

Eliminarea partilor nevizibile ale scenelor 3D din imagini -3

Prof. univ. dr. ing. Florica Moldoveanu

Tehnici de eliminare a obiectelor nevizibile

- Frustum culling -

- ❖ Scopul: eliminarea din banda grafica a obiectelor sau grupurilor de obiecte care sunt complet in afara volumului visual.
- ❖ Se bazeaza pe reprezentarea scenei printr-o structura de date spatiala.

Structuri de date spatiale pentru managementul scenei 3D

- Ierarhie de volume incadratoare (BVH)
 - Arbore PA-BSP
 - Arbore AA-BSP
 - Arbore octal
 - ș.a.
- Managementul scenei este realizat in cadrul unui motor grafic 3D, implementat peste OpenGL / Direct 3D/Vulkan.
- Structurile de date sunt utile si pentru alte operatii: mai sunt numite “**structuri de date de accelerare**”.

1. *Scena- Ierarhie de volume încadratoare (1)* *(Bounding Volume Hierarchy - BVH)*

- ❖ Scena este reprezentata printr-un arbore care are in fiecare nod un **volum încadrator pentru un obiect sau un grup de obiecte**: sfera, paralelipipedul aliniat cu axele (Axis-Aligned minimum Bounding Box: AABB), **poliedrul convex minimal încadrator**, cilindrul, **elipsoidul**.

Construirea arborelui:

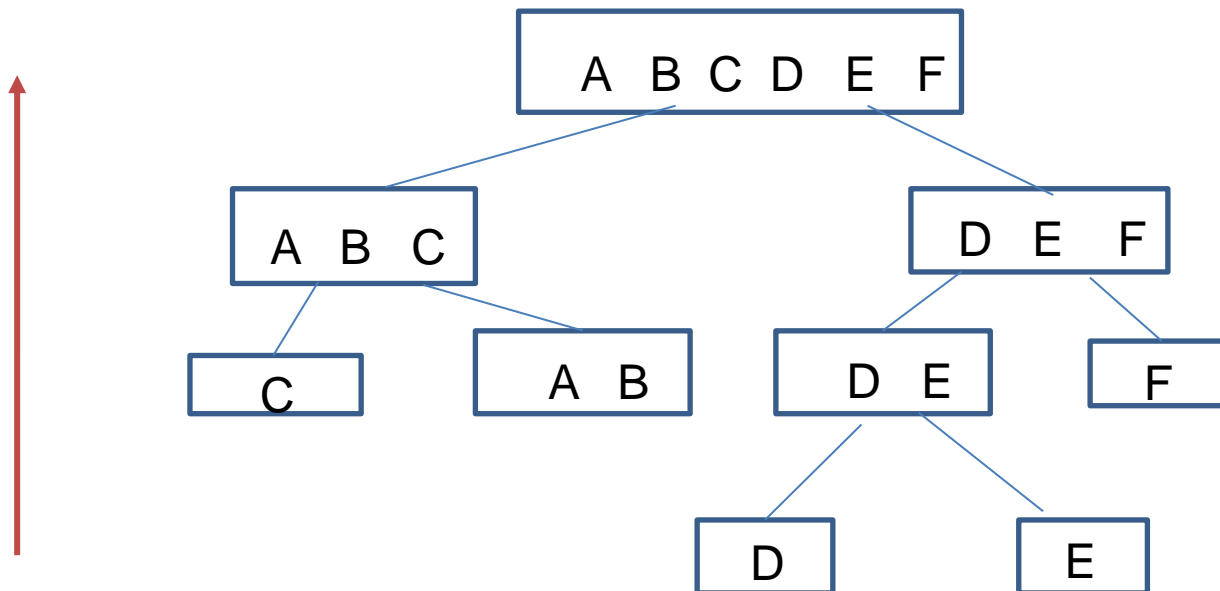
1. **Top-down** – Se incepe cu nodul radacina, avand asociat volumul încadrator al scenei
 - Se partitioneaza setul de obiecte in 2 sau mai multe subseturi si se alocă fiecare subset unui volum încadrator – rezulta primul nivel al arborelui. Volumele încadratoare trebuie sa fie disjuncte sau minimal suprapuse.
 - Se continua procedura recursiv la nivelul fiecarui grup de pe nivelul anterior pana cand se ajunge la un singur obiect (grup de primitive) pe nod – se creaza un nod frunza, avand asociat volumul încadrator al obiectului.
 - Metoda este simpla dar, in general, nu produce arbori optimi.

