

Hierarchický model

© 1995-2019 Josef Pelikán
CGG MFF UK Praha

pepca@cgg.mff.cuni.cz
<https://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



Hierarchie v 3D modelování

Kompozice „zdola-nahoru“

- složitější objekty se sestavují z jednodušších
- při modelování se často několikanásobně opakují některé části objektů (stavební prvky, součástky)

Databáze 3D objektů

- (nejen) ve strojírenství a stavebnictví se často používají standardní – normalizované – prvky

Parametrická konstrukce

- jednotlivé instance objektu se mohou mírně lišit
- parametry/atributy, mechanismus dědičnosti...



Hierarchické modelování

Scéna se skládá z objektů

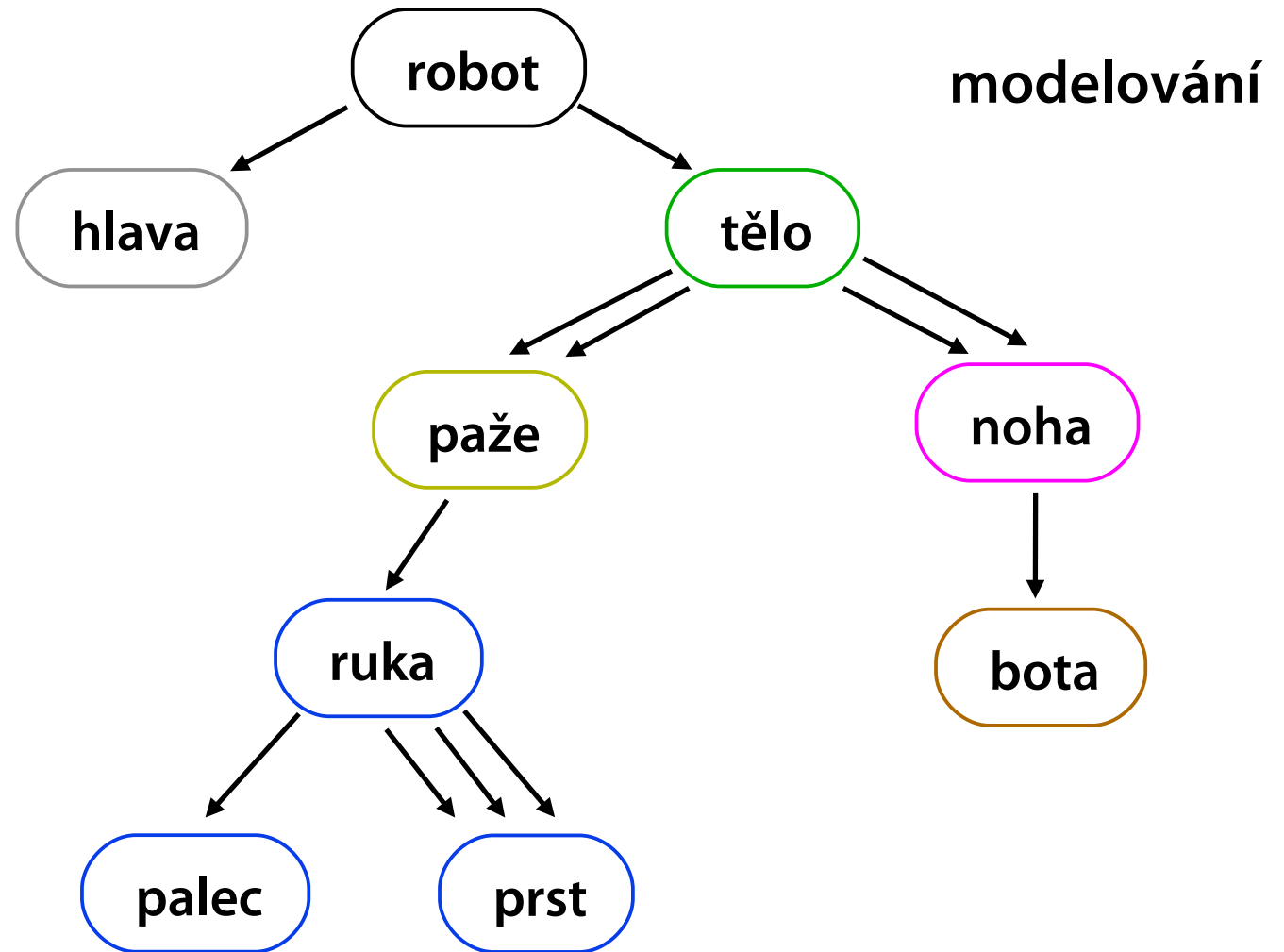
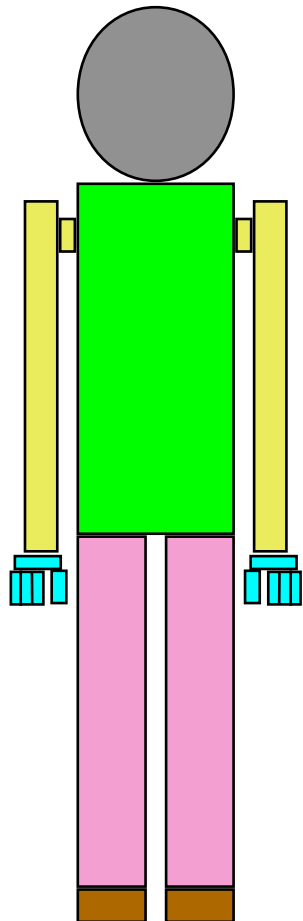
- objekty se skládají z komponent
 - » komponenty se skládají ze součástí
 - ♦ součástky se skládají z...

