



Interaktivní modelování rostlin

Lenka Proňková

lenka.pronkova@matfyz.cz



Obsah

- Metoda pro snadné a interaktivní generování přírodních objektů.
- květiny, stromy, ...



Interaktivní modelování

- Oppenheimer – fraktální model stromu
[úhel a počet větví, poměr velikosti stonku a větví]
- De Reffye et al. – procedurální model stromu
[ovlivňování růstu]
- Holton – procedurální model stromu
[částečně grafické modelování]
- Weber & Pen – vizuálně hezké tvary stromů
[textové parametry]
- Onyx Computing 's TreeMaker (<http://www.onyxtree.com>)
[plně grafické a interaktivní]



Modelování pomocí komponent

- Grafový popis.
- Rostlina složena z jednotlivých komponent popisujících strukturu a geometrii částí.
- Vysoká interaktivnost systému.
- Snadné změny.
- Hart – použití pro generování fraktálních tvarů a omezené třídy L-Systemů



Grafová reprezentace

- Uzly =
komponenty reprezentující části rostliny
- Hrany =
vztahy a závislosti komponent



Komponenty

- Reprezentují části rostlin.
- Zapouzdřují data a algoritmy.
 - Data určují vzhled a chování.
 - Algoritmy umožňují generování a modelování.



Typy komponenty

- **Geometry generating components**
[GC]
- **Multiplying components**
[MC]
- **Global modeling components** [ModelC]



Geometry generating components

- Vytváření grafických objektů.
- Stonky, větvičky, listy, geometrická tělesa, ...
- Parametry:
 - typ geometrického tělesa
[krychle, koule, speciální: Area, Tube]
 - transformace
 - barva
 - textura
 - hloubka rekurze



Multiplying components

- Algoritmické rozmístování a kompozice geometrických komponent.
- Parametry:
 - počet částí
 - jejich umístění a orientace
- Některé parametry uloženy jako interval.
Při vytváření instancí systém interpoluje dané hodnoty + možné použití dalších funkcí.
=> generování rozličných potomků



Global modeling components

- Aplikace globálních modelovacích technik.
- Deformace objektů.
- Zachycení přírodních vlivů.



Postup generování

- **P-graph**
 - proto graf
 - sestaven z prototypů komponent
- **I-tree**
 - instance graf
 - dočasný strom z instancí komponent
- **Geometry**
 - vytváření rostliny na základě i-grafu



Příklad generování

- Větev stromu:

Komponenty:

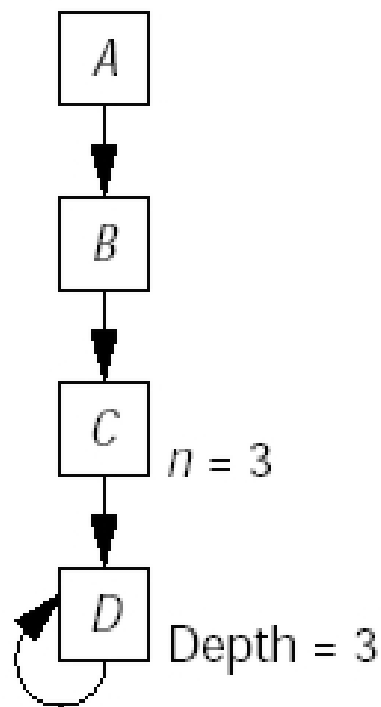
A - kořen grafu

B - stonek

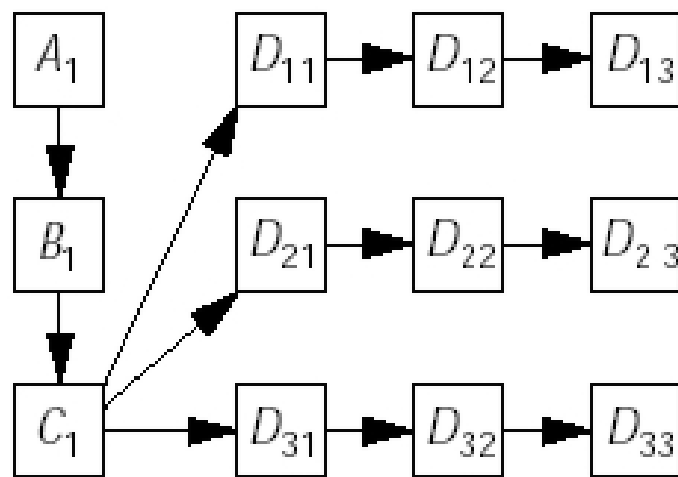
C - generuje tři dětské komponenty typu D

D - větvička, hloubka rekurze 3

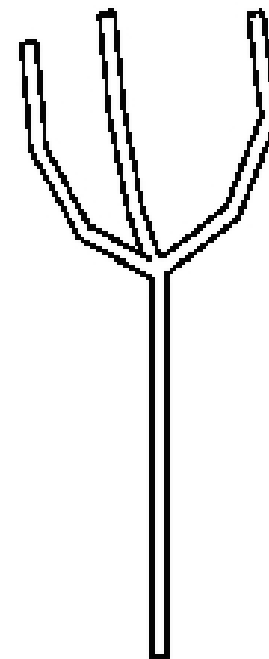
Příklad generování



(a) p-graph

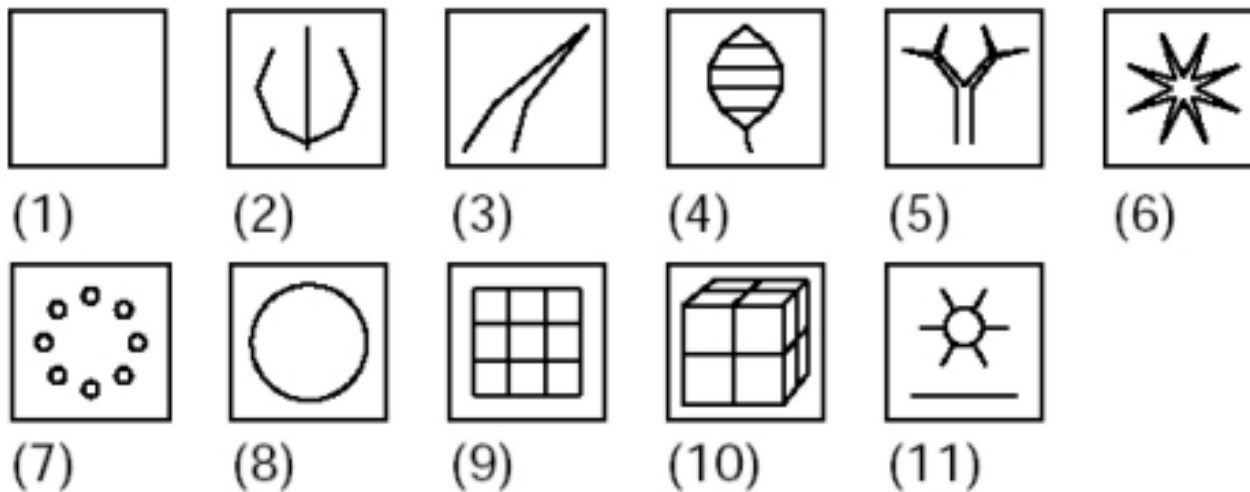


(b) i-graph



(c) geometry

Základní komponenty



The different components types:

- | | | | |
|-------------|------------|--------------|------------------|
| (1) Simple; | (4) Leaf; | (7) Wreath; | (10) Hyperpatch; |
| (2) Revo; | (5) Tree; | (8) Phiball; | (11) World; |
| (3) Horn; | (6) Hydra; | (9) FDD; | |