Ierarhie de volume incadratoare (2)

Construirea arborelui – cont.

2. Bottom-up

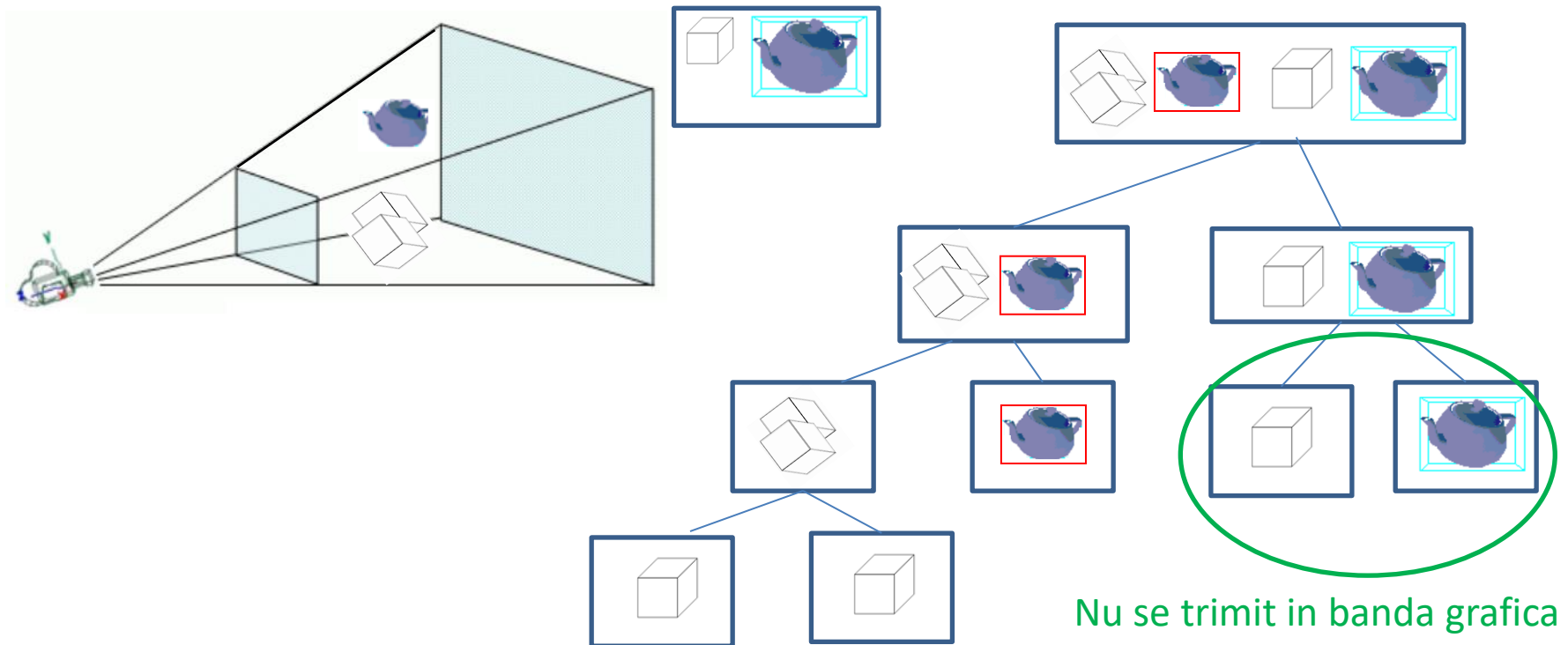
- Se definește un volum incadrator pentru fiecare obiect/ grup de primitive – nodurile frunza.
- Se grupează 2 sau mai multe volume nod frunza, rezultând noduri de pe nivelul următor
- Se continuă gruparea până când totul este grupat într-un singur volum – nodul radacina
- ❖ Construirea bottom-up produce arbori mai eficienți decât cea top-down.



Ierarhie de volume incadratoare (3)

❖ Afisarea scenei 3D folosind arborele BVH

Daca volumul incadrator al unui nod este in afara volumului vizual atunci obiectele din subarborele său **NU** sunt trimise in banda grafica.