Hierarchické modelování je přirozené a efektivní

- v databázi mohou být uloženy celé knihovny děl, ze kterých si konstruktér/umělec vybírá
- další vlastnosti hierarchické metodiky
 - » **atributy** uzlů hierarchie (dědičnost, parametrizovatelnost)
 - » **relativní transformační matice** (poloha potomka je definována pouze vzhledem k rodičovskému uzlu)



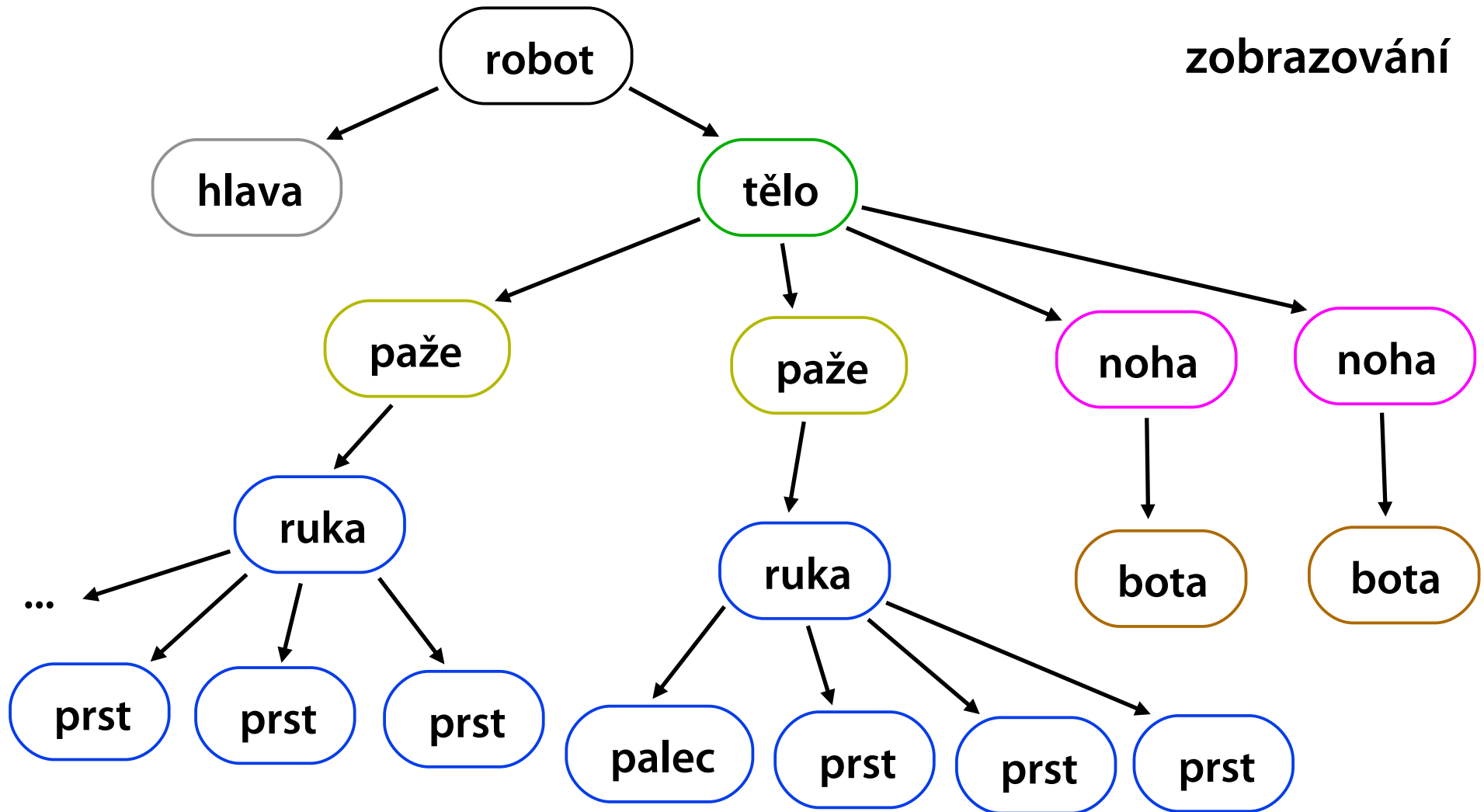
Hierarchický model robota





Strom modelu robota

zobrazování





Uložení objektu v databázi

Globální (implicitní) atributy a parametry

- vzhled (barva, materiál), přesnost aproximace křivek...

Vlastní 3D prvky

- tělesa, stěny, plochy, VB, IB... (podle typu modelu)
- souřadná soustava spojená s objektem
- lokální hodnoty atributů a parametrů

Odkazy na použité podobjekty

- transformační matice (relativní transformace)
- modifikace parametrů a atributů podobjektu



Reprezentace modelu v paměti

Převedení acyklického grafu do formy **stromu**

- uzel = **instance objektu**
- geometrická data se nesdílejí

Souřadnice **vrcholů těles, řídicích uzlů** ploch...
podléhají geometrickým transformacím a projekci

