-, kötelező és kizáró (OR) funkciót. Szövegesen indokolja röviden a modell felépítését!

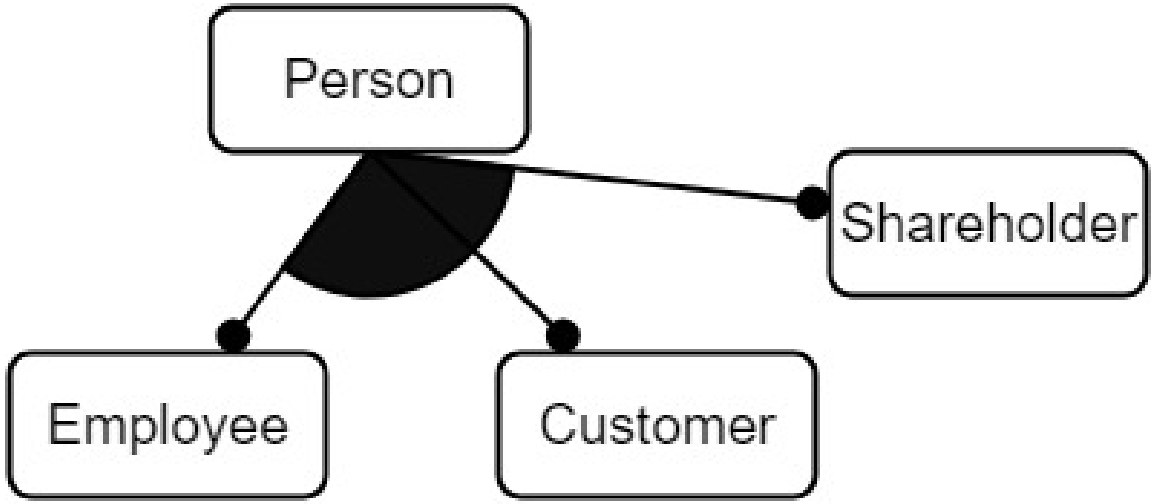


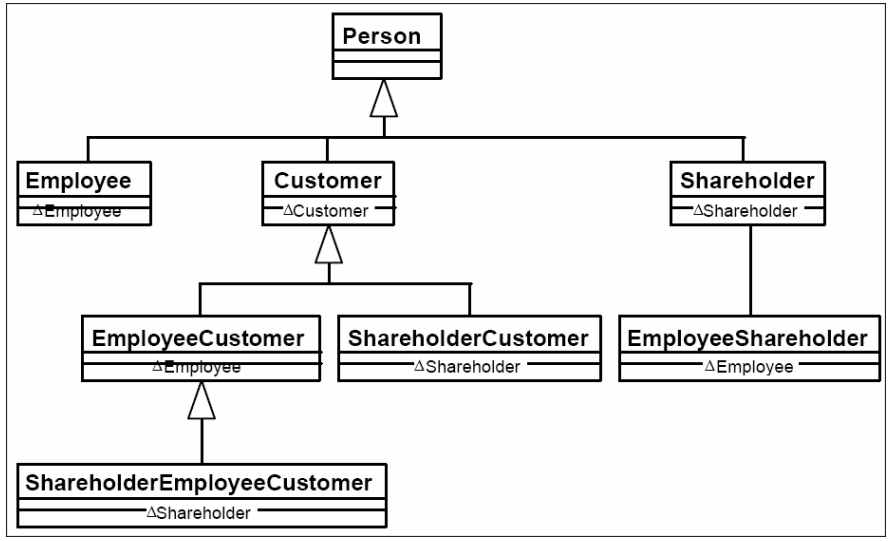
Funkciómodellezés – kódgenerálás





Funkciómodellezés – kódgenerálás

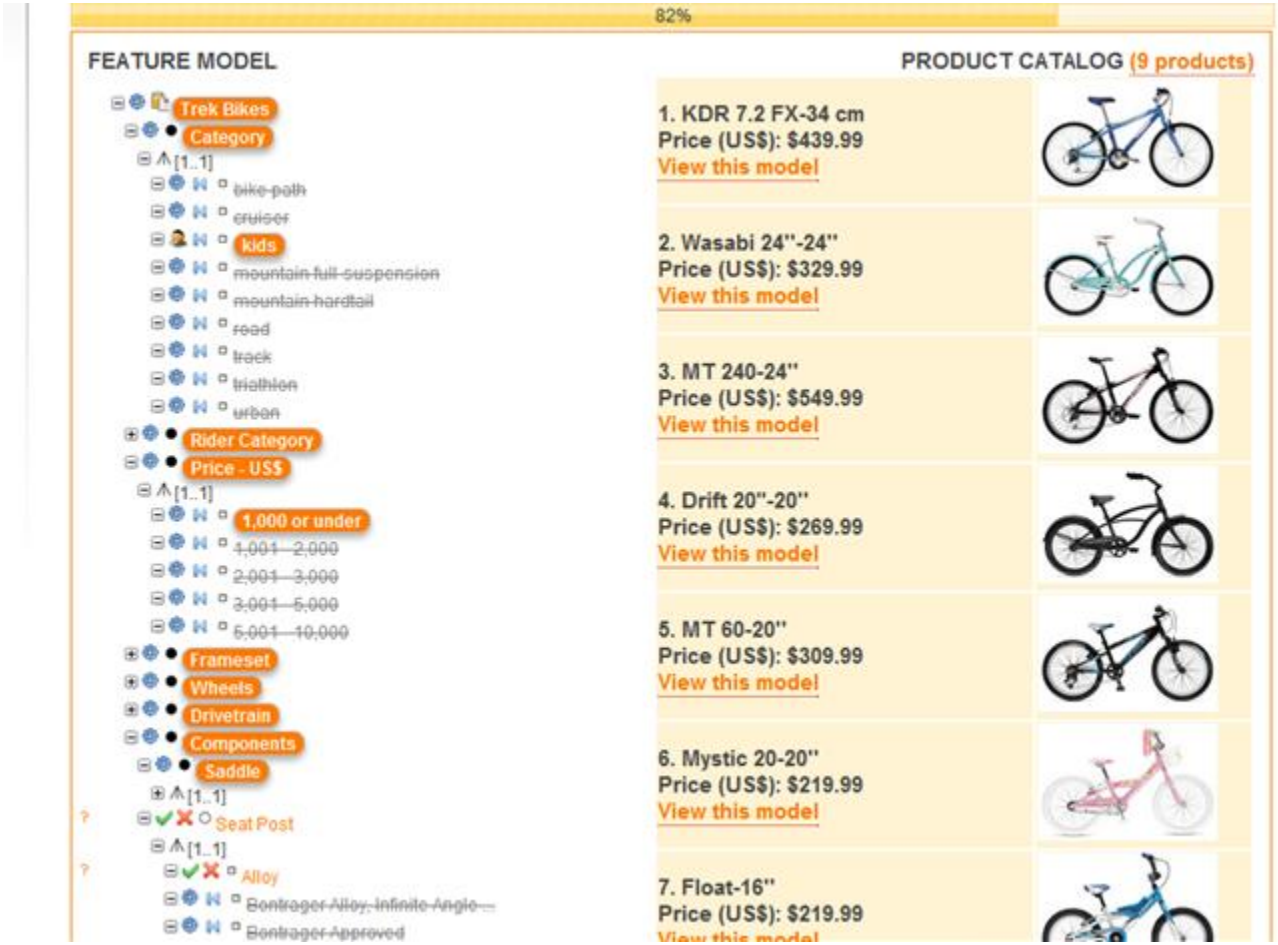




Funkciómodellezés a gyakorlatban

- Cél alkalmazás
  - A funkciómodellnek megfelelő termékeket tartalmazó webes katalógus
  - Funkciómodell szerint megvalósított keresés a katalógusban
- Generálás a modell alapján
  - Web alkalmazás
  - Adatbázis tábladefiníciók

Funkciómodellezés a gyakorlatban



- Funkciók lemodellezése
- Konfiguráció kiválasztása
- Kódgenerálás
- Feladat megoldása

- #Konfiguráció > #Termék

Marcilio Mendonca, Andrzej Wąsowski, and Krzysztof Czarnecki. 2009. ***SAT-based analysis of feature models is easy****.*
In Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference (SPLC '09). Carnegie Mellon University, USA, 231–240.

Modellalapú fejlesztések

I. Fejlesztési fogalmak

II. Kritikus rendszerek fejlesztése

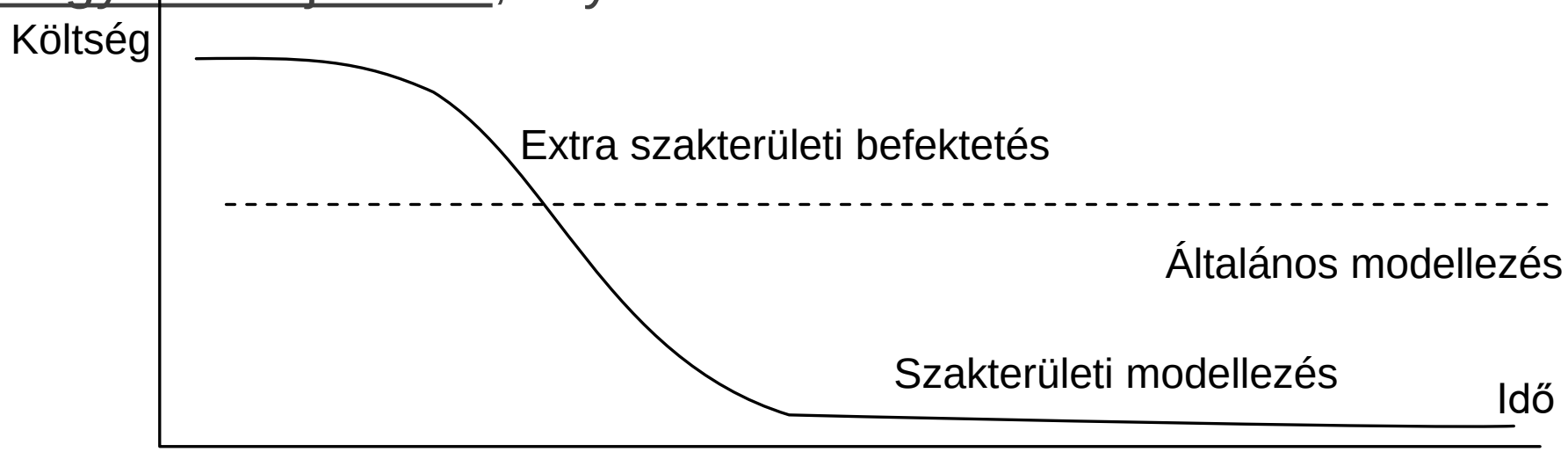
III. Funkciómodellezés

IV. Generatív programozás

V. Parciális modellezés

Generatív programozás

- Programozási módszertan, alapja az automatikus forráskód-generálás
- Párhuzamba vonható a komponens-alapú szoftverfejlesztéssel és a termékcsalád tervezéssel
- Újrahasznosítható termék
- Nem egyszeri fejlesztés, folyamatos evolúció