Ierarhie de volume încadratoare (4)

❖ Afisarea scenei 3D folosind arborele BVH

- testele de vizibilitate incep cu radacina arborelui;
- **daca** volumul incadrator al nodului curent este complet in afara volumului vizual
atunci se revine pe nivelul anterior al arborelui (**intregul subarbore cu radacina in nodul curent este exclus din banda grafica**)
altfel se coboara in arbore;
- **daca** se ajunge la o frunza al carei volum incadrator nu este in afara volumului vizual,
atunci - obiectul (grupul de primitive) asociat frunzei este trimis in banda grafica;
 - se revine pe nivelul anterior al arborelui;
- **Pentru simplitate si eficiență, testele de vizibilitate se pot face in spatiul coordonatelor de decupare, transformand volumele incadratoare prin matricea MVP si testand intersectia cu volumul vizual canonic (cub cu laturile paralele cu axele)**
- ❖ Structura BVH este frecvent utilizata pentru detectia coliziunilor dintre obiectele unei scene dinamice. De asemenea, este utila in implementarea algoritmului Ray-tracing.

Ierarhie de volume încadratoare (5)

❖ **Eficiența structurii BVH privind eliminarea obiectelor nevizibile din banda grafică**

- depinde mult de felul în care sunt grupate obiectele în volume încadratoare; poate fi eficientă pentru anumite poziții ale observatorului și ineficientă pentru altele.

Alegerea tipului de volum încadrator pentru un nod:

- Să aibă o formă simplă, a.i. testele de intersecție cu volumul vizual să fie simple și rapide
- Să încadreze minimal obiectul/obiectele

Proprietăți dorite ale ierarhiei de volume încadratoare:

- Volumele nodurilor dintr-un subarbore trebuie să fie apropiate spațial, cu atât mai apropiate cu cât sunt situate mai jos în arbore.
- Volumul fiecărui nod să încadreze minimal obiectul/grupul de obiecte corespunzător
- Volumul încadrator al întregii scene trebuie să fie minimal
- Volumele nodurilor vecine de pe același nivel să fie disjuncte sau minimal suprapuse.

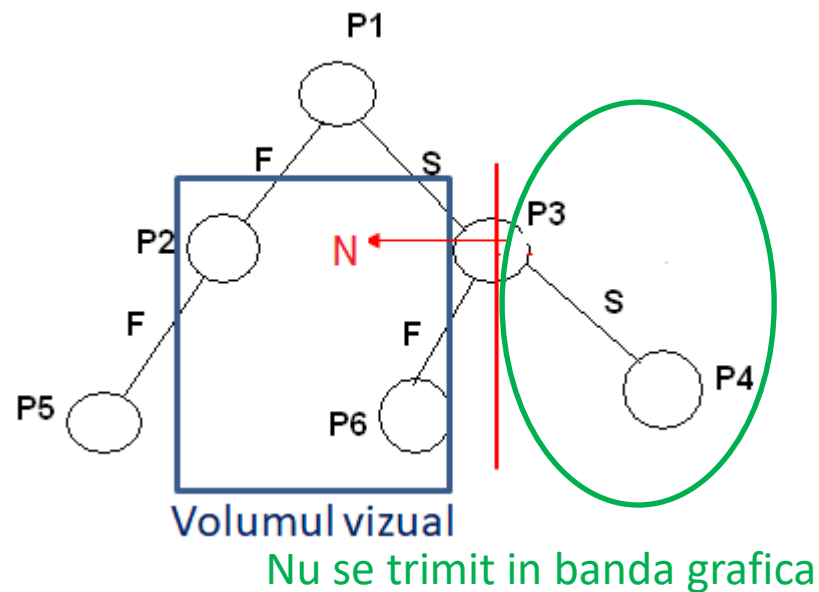
2. Scena - Arbore BSP (Polygon Aligned BSP tree) (1)

❖ **Planele de partitionare sunt planele poligoanelor (Polygon Aligned - PA BSP tree)**

- Arborele scenei se construiește ca în algoritmul BSP pentru eliminarea suprafețelor nevizibile

❖ **Eliminarea grupurilor de poligoane nevizibile**

Dacă planul de divizare atașat unui nod nu intersectează volumul vizual, atunci subarborele nodului care este situat de partea opusă a planului față de volumul vizual este complet nevizibil și poate fi eliminat din procesul de redare. La fel și primitivele atașate nodului.