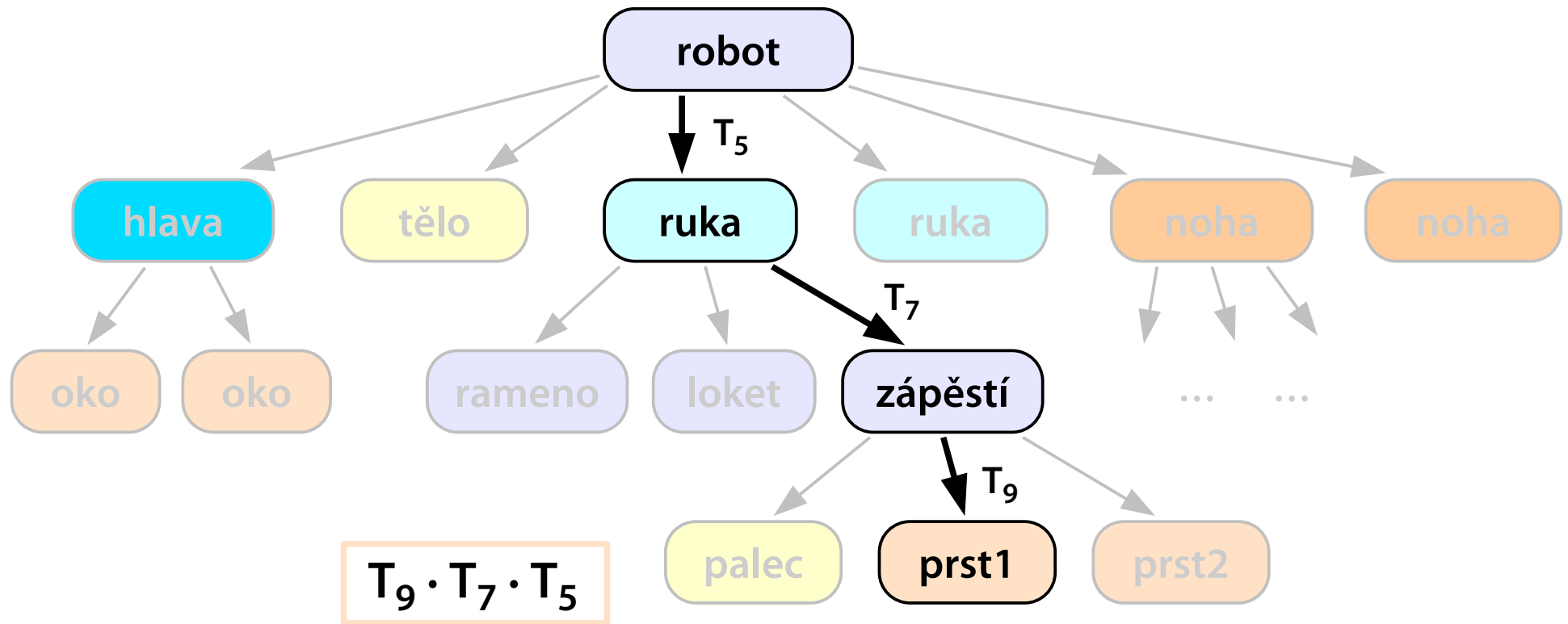
- ~ relativní souřadnice uvnitř objektu – 3D
- ~ absolutní (světové) souřadnice ve scéně – 3D
- ~ promítnuté souřadnice – 2D nebo 3D (z = hloubka)