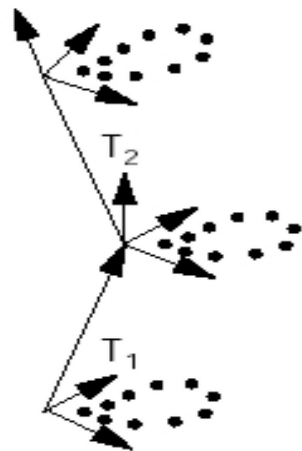
GC – Simple, Revo

- **Simple**
 - geometrické objekty
 - obsahuje pouze základní parametry komponent
 - umožňuje transformace
- **Revo**
 - plochy

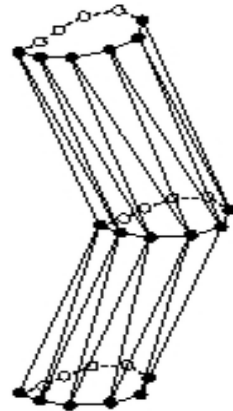
GC - Horn

■ Horn

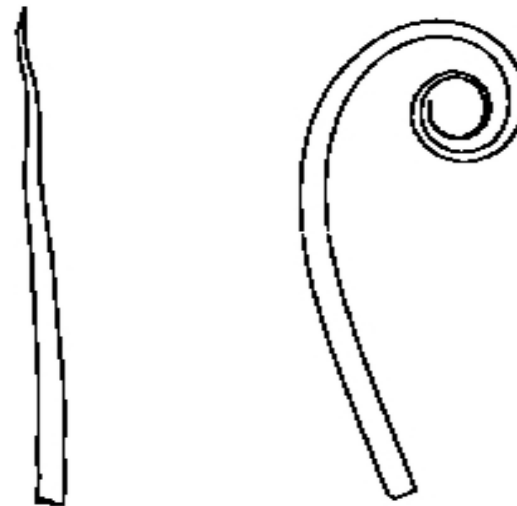
- sekvence základních těles generovaných podél spline křivky nebo zadáním relativní transformace
- uzavřené množiny bodů s triangulací
- vytváří stopky a větvičky



(1)



(2)



(3)



GC - Leaf

- **Leaf**

- sekvence základních těles nebo množin bodů
- otevřené množiny bodů interpretované jako plochy
- aplikace deformací, natáčení ke světlu
- použití textur
- generování listů a okvětních lístků