Generatív programozás

- Generatív paradigma
  - Működés: modellezőnyelv+generátorok
  - Többszöri használatnál éri meg
- Kódgenerálás
  - Nincsenek univerzális DSL fordítók (mint C fordítók)
  - Gyakran a DSL-t és a generátort ugyanott fejlesztik
    - Gyors fejlesztés, finomhangolási lehetőség
    - Hibalehetőségek

Alkalmazás generálása

- Tipikus modellfeldolgozás: alkalmazás generálása
  - Amire szükségünk van
  - Szakterületi nyelv modellje
  - Generátor
  - Keretrendszer (pl. osztálykönyvtár)
- Kihívások:
  - Túl részletes/általános nyelv → kicsi absztrakciós szint ugrás → kis előny a generátorból
  - szakterület nem illeszkedik → komplex generátor
    - validálás + hozzáadott infó miatt
    - Jel: fejlesztők úgy építik a modellt, hogy a generátor elfogadja

Modellalapú fejlesztések

I. Fejlesztési fogalmak

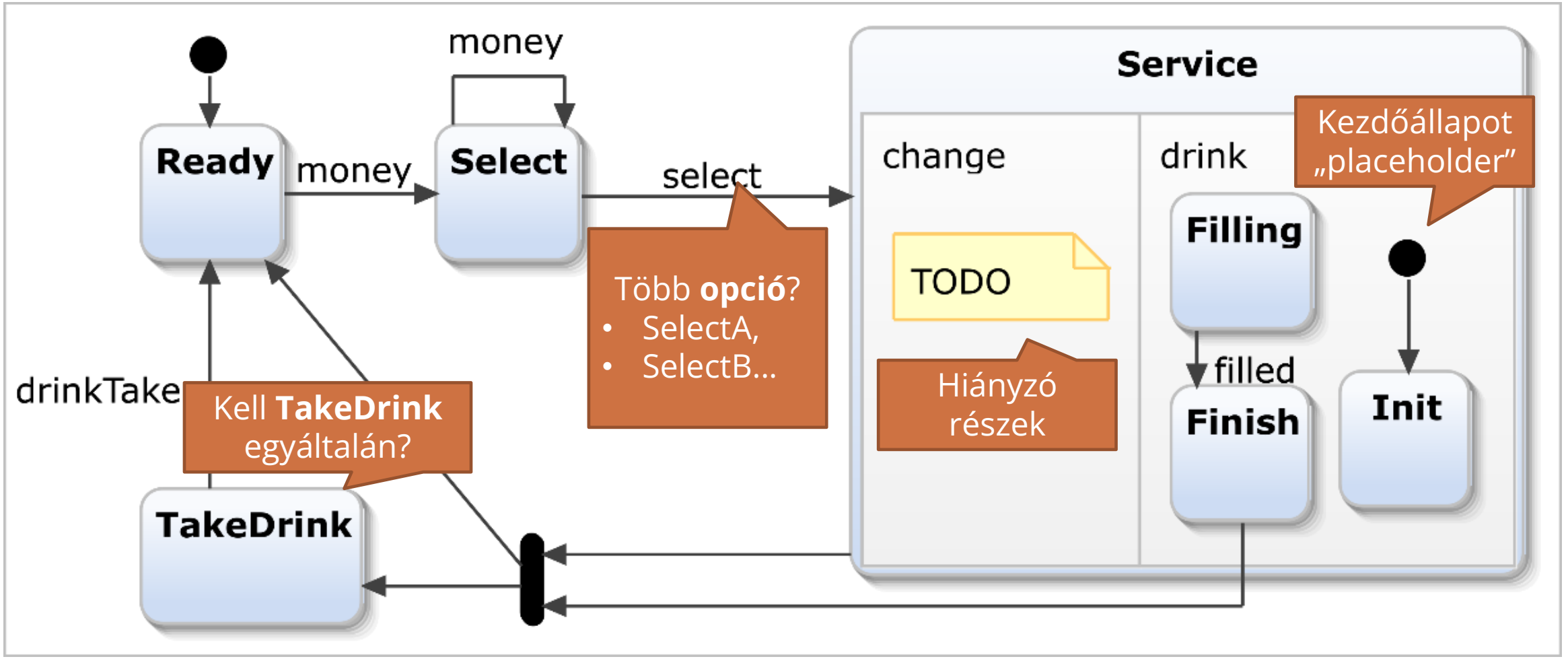
II. Kritikus rendszerek fejlesztése

III. Funkciómodellezés

IV. Generatív programozás

V. Parciális modellezés

Példa: befejezetlen modellek



Motiváció

- A fejlesztés korai fázisa → a modellek nagy részében bizonytalanok vagyunk
- Viszont a fejlesztőkörnyezet rákényszerít, hogy kész modellekkel dolgozzunk

Hiányzó elem ⇔ Nem meghozott döntés, ismeretlen érték

Modellek fejlesztése ⇔ Modellek átírása

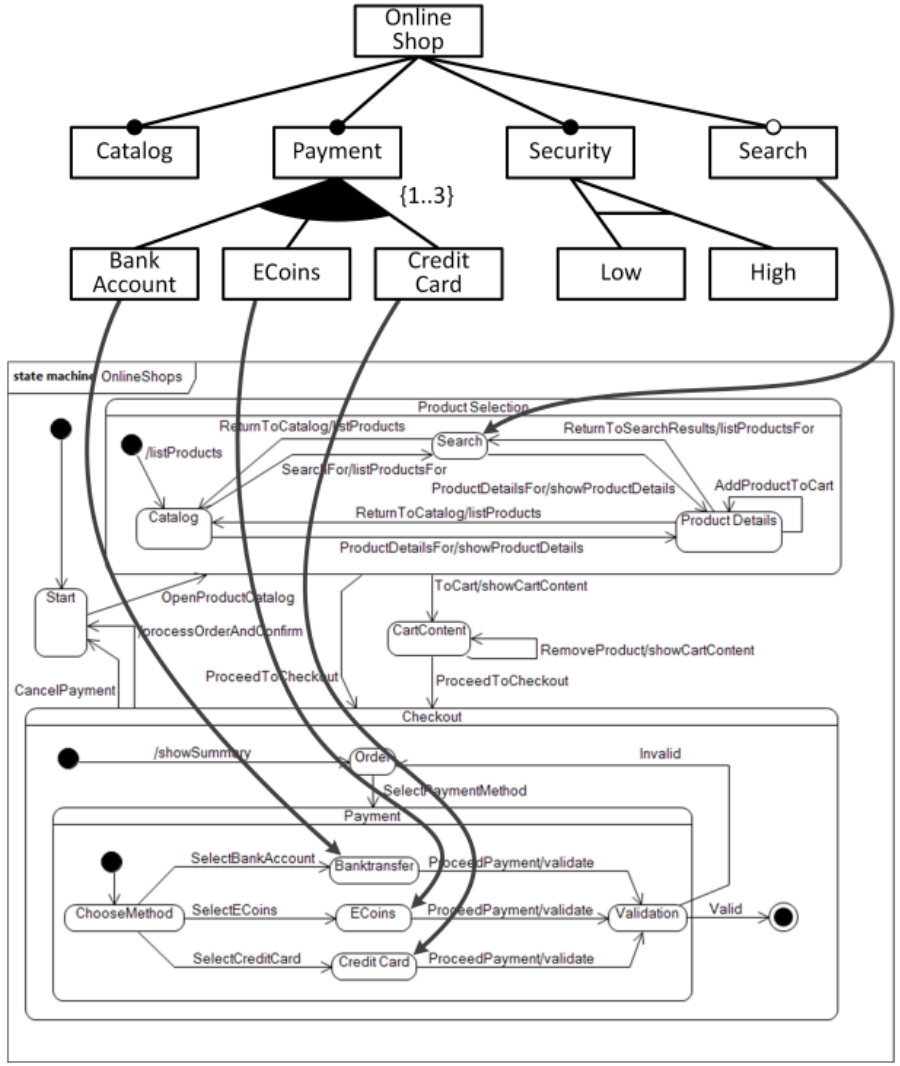
Kihívások:

- A fejlesztőnek olyan döntéseket kell meghoznia, amire nem készült fel
- Nem tudjuk felsorolni a lehetőségeket
- Nincs megkülönböztetve a hibás és a félkész modell

Kihívás: Hiányzó elemek szemantikája

Funkciók leképezése modellelemekre

- Mit tegyünk, ha nem kód, hanem modell kell?
- Funkciók leképezése modellelemekre
- 1 kombináció = 1 modell
- $\sum konfiguráció$ = 150% modell
- A 150%-os modell nem feltétlenül szabályos modell