- ~ souřadnice výstupního zařízení – 2D (celočíslné)



Relativní transformace

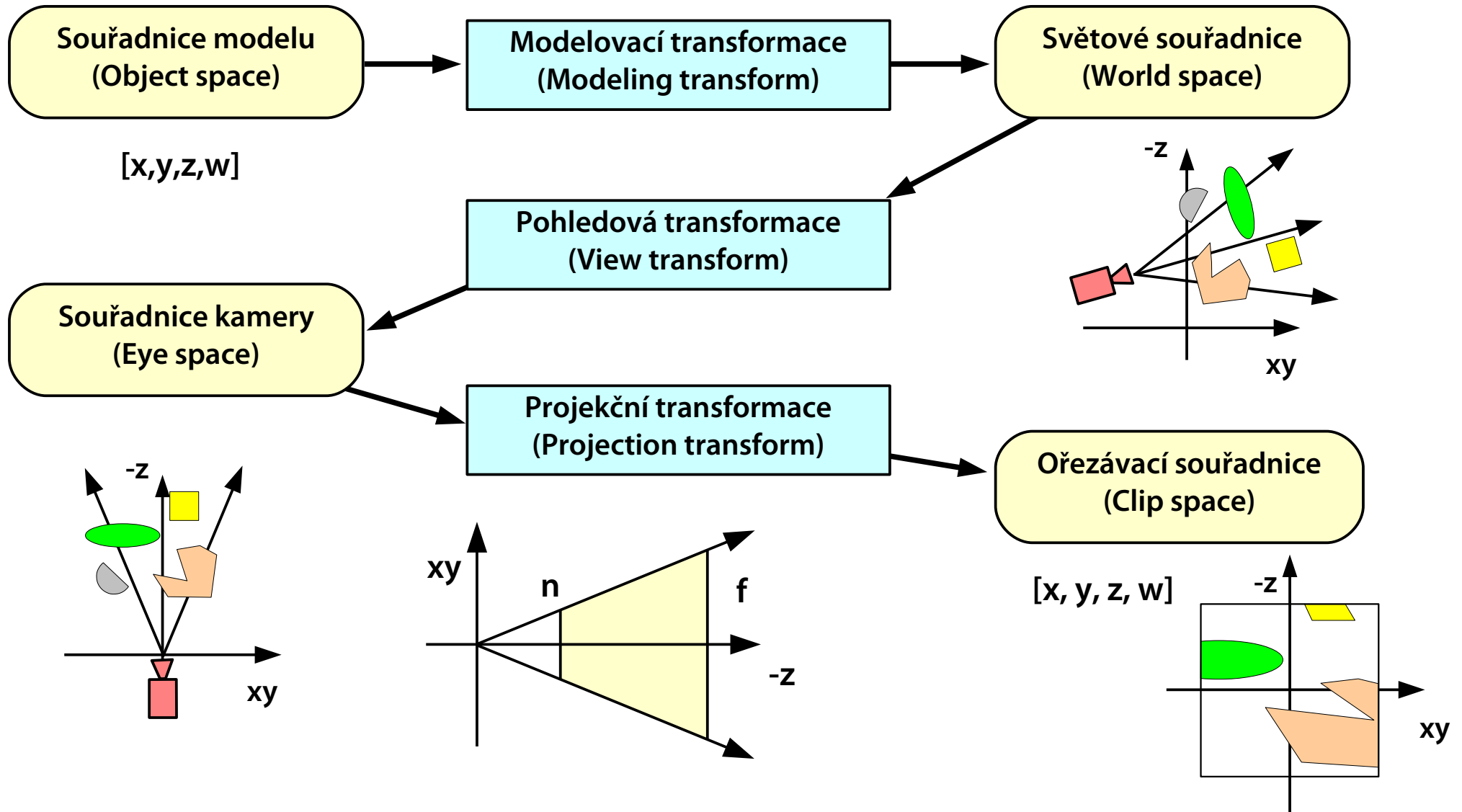
Transformace **listu scény** (sít trojúhelníků) do světových souřadnic se skládá z posloupnosti transformací