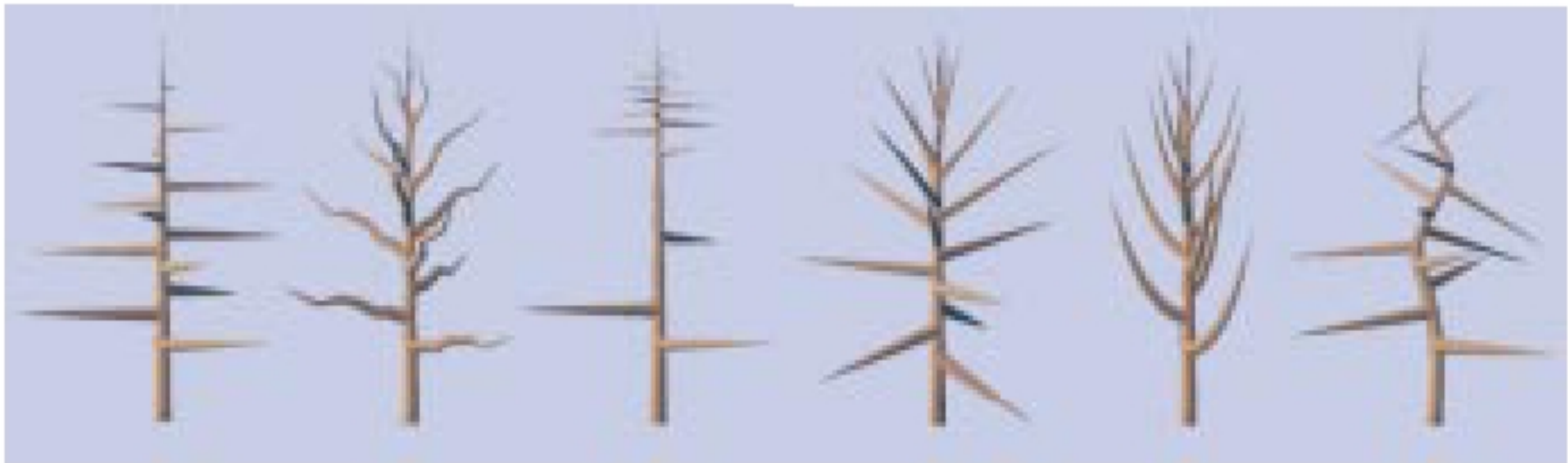


GC, MC - Tree

- **Tree**

- kombinace geometrické a složené komponenty
- geometrická struktura jako komponenta Horn
- dětské komponenty tvoří větve
- parametry: úhel mezi větvemi, hustota větví, odchylka od stonku, vliv světla a gravitace
- vytváří strukturu stromu

GC, MC - Tree



(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

Parameters variations in a tree component:

- (1) Default outline (2) Gnarled branches (3) Branching density
(4) Branching angle (5) Phototropism (6) Stem curvature



MC – Hydra, Wreath

- **Hydra**

- uspořádání komponent do tvaru hvězdy

- **Wreath**

- komponenty ve tvaru kruhu, kolmý směr

- parametry: počet dětských komponent,
poloměr kruhu



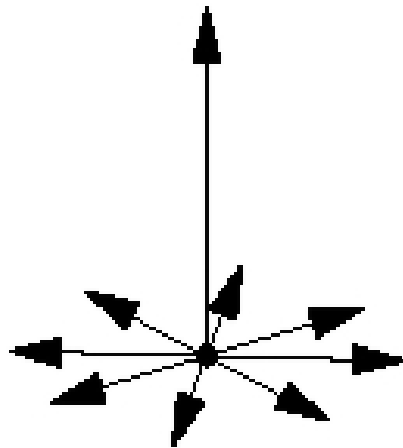
MC – Phiball

- **Phiball**

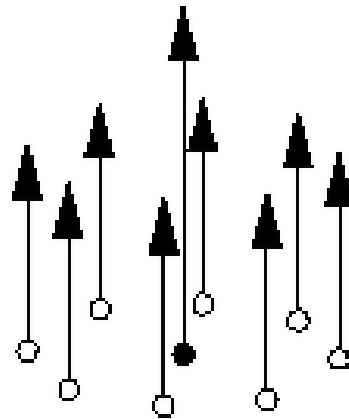
- rozmístění komponent na část kulové sféry
- analytické řešení: „Golden Section Algorithm“
- parametry: počet dětských komponent, poloměr koule, otevření, uzavření úhlu, velikosti komponent a jejich vliv na umístění



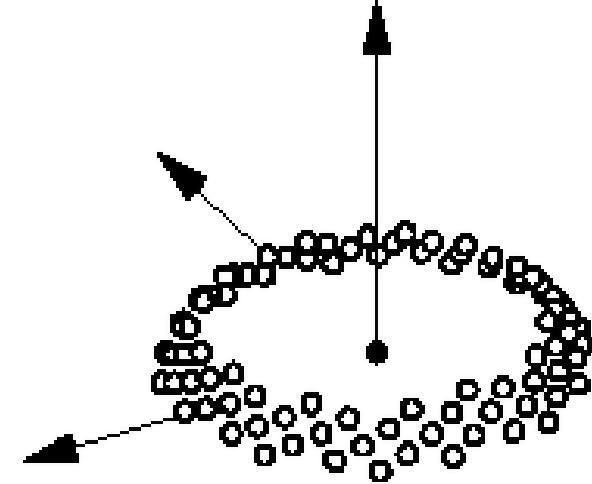
MC – Hydra, Wreath, Phiball



(1)