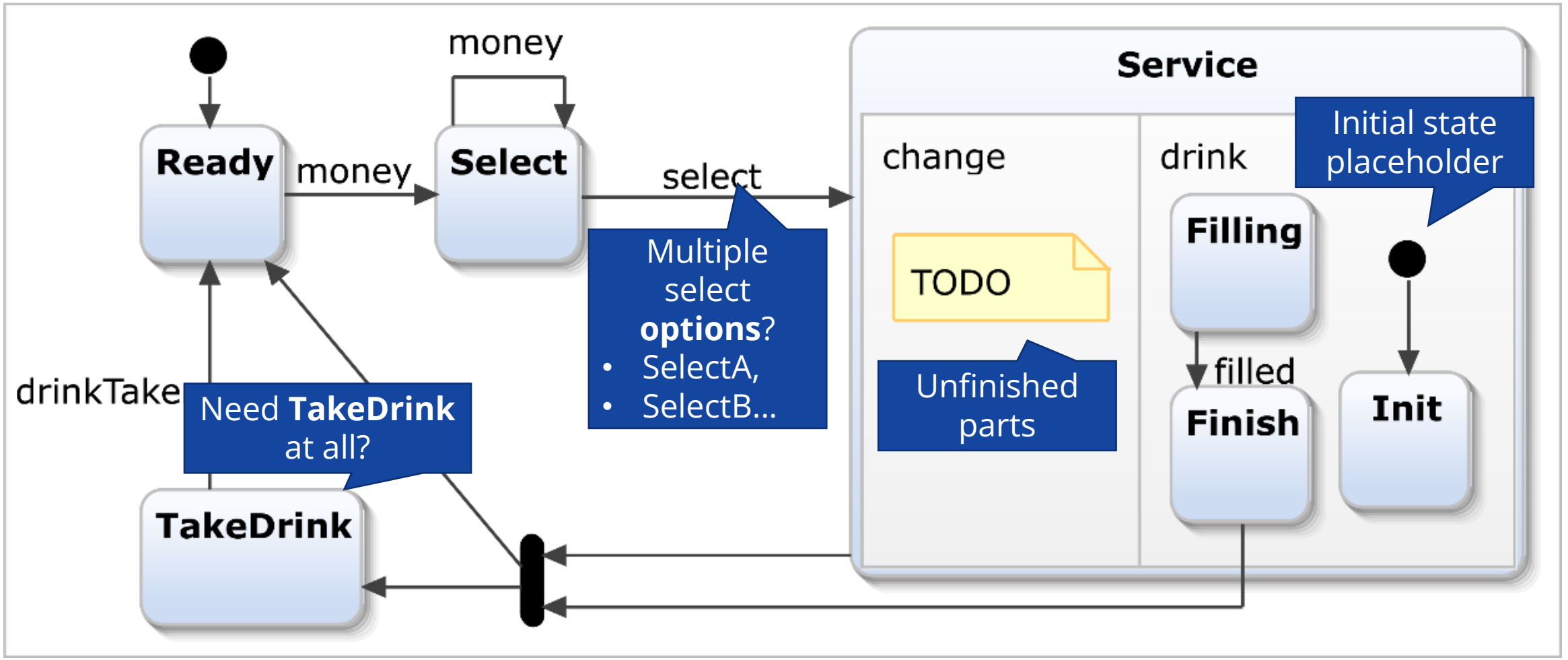
Stephan Weißleder, Hartmut Lackner: Top-Down and Bottom-Up Approach for Model-Based Testing of Product Lines

MAVO semantics

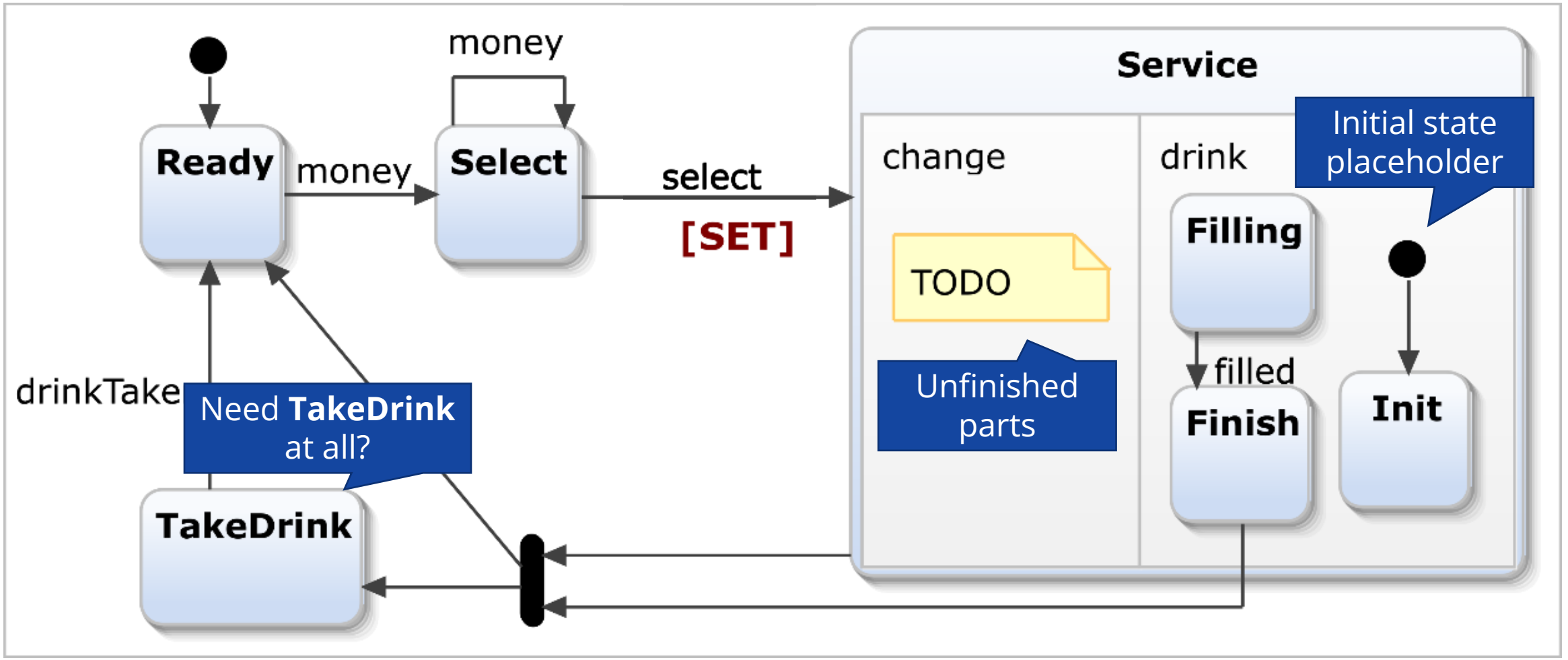
- **MAVO:** practical way to annotate model with uncertainty
  - **M**ay: elements can be omitted
  - **A**bstract (Set): representing sets of elements
  - **V**ar: elements that can be merged
  - **O**pen: new elements can be added
- Automation: generate alternatives, check all alternatives

Michalis Famelis, Rick Salay, and Marsha Chechik. Partial models: towards modeling and reasoning with uncertainty. In: Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering, pp. 573–583. IEEE Press, 2012.