- součiny matic i modelové transformace může počítat **GPU**



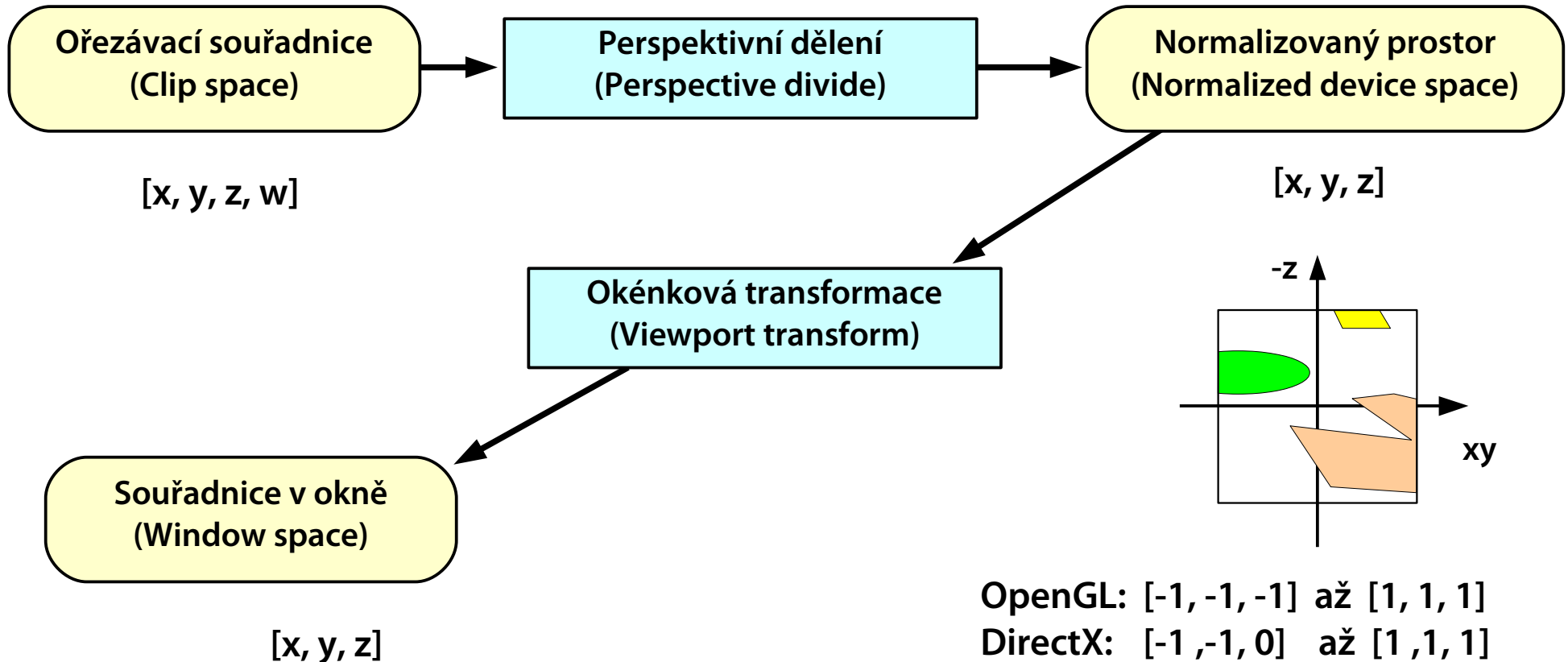


Souřadné soustavy





Souřadné soustavy II



$[x, y]$ skutečná velikost v pixelech na obrazovce (fragmenty)
 z hloubka kompatibilní s z-bufferem



Souřadné soustavy III