(2)



(3)

Placement and orientation of multiplied components:

- (1) multiplication by a Hydra component
- (2) by a Wreath component
- (3) by a Phiball component



ModelC – FFD, Hyperpatch

- **FFD, Hyperpatch**

- deformace modelů rostlin
- FFD specifikuje deformace pomocí funkcí
- Hyperpatch určuje deformace pomocí přesouvaných uzlových bodů z 3D Bézierovy plochy
- FFD lze aplikovat pouze na část struktury [Př. deformace stonku a větvíček, ponechání listů]



ModelC – World

- **World**

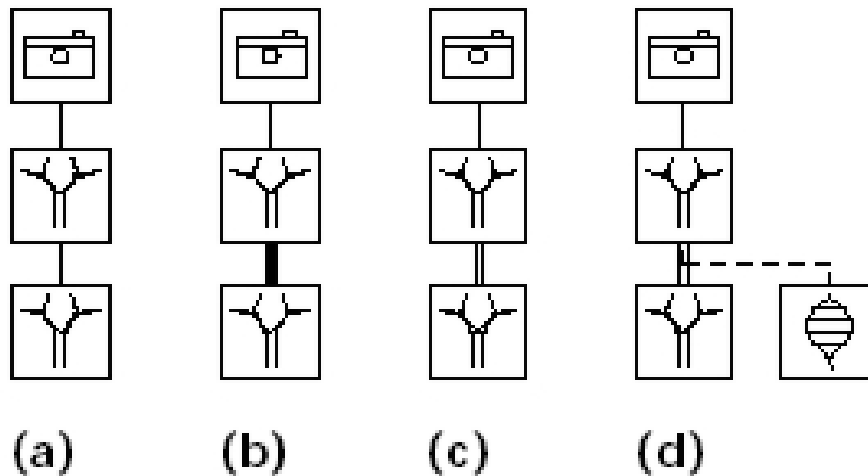
- vliv světla a gravitace na růst rostlin



Spojování komponent

- **Child link**
 - standardní
 - připojení pod danou komponentu
- **Branch link**
 - komponenta znásobena a instance uspořádány do tvaru větví
 - pouze u komponenty Tree
- **Leaf link**
 - komponenta následuje za rekurzivní komponentou
 - připojena po ukončení rekurze

Spojování komponent



- Child link
- Branch link
- Recursive combination
- Recursive combination with additional leaf link

Slunečnice - List



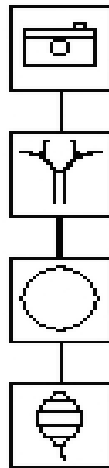
(a)

- Kamera
- Stonek [GC Horn]
- List [GC Leaf]

Slunečnice - Okvětí



(b)

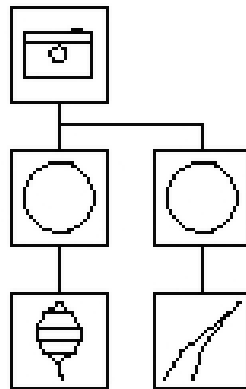


- Kamera
- Stonek slunečnice [MC Tree]
- Okvětí [MC Phiball]
- Listy [GC Leaf]