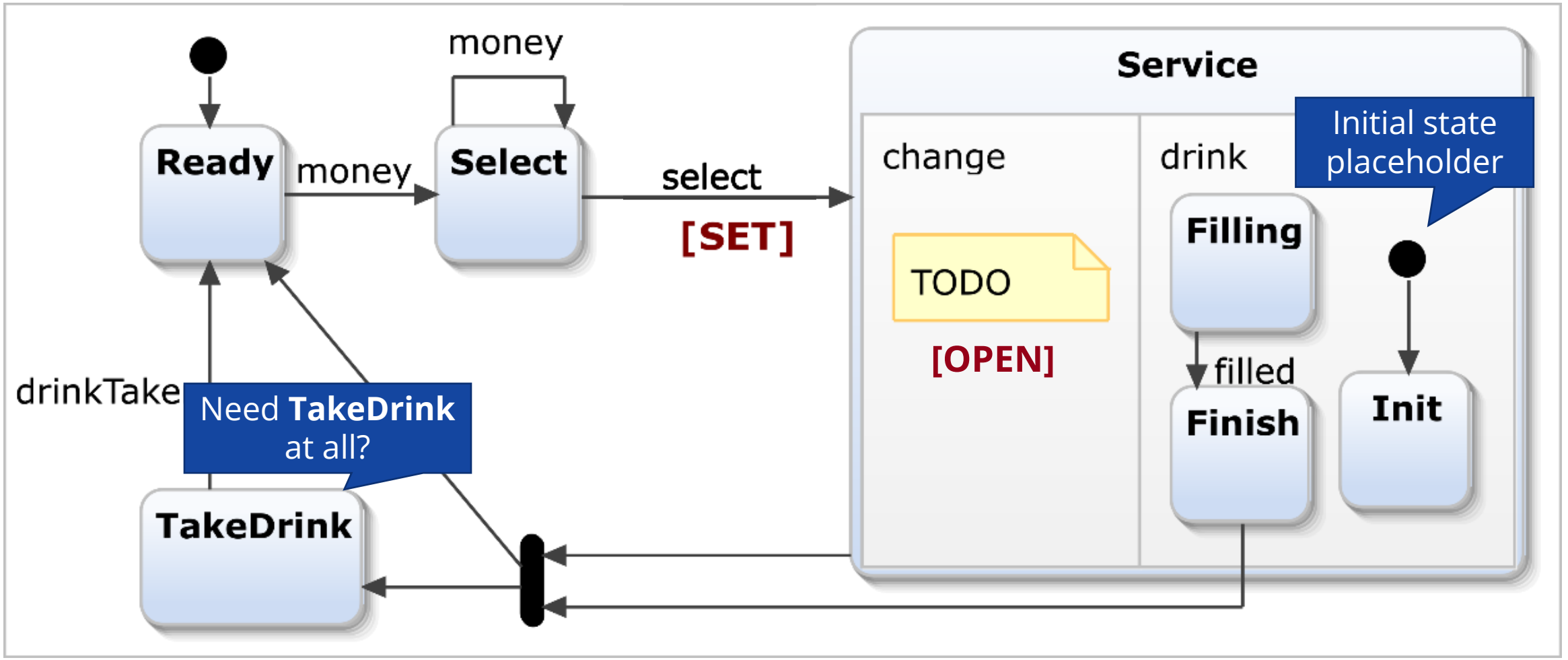
Example: Unfinished models with MAVO



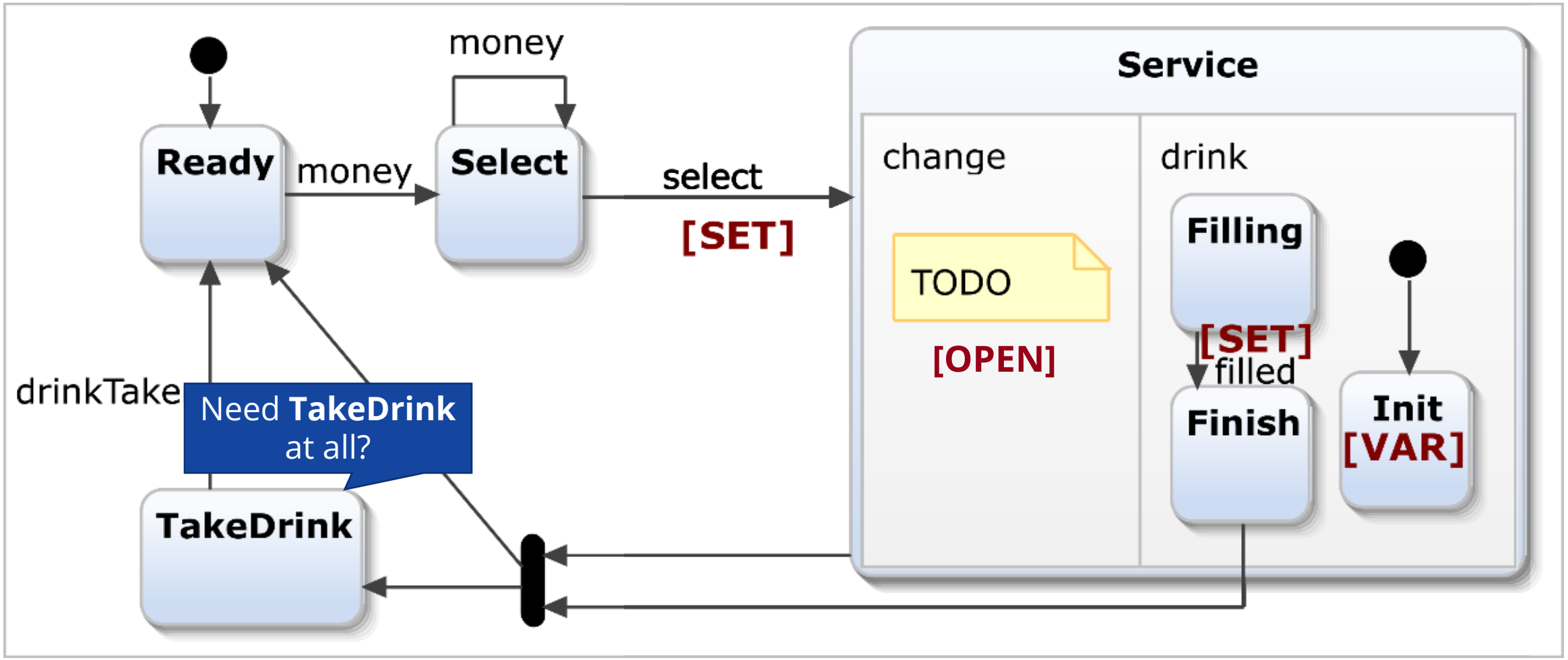
Example: Unfinished models with MAVO



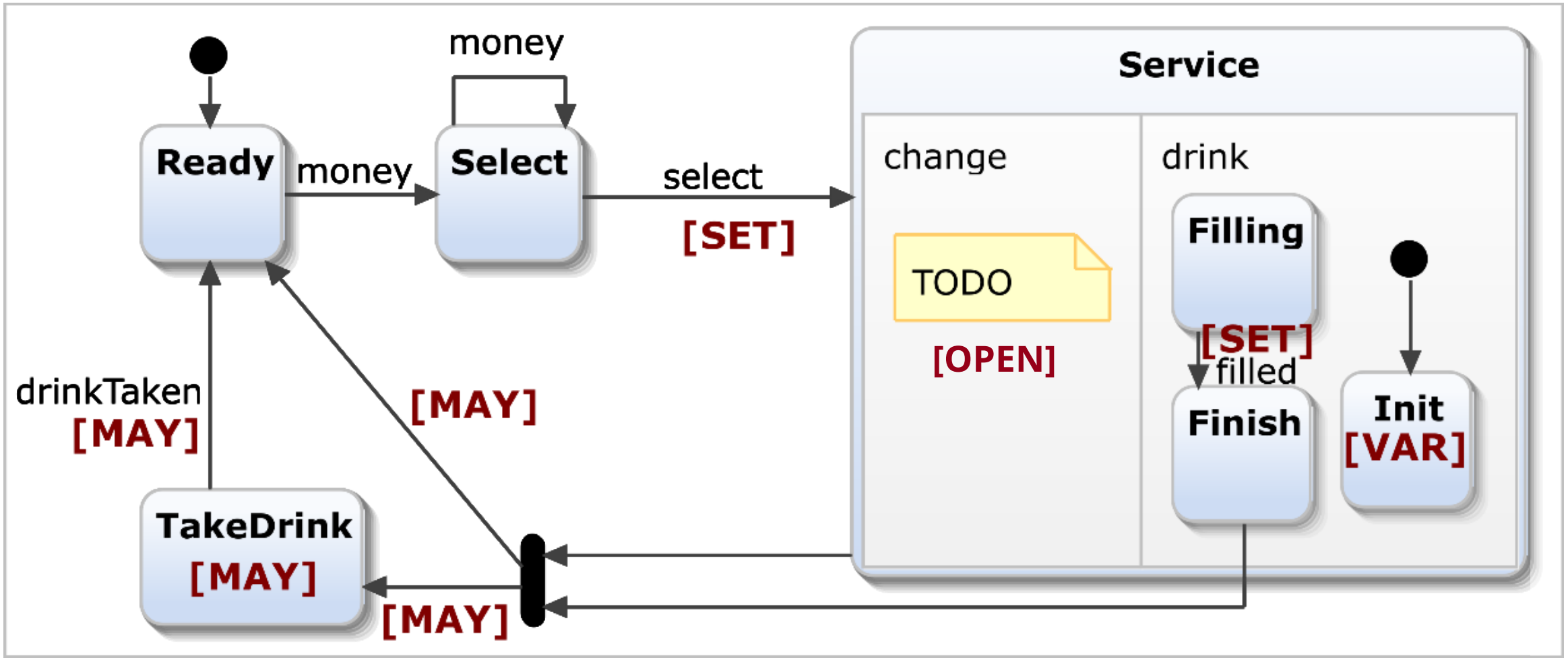
Example: Unfinished models with MAVO



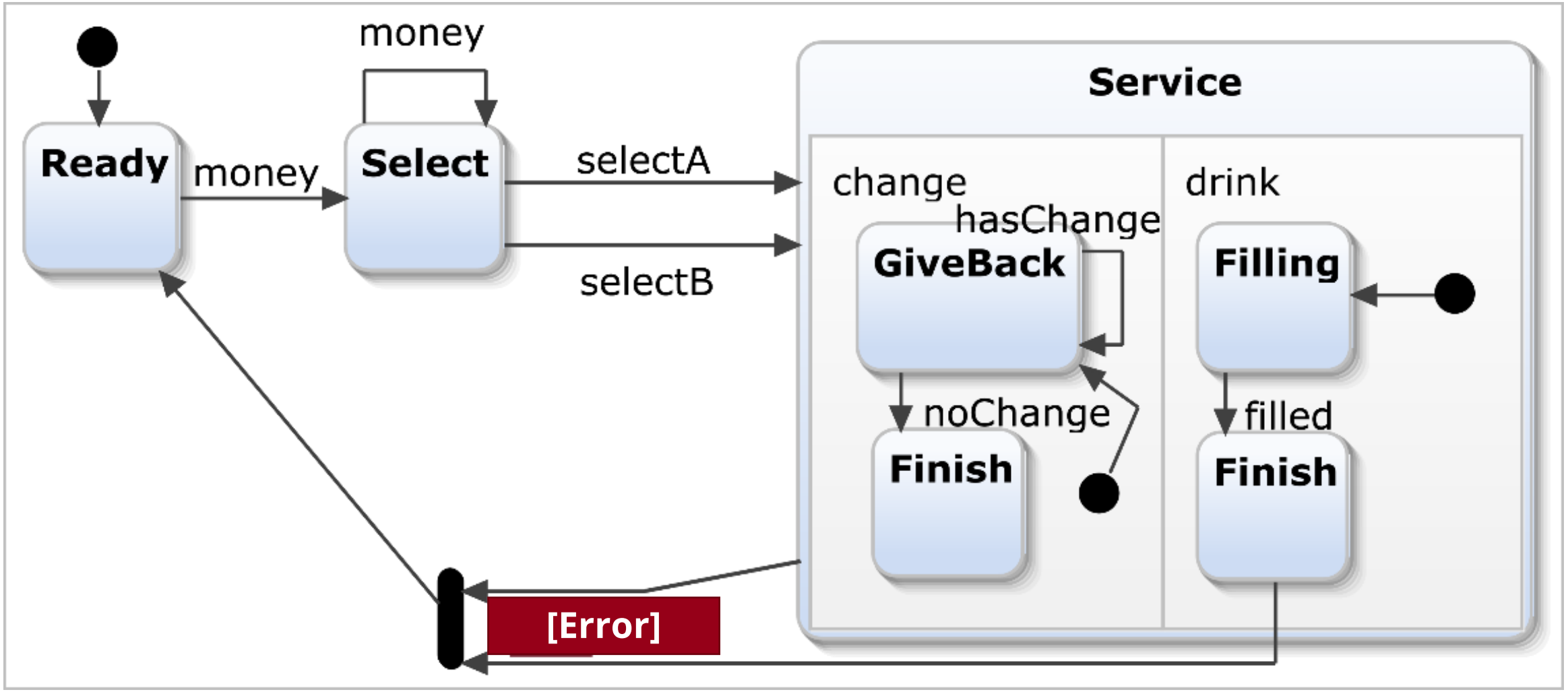
Example: Unfinished models with MAVO



Example: Unfinished models with MAVO



Example: Example concretization



MAVO Modeling Summary