Souřadnice modelu

- databáze objektů, ze kterých se skládá scéna
- 3D modelovací programy (3DS Max, Maya, Blender, Rhino...)

Světové souřadnice

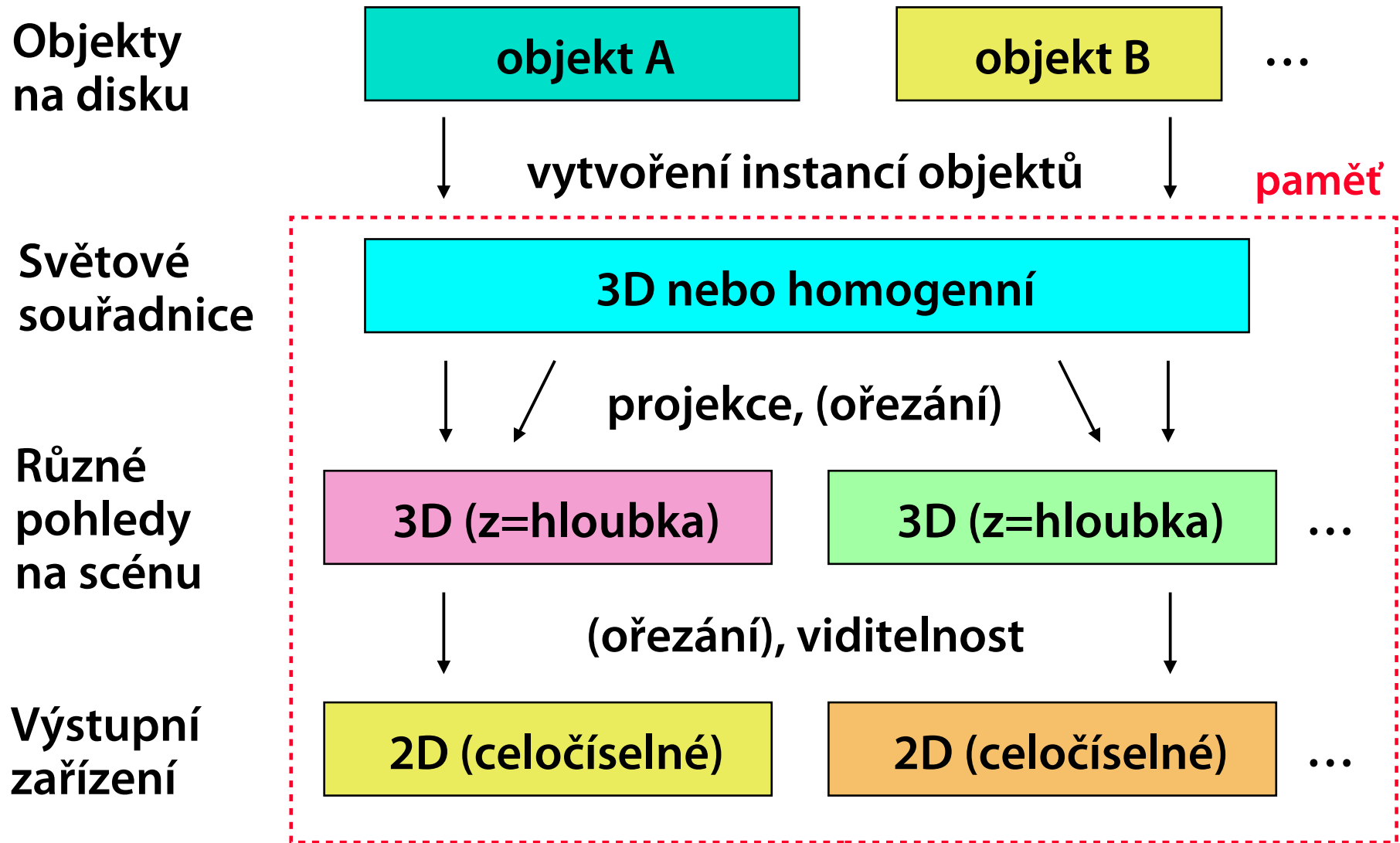
- absolutní souřadnice virtuálního 3D světa
- vzájemná poloha jednotlivých **instancí objektů**