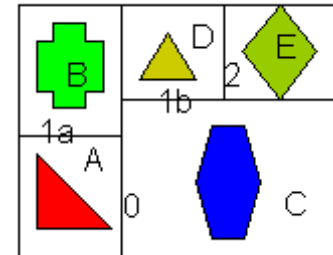
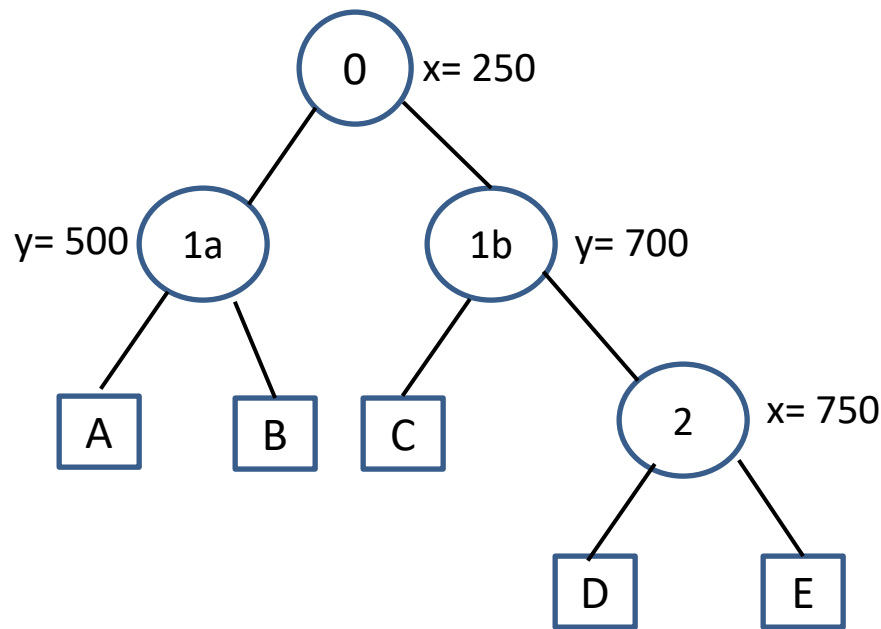


Eliminarea se efectuează în spațiul coordonatelor globale, folosind volumul vizual definit de aplicație (trunchi de piramidă sau paralelipiped dreptunghic).

3. *Scena - Axis Aligned BSP Tree (1)*

- ❖ **Planele de partitionare sunt aliniate cu axele sist de coord 3D** -perpendiculare pe cele 3 axe: **Axis-Aligned BSP Tree (AA-BSP)**
- ❖ AA-BSP tree este un k-d tree (*k-dimensional tree*): **arbore binar in care fiecare nod corespunde unei coordonate intr-un spatiu k-dimensional**. Pentru $k=3$, un nod va corespunde uneia dintre coordonatele x , y sau z . De exemplu, daca planul de partitionare al unui nod este perpendicular pe axa OX , atunci nodul este asociat coordonatei x a planului.
- ❖ **Construirea arborelui:**
 - Scena este divizata recursiv prin plane paralele cu planele sistemului de coordonate, intr-o ordine fixa, tinand cont si de geometria scenei; de exemplu, in pasul 1 se alege un plan perpendicular pe OX , in pasul 2 un plan perpendicular pe OY , in pasul 3 un plan perpendicular pe OZ , in pasul 4 un plan perpendicular pe OX , s.a.m.d.
- ❖ **Alegerea planelor:**
 - numarul de obiecte din fiecare semispatiu sa fie acelasi sau diferit cu 1, pentru ca arborele sa fie echilibrat
 - numarul de intersectii dintre planele de partitionare si obiectele scenei sa fie minimizat.