- Partial modeling captures the uncertainty of models
- 1 partial model = set of complete model
- MAVO: framework for uncertainty annotation + tooling

- Semantics of missing vs unfinished

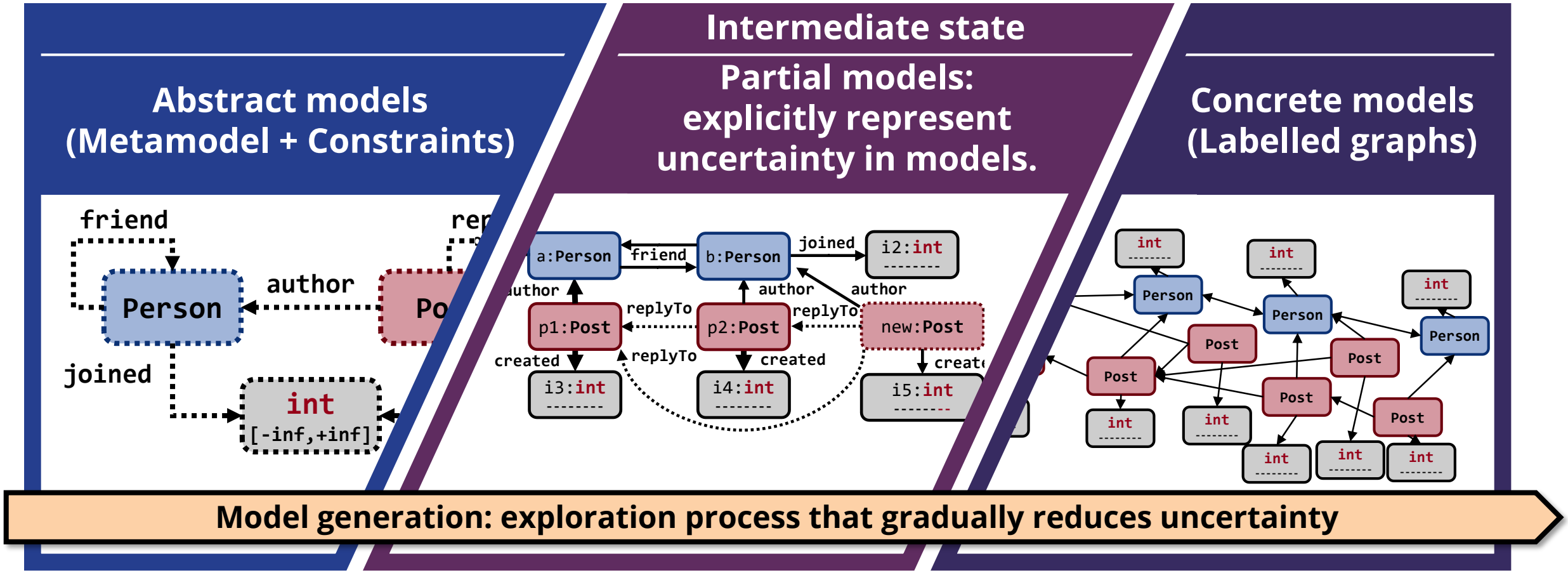
Partial models: Towards modeling and reasoning with uncertainty

M Famelis, R Salay, M Chechik

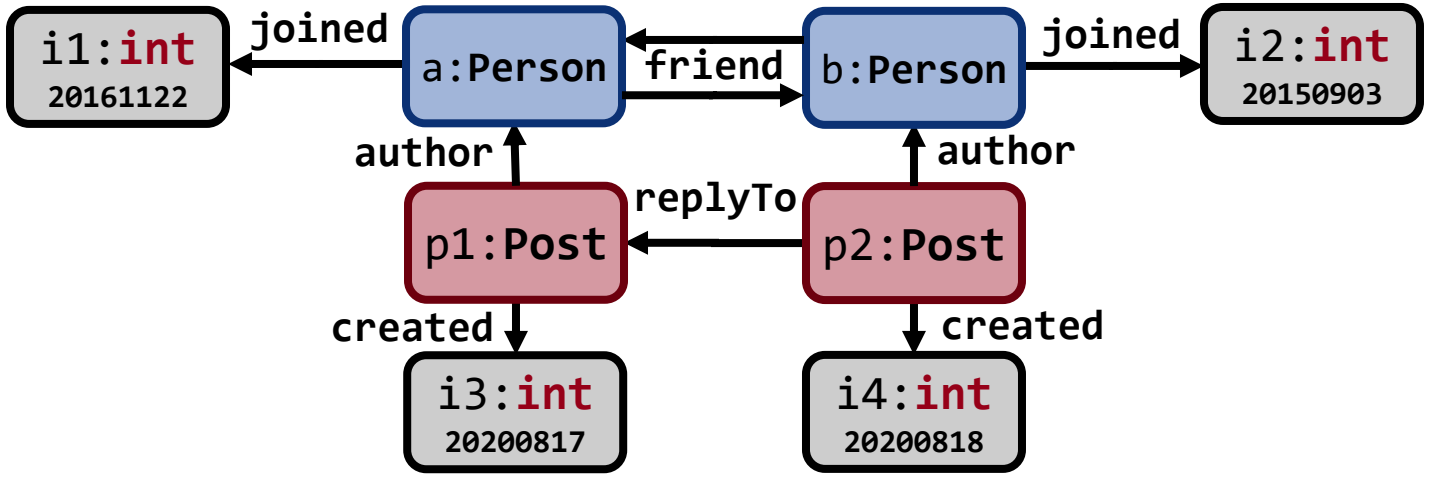
2012 34th International Conference on Software Engineering (ICSE), 573-583