Slunečnice - Květ

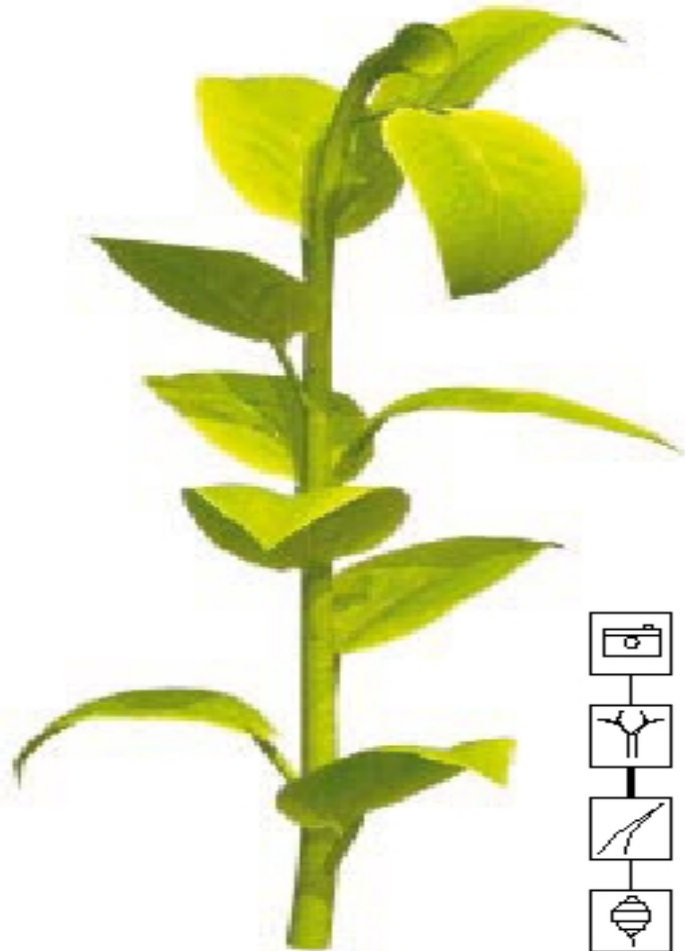


(c)



- Kamera
- Uspořádání okvětních lístků [MC Phiball]
List [GC Leaf]
- Uspořádání květu [MC Phiball]
Stonek [GC Horn]

Slunečnice - Stonek



- Kamera
- Stonek slunečnice [MC Tree]
- Listy se stonky [GC Horn, GC Leaf]

(d)

Slunečnice

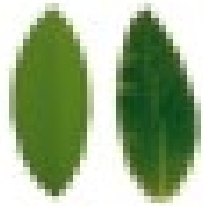


- Kamera
- Stonek
- Listy
- Květ
- Okvětí

(e)



Rhododendron - List



(a)

- Listy [GC Leaf]

Rhododendron - Větvička



(b)

- Větvička [MF Tree]
- Uspořádání květů [MC Phiball]
Květy [GC Leaf]
- Uspořádání listů [MC Hydra]
- Listy [GC Leaf]

Rhododendron - Větev



- Větev [MC Tree]
- Větvičky
- Uspořádání květů [MC Phiball]
Květy
- Listy [GC Leaf]

(c)