3. Scena- Axis Aligned BSP Tree (2)



Exemplu de divizare
cu plane aliniate cu axele, in 2D:

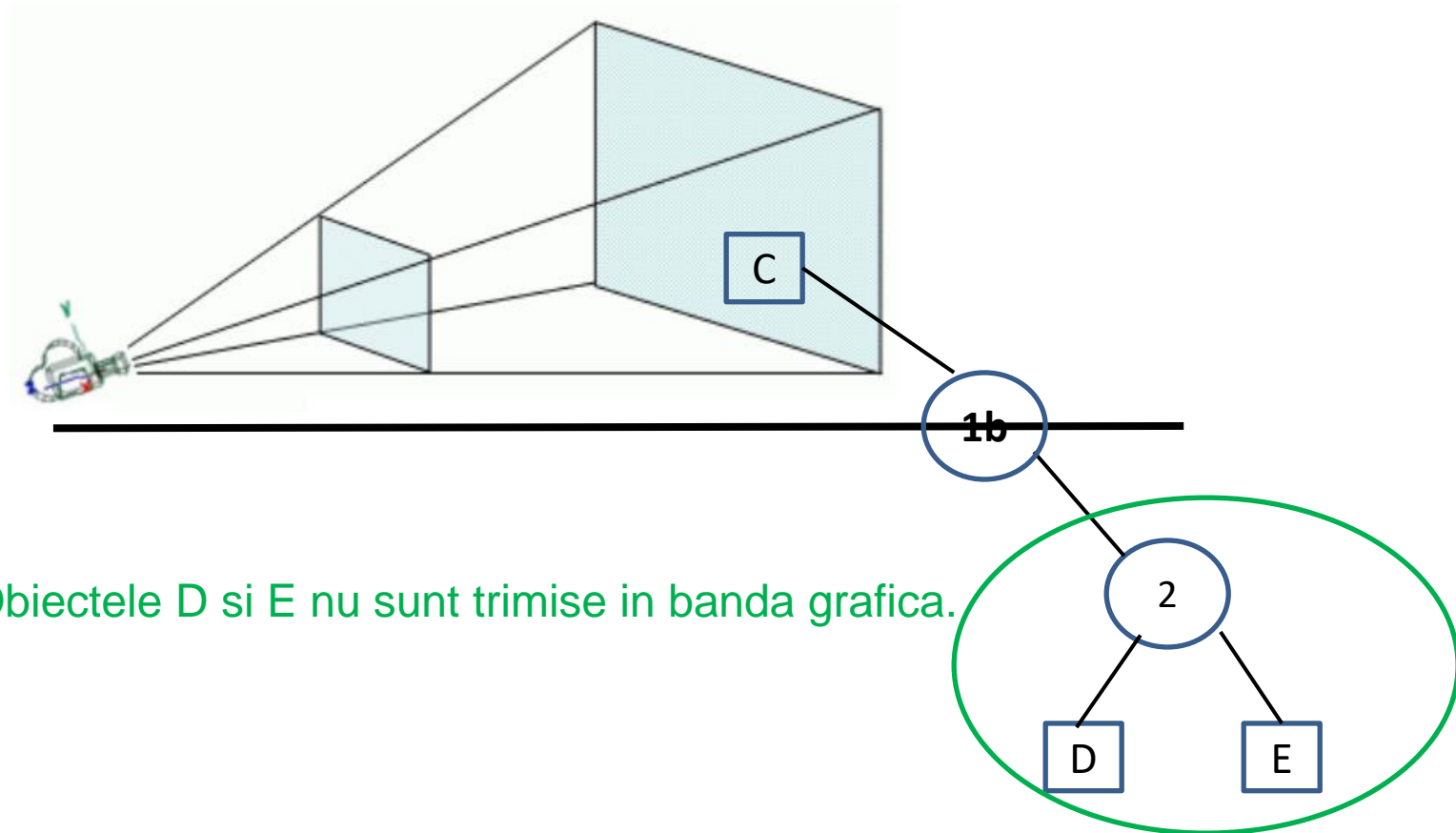
In fiecare pas planul de divizare este ales a.i. sa se evite intersectia sa cu obiectele scenei.

❖ **Eliminarea obiectelor nevizibile: la fel ca in cazul arborelui PA- BSP:** daca planul de partitionare al unui nod nu intersecteaza volumul vizual, intregul grup de obiecte din subarborele aflat de partea opusa volumului este exclus din banda grafica.