4-valued partial models

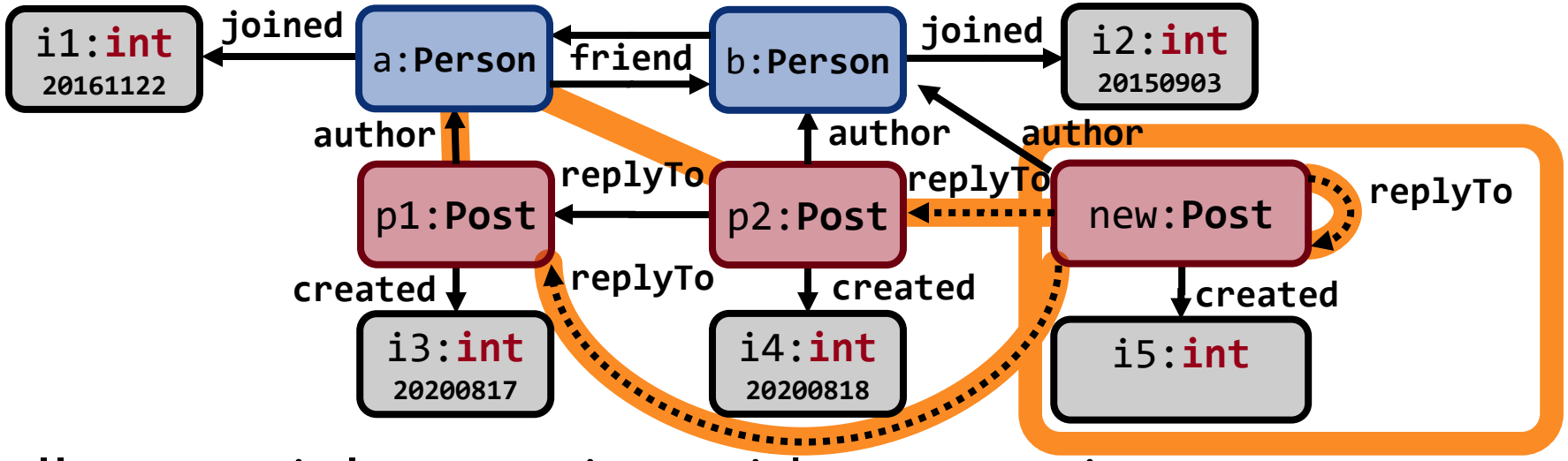
Partial Models



Partial Modeling: 4-valued logic

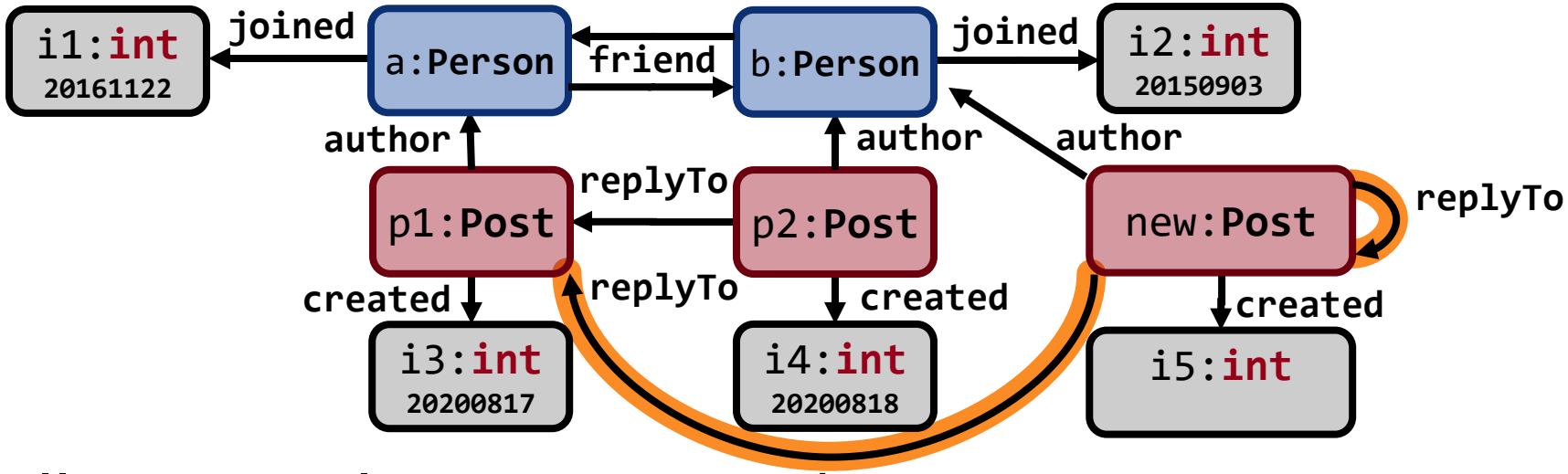


Partial Modeling: 4-valued logic



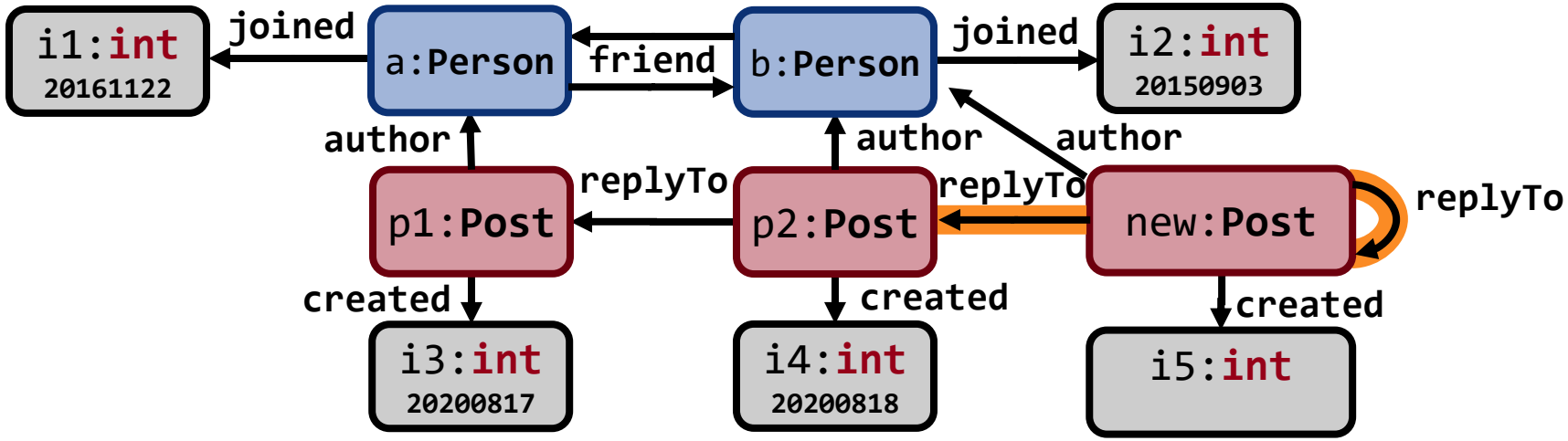
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: 4-valued logic



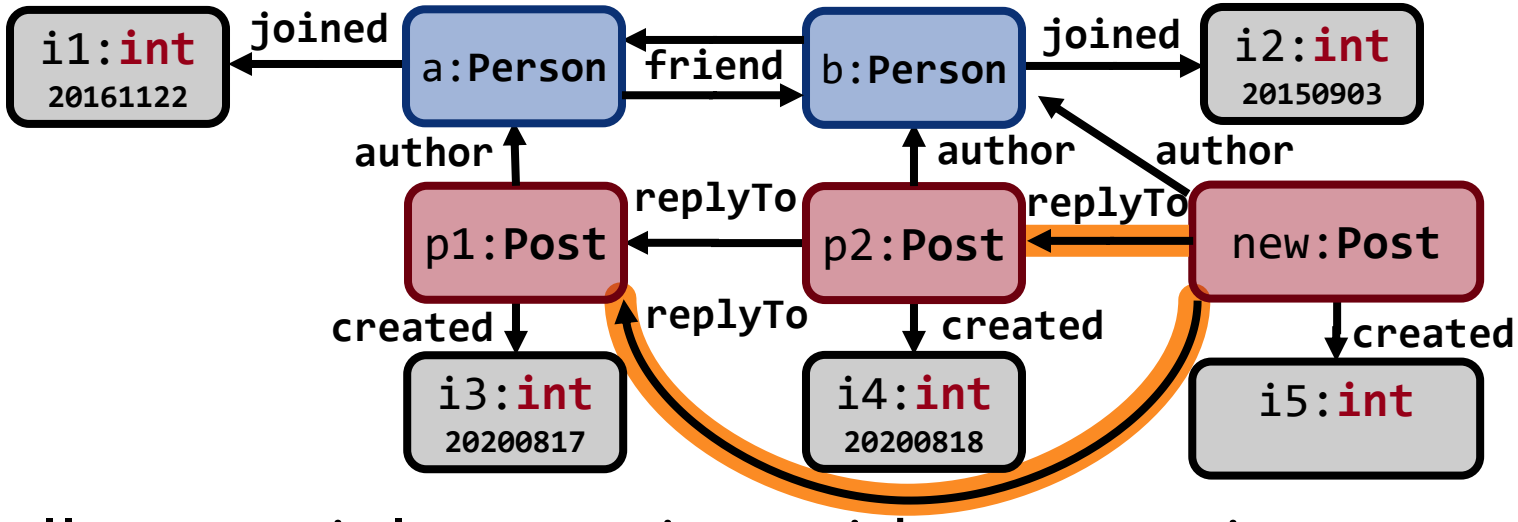
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: 4-valued logic



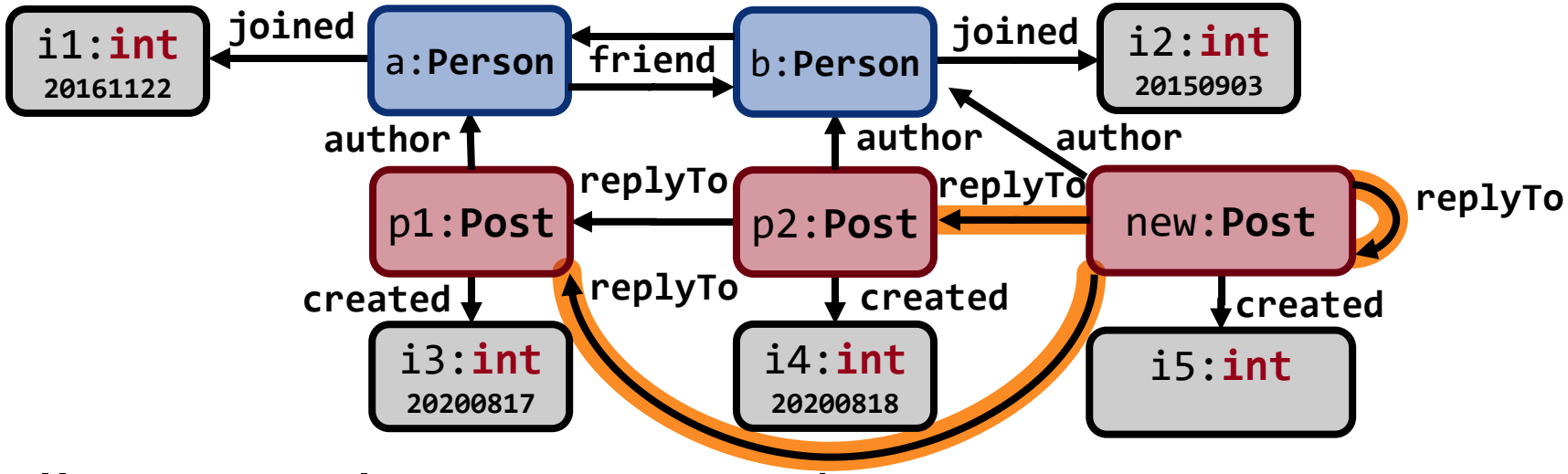
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: 4-valued logic