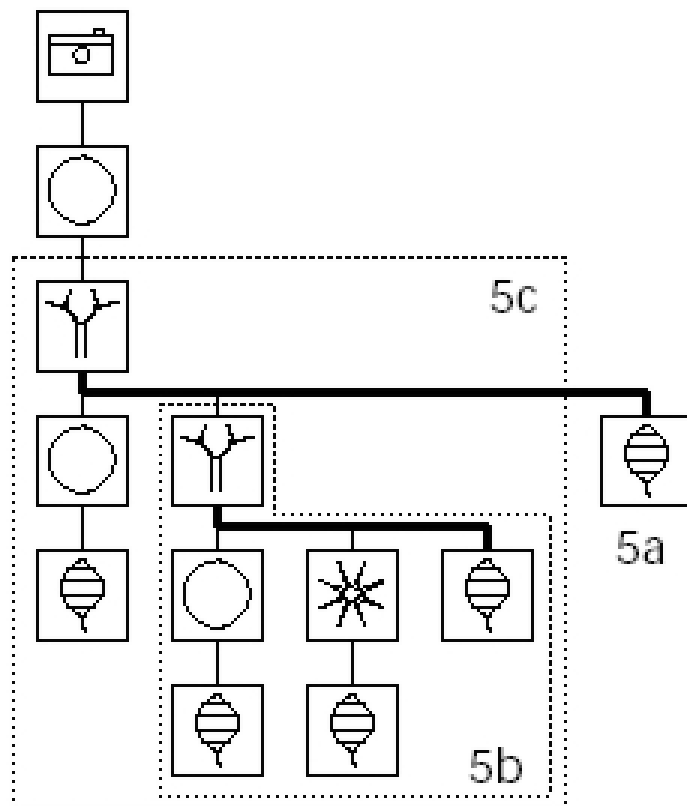
Rododendron



- Uspořádání větví
[MC Phiball]
Větve

(d)

Rododendron – P-graf



- a) List
- b) Větvička
- c) Větev
- d) Rododendron

(e)



Strom – 1.fáze



(a)

- Kmen stromu
[MC Tree]
- Větve stromu
[MC Tree]



Strom – 2.fáze



(b)

- Kmen stromu
[MC Tree]
- Větve stromu
[MC Tree]
- Větvičky
[iterování komponenty
MC Tree]



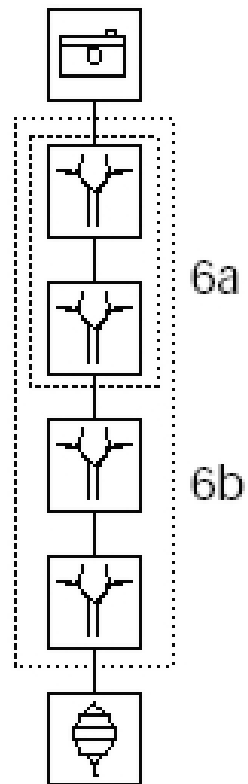
Strom – 3.fáze



(c)

- Kmen stromu
[MC Tree]
- Větve stromu
[MC Tree]
- Větvičky
[iterování komponenty
MC Tree]
- Listy
[GC Leaf]

Strom – P-graf



- a) 1.fáze
- b) 2. Fáze

(d)



Speciální tvary rostlin

- Vliv větru
- Zastínění rostlin
- Překážky



Metody speciálního modelování

- **Functional modeling**
- **Tropisms**
- **Free-form deformations**



Functional modeling

- Zavedení náhody v generování rostlin.
- Využití vlastností funkcí k modifikaci parametrů:
 - standardní matematické funkce [sin, cos, ...]
 - náhodné funkce
 - uživatelsky definované
- Modifikované parametry komponent:
 - zvětšení
 - zakřivení
 - hloubka rekurze



Functional modeling



- Příklad funkcionálního modelování.
- Zvlnění lístků závislé na počtu iterací a na náhodné funkci. => Vertikální lístky méně prohnuté.



Tropisms

- Rostliny ovlivněné nebo deformované okolním prostředím.
- Citlivost rostlin na působení gravitace a směr světla.
- Gravitropism, cylindrical tropism, horizontal tropism.



Tropisms



(a)



(b)

- Gravitropism – smuteční vrba
- Cylindrical tropism – ovinutí rododendronu kolem podpěry



Free-Form deformations

- Deformace tvaru rostlin.
- Lokální, globální.
- Komponenta Hyperpatch založená na 3D Bezierově funkci.



Free-Form deformations



(a)



(b)



(c)

- (a) Nedeformovaný model
- (b) Deformace větví
- (c) Deformace celého stromu



Informace

- Článek k referátu:
Lintermann, B., Deussen, O.:
**Interactive Structural and Geometrical
Modeling of Plants,**
IEEE Computer Graphics & Applications, vol 19(1),
jan/feb 1999, PDF, 864kB

<http://i31www.ira.uka.de/~linter/>

Obsahuje odkazy na popisovaný program
Xfrog 3.21 a další modeláře rostlin.



Informace

- Downloads trial verze programu Xfrog 3.21:

<http://www.xfrogdownloads.com/greenWeb2/Templates/start.html>