Souřadnice kamery

- 3D svět se transformuje do relativních souřadnic kamery
- střed projekce: **počátek**, směr pohledu: **-z** (nebo **z**)



SW rendering – pole souřadnic





Hierarchické 3D formáty

PHIGS(+) (ANSI, ISO)

- „Programmer’s Hierarchical Interactive Graphics System”

OpenInventor, Performer (oba SGI)

- objektové nadstavby nad OpenGL

VRML („Virtual Reality Modeling Language”)

- WebSpace (World-Wide Web)

OpenSG, X3D (Web3D), **FataMorgana** (.FMO)...

Vstupní formáty zobrazovacích programů

- PoV Ray, RayShade, Radiance...



Graf scény („scene graph“)

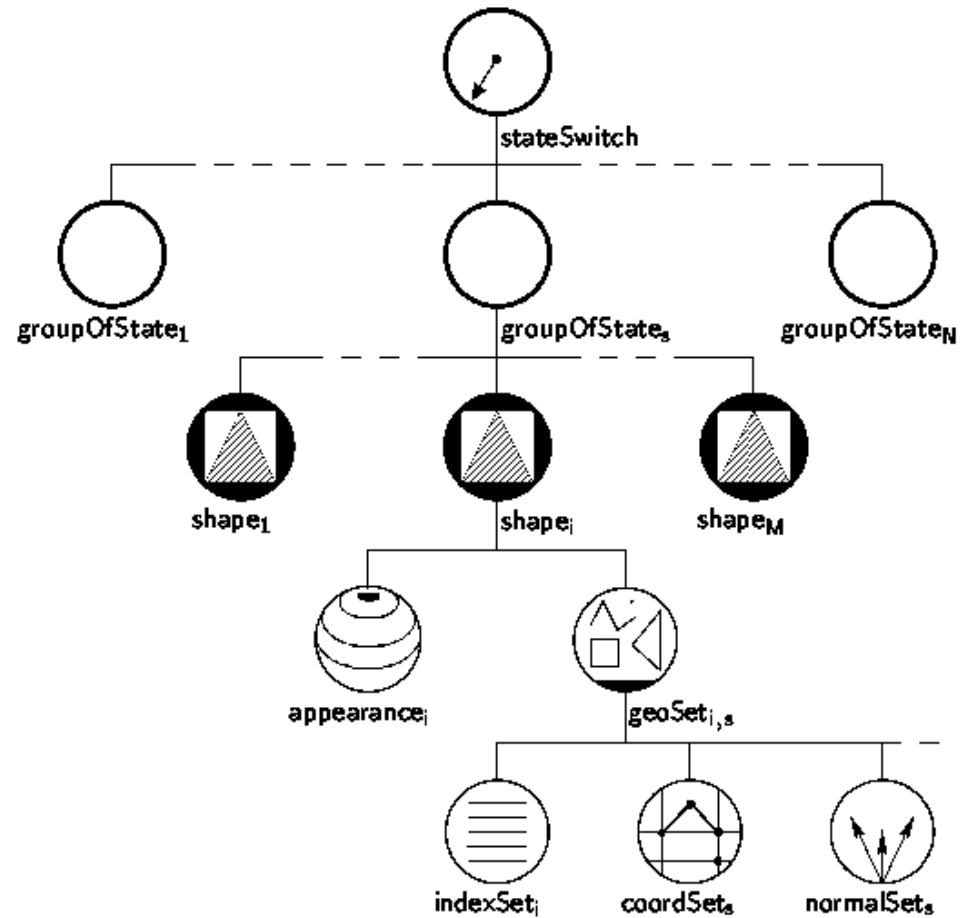
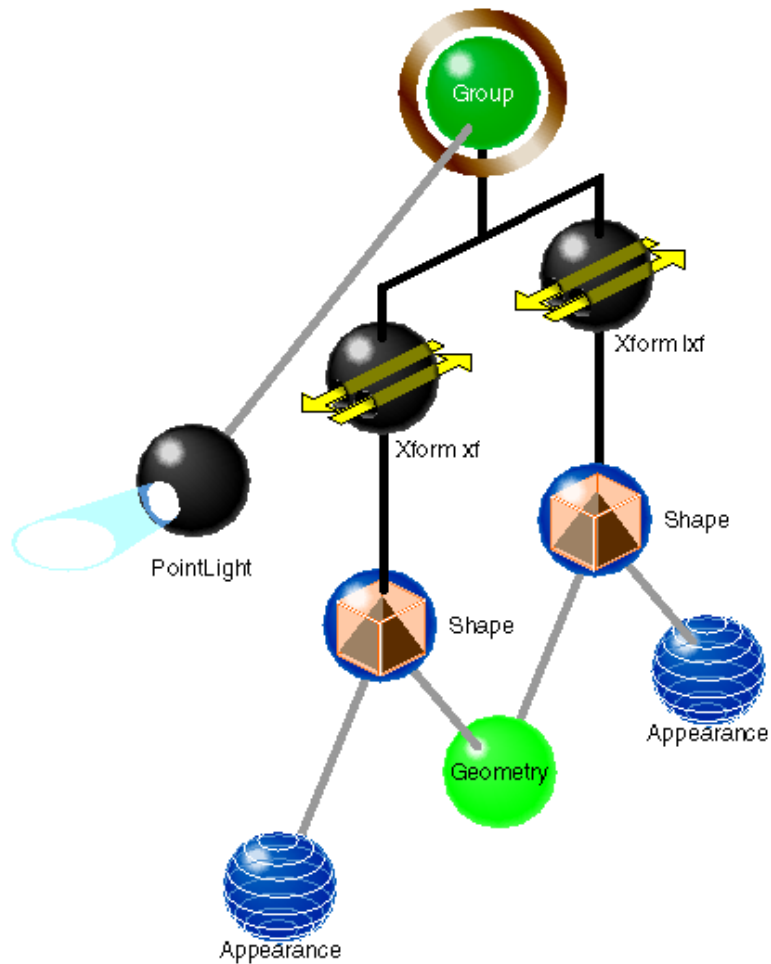
Scéna je reprezentována stromem (či DAG)

- *vnitřní uzly* – transformace, změny atributů, „skupiny“, přepínače... mohou být závislé na čase
- *listy* – geometrie (vrcholy, normály), světla, materiály...
- DAG – některé listy nebo i celé podgrafy mohou být sdíleny (např. společná geometrie, sady atributů)

Výsledek je definován **průchodem grafem** („in-order“)

- *vnitřní uzly* modifikují parametry, kontext, souřadnou soustavu
- *listy* přispívají k vlastnímu výsledku (primitiva scény)

Graf scény



Images © SGI



Literatura

J. Foley, A. van Dam, S. Feiner, J. Hughes: *Computer Graphics, Principles and Practice*, 285-346

Web3D konsorcium: <https://www.web3d.org/>