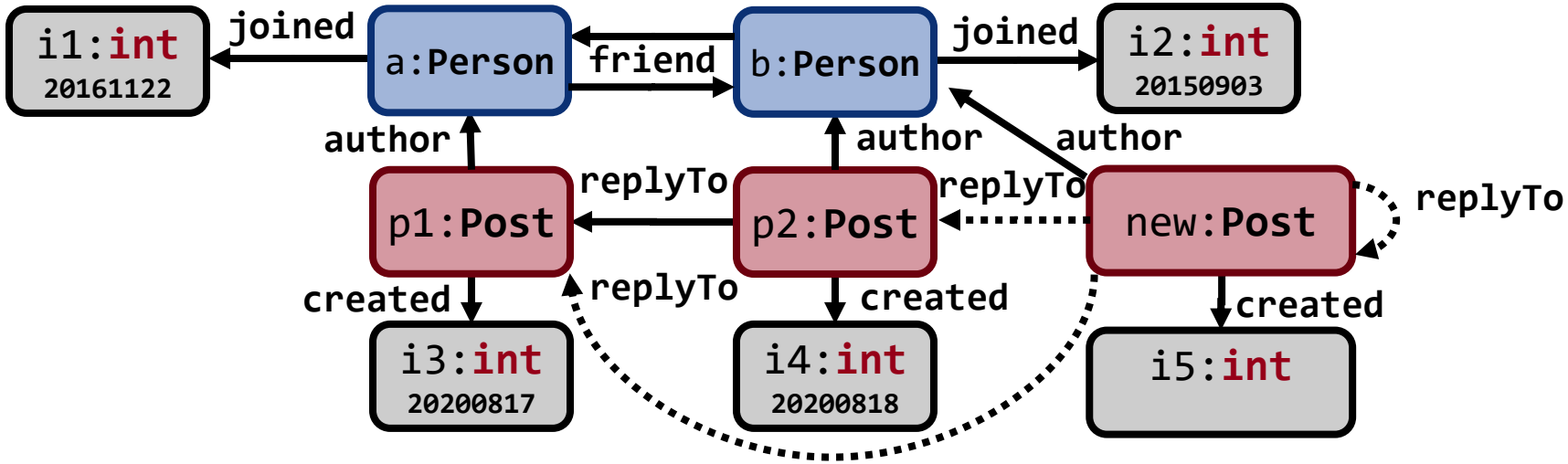
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: 4-valued logic



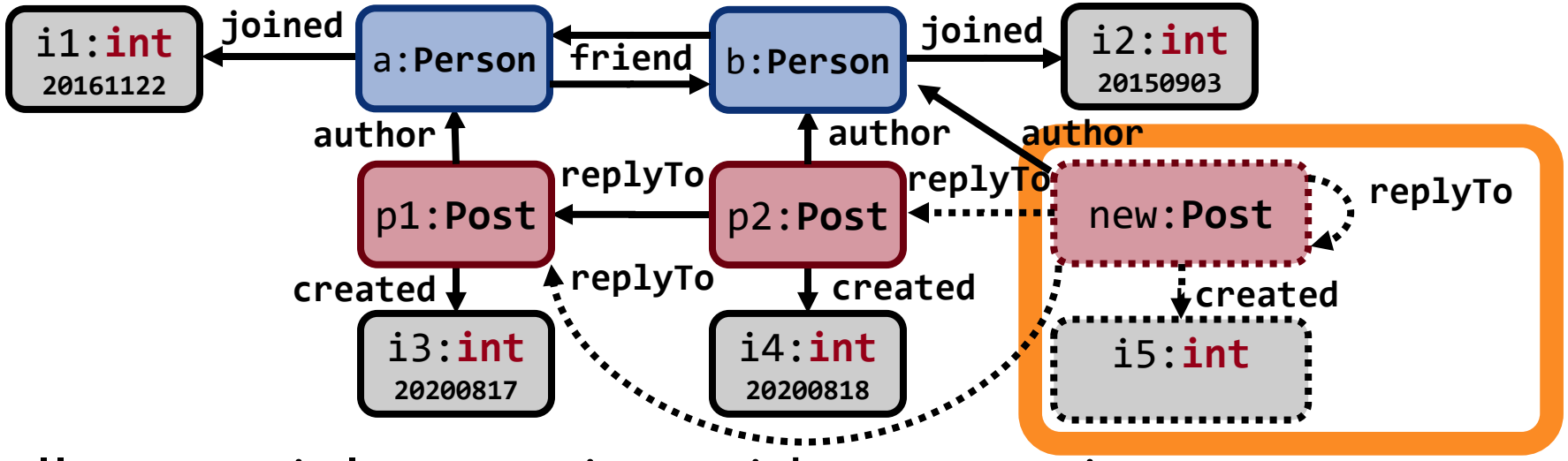
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: 4-valued logic



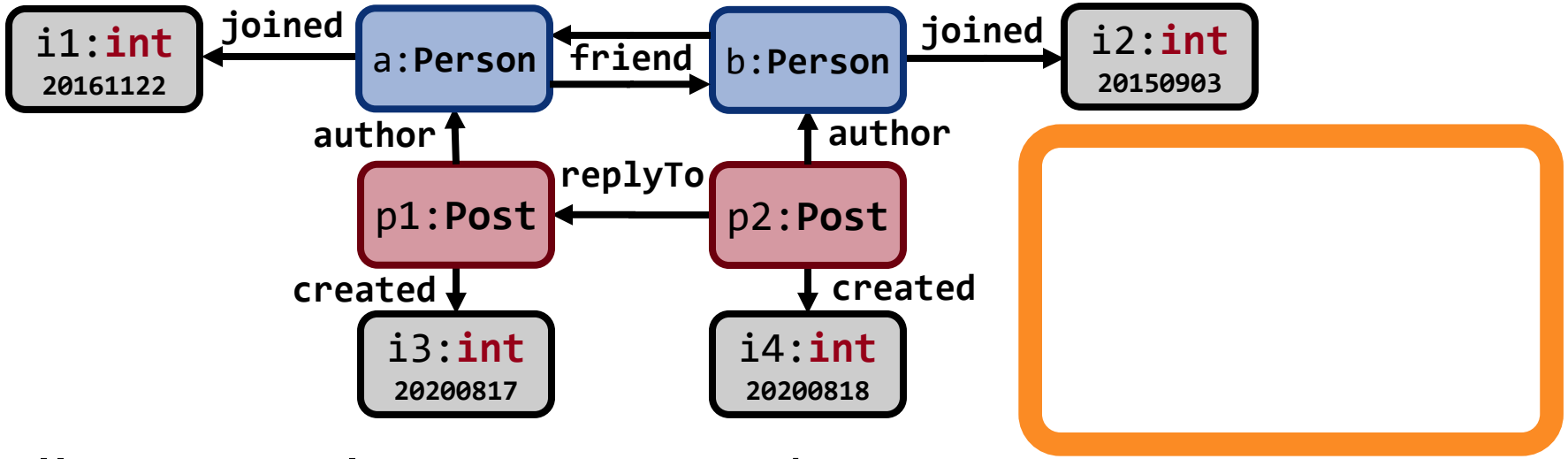
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error

Partial Modeling: existence



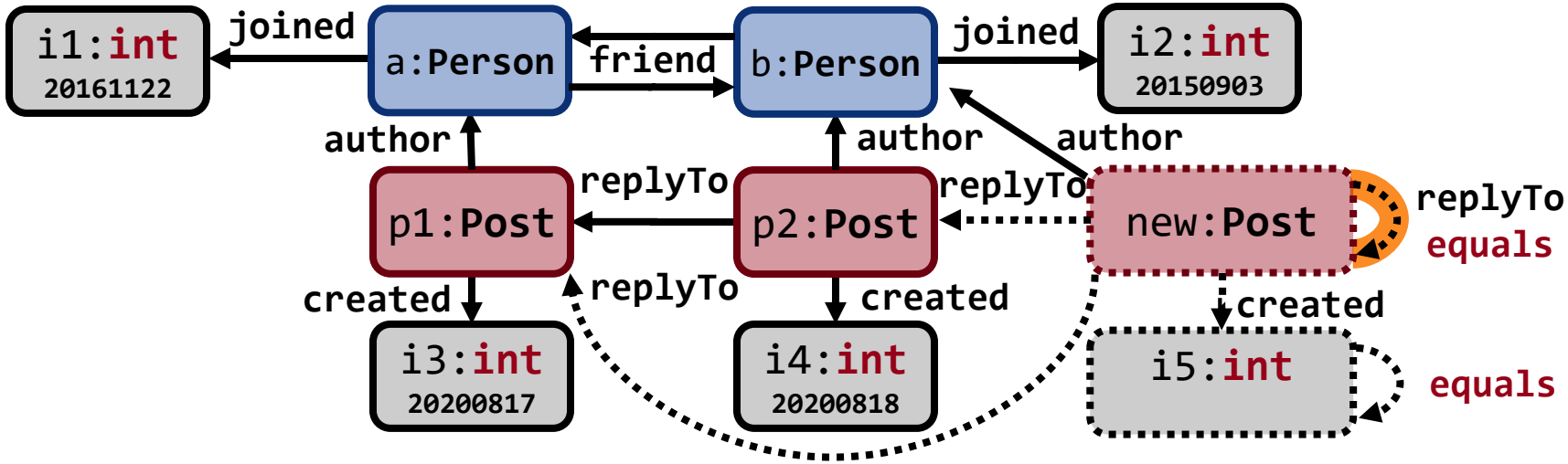
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed

Partial Modeling: existence



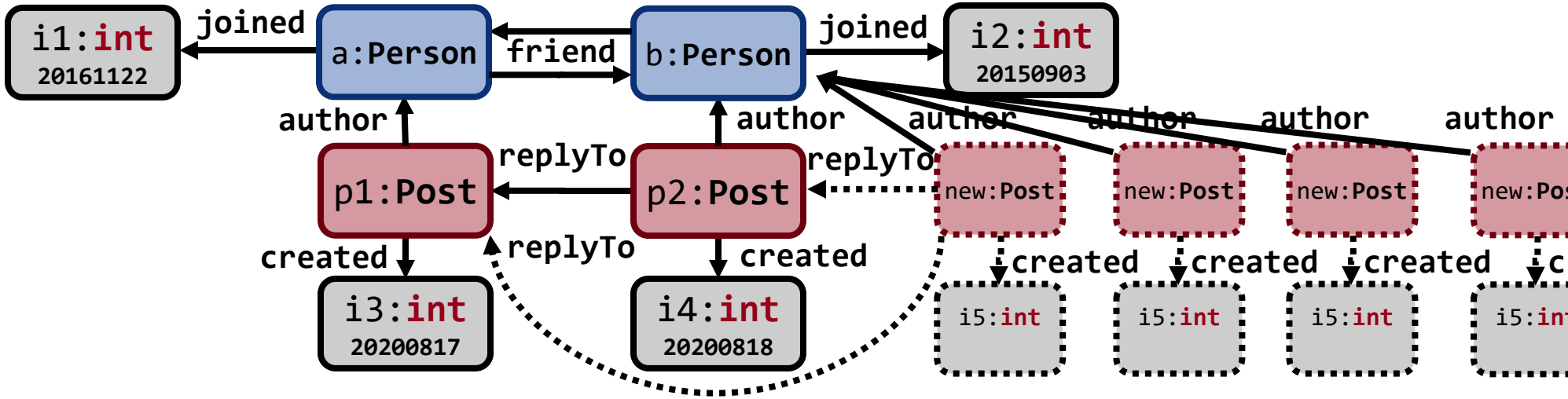
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed

Partial Modeling: equivalence



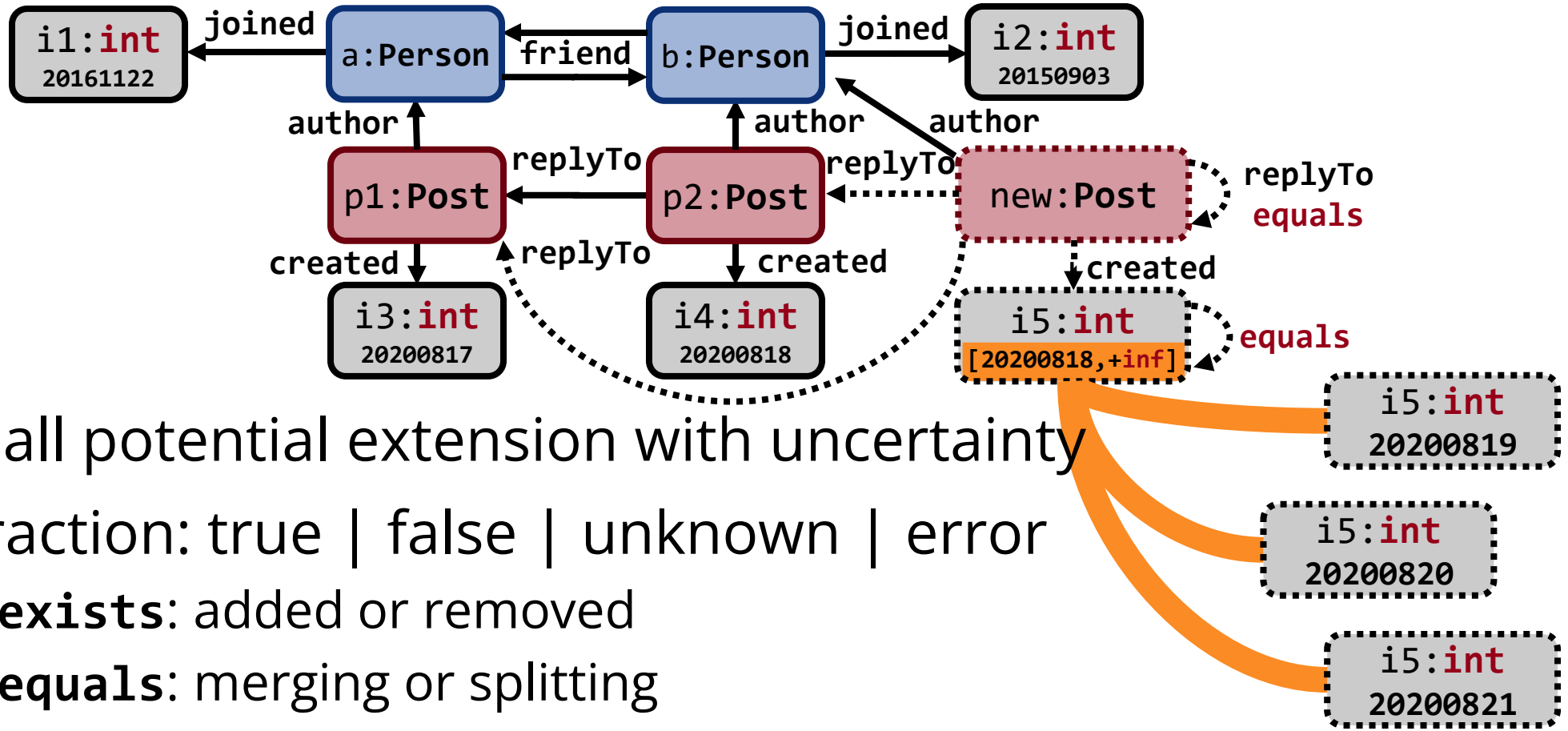
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed
  - 4-valued **`equals`**: merging or splitting

Partial Modeling: equivalence



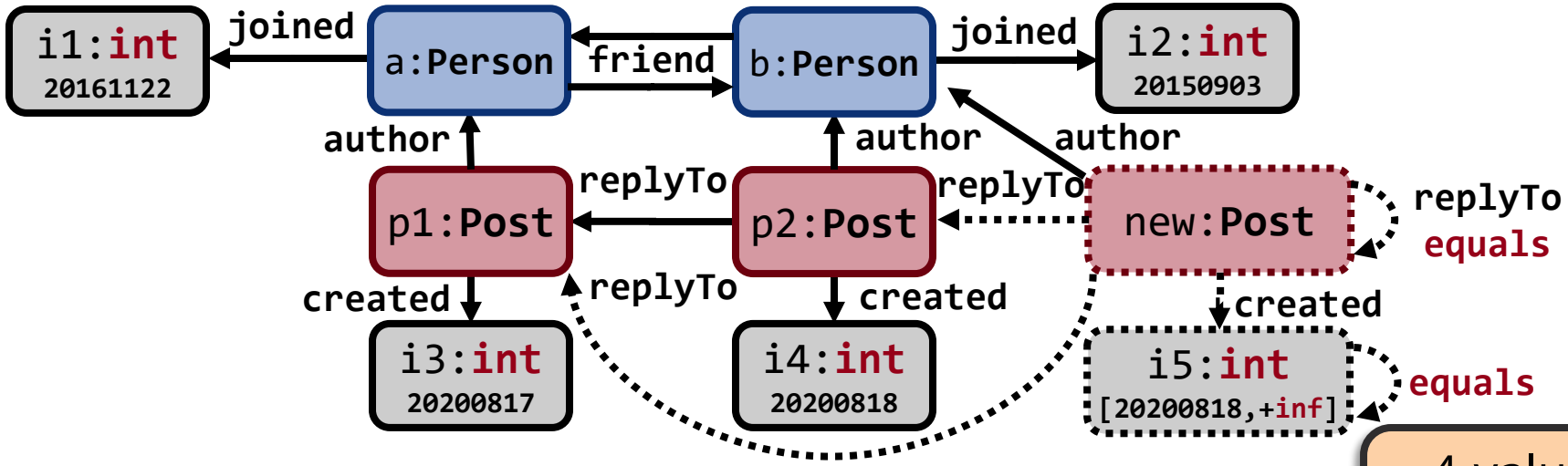
- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed
  - 4-valued **`equals`**: merging or splitting

Partial Modeling: numbers

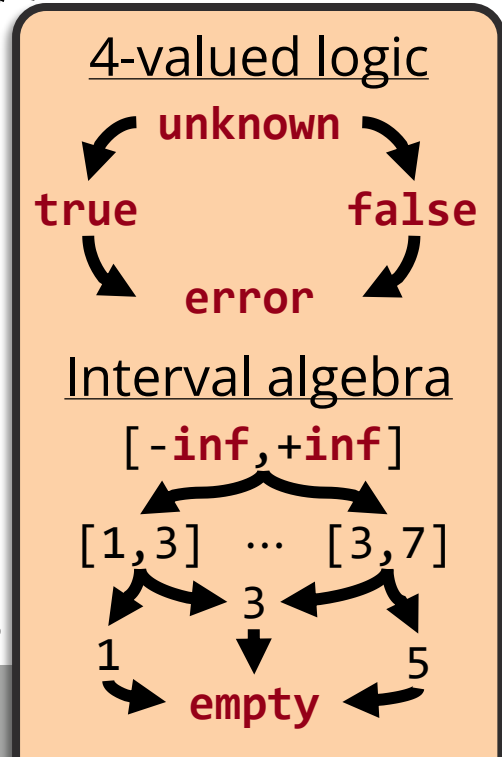


- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed
  - 4-valued **`equals`**: merging or splitting
- Numeric abstraction: concrete values → intervals

Partial Modeling: refinement



- Represent all potential extension with uncertainty
- Logic abstraction: true | false | unknown | error
  - 4-valued **`exists`**: added or removed
  - 4-valued **`equals`**: merging or splitting
- Numeric abstraction: concrete values → intervals
- **Refinement**: reduces uncertainty → concrete models



Refinement

- A **refinement** from partial model P to Q is defined by a refinement function $ref\colon O_P \to 2^{O_Q}$, which respects information ordering:
  - For all symbol $s \in \Sigma$: $I_P(s)(\bar{p}) \sqsubseteq I_Q(s)\left(\widehat{ref}(\bar{p})\right)$
  - All objects in Q are refined from an object in P, and existing objects $p \in O_P$ must have a non-empty refinement.

- A **concretization** is a refinement to a concrete model.

- **Regular models:** subset of partial models under analysis (e.g. exclude object merge, if impractical)

Köszönöm a figyelmet!