3. Scene- Axis Aligned BSP Tree (3)

❖ Afisarea scenei 3D folosind arborele AA-BSP

Daca planul atasat unui nod nu intersecteaza volumul vizual atunci întregul grup de obiecte din subarborele aflat de partea opusa volumului față de planul nodului **NU** este trimis în banda grafica.

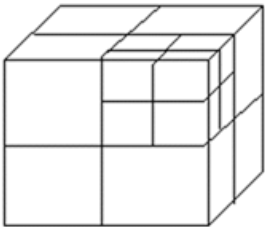


➤ Obiectele D si E nu sunt trimise in banda grafica.

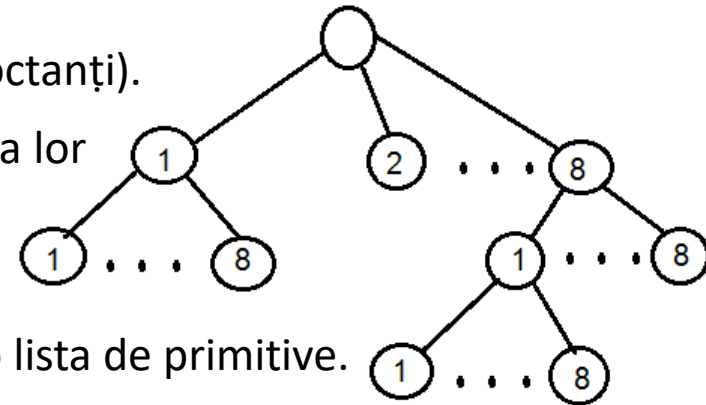
4. Scena - Arbore octal (1)

❖ Construirea arborelui octal al scenei

- Se pleaca de la volumul incadrator al scenei aliniat cu axele (AABB), care se asociaza nodului radacina al arborelui.
- Se divizeaza volumul incadrator in 8 subvolume egale (octanți).
- Se impart primitivele in 8 liste, in functie de pozitionarea lor in cei 8 octanti.



- Se creaza primul nivel al arborelui, fiecare nod avand asociat un octant si o lista de primitive.



- Daca un subvolum contine un numar mic (prestabilit) de primitive sau nici o primitiva, nodul corespunzator devine frunză. Altfel, subvolumul este divizat in 8 subvolume.
- Se continua cu divizarea recursiva a subvolumelor si asocierea primitivelor cu subvolumele până când s-a ajuns la un nivel de divizare prestabilit sau toate primitivele sunt asociate cu noduri frunza.
- Rezulta un arbore in care fiecare nod intern are 8 copii.

Scena - Arbore octal (2)

- Daca o primitiva face parte din 2 subvolume de pe acelasi nivel, ea se va asocia nodului parinte
- Fiecare primitiva este asociata cu nodul celui mai mic octant care o incadreaza complet.
- ❖ Fiecare nod al arborelui octal are atașat un volum incadrator.
- Eliminarea obiectelor nevizibile folosind arborele octal al scenei : la fel ca in cazul BVH.
- ❖ Pentru eficienta testelor de intersectie dintre volumele asociate nodurilor si volumul vizual, fiecare subvolum este transformat (prin MVP) in sist. coord. de decupare, testandu-se apoi intersectia sa cu volumul vizual canonic.
- ❖ Testele de vizibilitate incep cu nodul radacina.
- Daca volumul asociat nodului curent este inclus sau intersecteaza volumul vizual, se coboara in arbore, testand intersectia dintre fiecare copil al său si volumul vizual.
- Daca volumul asociat unui nod este in afara volumului vizual, atunci se revine in arbore pe nivelul anterior (**se elimina din banda grafica toate obiectele din subarborele care are ca radacina nodul curent**).

Scena - Arbore octal (3)

❖Eficienta arborelui octal al scenei

- Subdivizarea stricta a spatiului impreuna cu metoda de asociere a fiecarei primitive cu cel mai mic octant care o incadreaza complet, poate conduce la ineficiență;
de ex., daca o primitiva este situata in apropierea centrului volumului incadrator al scenei, primitiva va fi asociata cu acest volum (nodul radacina), chiar daca este foarte mica in raport cu volumul!
- O alternativa: o primitiva poate fi asociata cu 2 sau mai multi octanti vecini care impreuna o incadreaza complet → creste complexitatea construirii arborelui.