



இவாங் ஜாவாகீஷ்வோலிஸ் ஸாகேலாங்கீஸ்
தபாலினீஸீஸ் ஸாகேலம்ஹிதோ உநிவேர்ஸிடீதீ

எண்ணா 8

கல்வெளியில் முன்வடிவில் பார்வையில் அமைக்கப்பட்டது 2,

பொ. முத்தீ (2016)

N-Body Simulations

Approaches:

- Particle-Mesh (**PM**)
- Particle-Particle, Particle-Mesh (**P3M**)
- Particle Multiple Mesh (**PM2**)
- Nested Grid Particle – Mesh (**NGPM**)
- Tree Code (**TC**)

கல்வெளியில் முன்வடிவில் பார்வையில் அமைக்கப்பட்டது 2,

பொ. முத்தீ (2016)

N-Body Simulations

Primitive Approach:
Particle-Particle interactions (**PP**)

$O(N^2)$ computation process

Methods:

- ✓ Mesh Based
- ✓ Tree Code
- ✓ Multipole Expansion

கல்வெளியில் முன்வடிவில் பார்வையில் அமைக்கப்பட்டது 2,

பொ. முத்தீ (2016)

Particle-Mesh (PM)

Approach: { Particles + Field }

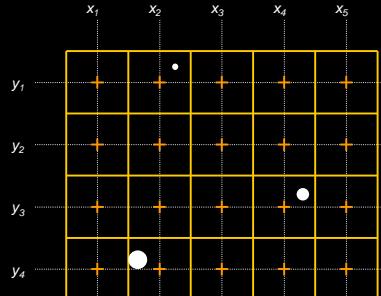
1. Particle → Mesh
Calculate Density Function
2. Mesh
Calculate Potential
3. Mesh → Particle
Calculate Forces

கல்வெளியில் முன்வடிவில் பார்வையில் அமைக்கப்பட்டது 2,

பொ. முத்தீ (2016)

Particle-Mesh (PM)

(N) Particles + (m^2) Mesh



સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

Particle-Mesh (PM)

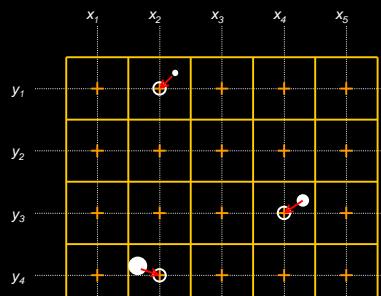
1. Particle Distribution \rightarrow Density Function

- A. Nearest Grid Point (NGP)
- B. Cloud-in-Cell (CIC)
- C. Higher Order Interpolations (e.g. TSC)

Particle-Mesh (PM)

Calculating Density Function: NGP

zero order interpolation



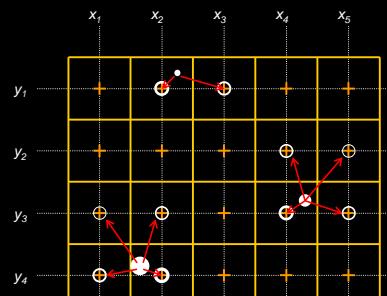
સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

Particle-Mesh (PM)

Calculating Density Function: CIC

linear interpolation



સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

સ્થાનગતિક દ્વારા વેચાયા ગેરોડાં અનુભૂતિક મુજબનીજા 2,

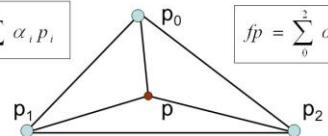
Particle-Mesh (PM)

Triangular-Shaped-Cloud

Linear interpolation over a triangle

$$p = \sum_0^2 \alpha_i p_i$$

$$fp = \sum_0^2 \alpha_i fp_i$$



For a triangle p_0, p_1, p_2 , the Barycentric coordinates $\alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2)$ for point p ,

$$\alpha = \left(\frac{\text{area}(p, p_1, p_2)}{\text{area}(p_0, p_1, p_2)}, \frac{\text{area}(p_0, p, p_2)}{\text{area}(p_0, p_1, p_2)}, \frac{\text{area}(p_0, p_1, p)}{\text{area}(p_0, p_1, p_2)} \right)$$

ஸ்ரீமத்தியங்கா முனிசிபல் ஆர்ட்டிகல் மூன்றாம் வகுப்பு 2,

வி. வெங்கடை (2016)

Particle-Mesh (PM)

2. Calculate Potential (mesh)

$$\Delta \Phi = 4\pi G \rho(x)$$

Spectral method (FFT)

3. Calculate Forces (mesh → particle)

$$f_i = m_i \nabla \Phi, \quad i = 1 \dots N$$

ஸ்ரீமத்தியங்கா முனிசிபல் ஆர்ட்டிகல் மூன்றாம் வகுப்பு 2,

வி. வெங்கடை (2016)

Particle-Mesh (PM)

+ Speed

$$O(N + m \log m)$$

+ Large scale phenomena

- Particle collisions

- Non-uniform distributions (<1 particle/cell)

ஸ்ரீமத்தியங்கா முனிசிபல் ஆர்ட்டிகல் மூன்றாம் வகுப்பு 2,

வி. வெங்கடை (2016)

Particle-Particle, Particle-Mesh (P3M)

Hybrid: (Long Range + Short Range)

1. Particle - Field

$$\Delta(\text{Particle}, \text{Particle}) < 3\Delta(\text{Mesh})$$

2. Particle - Particle

$$O((N-n) + m \log m + n^2)$$

ஸ்ரீமத்தியங்கா முனிசிபல் ஆர்ட்டிகல் மூன்றாம் வகுப்பு 2,

வி. வெங்கடை (2016)

Particle-Particle, Particle-Mesh (**P3M**)

- + Cosmology Simulations
- Direct Summation can dominate

Improvements:

Adaptive Mesh
Wavelets

shreyasgarg.com / deshakethan / gurbaj Singh / Aditya Bhattacharya / 2, 100% complete (2016)

Particle – Mesh, Mesh (**PM2**)

Particle + Mesh + Mesh

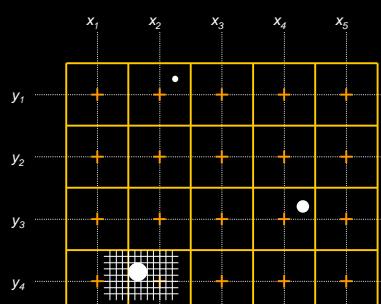
Particle
Global Mesh (coarse)
Particle Sub-Mesh (fine)

Long Distance Interaction (Global Mesh Field)
Short Distance Interaction (Particle Mesh)

shreyasgarg.com / deshakethan / gurbaj Singh / Aditya Bhattacharya / 2, 100% complete (2016)

Particle – Mesh, Mesh (**PM2**)

Particel – Mesh – Mesh



shreyasgarg.com / deshakethan / gurbaj Singh / Aditya Bhattacharya / 2, 100% complete (2016)

Particle – Mesh, Mesh (**PM2**)

$O(N + M \log M + \alpha m \log m)$

+ Particle Collisions

- Small Volumes

Max size for effect (galaxy) then PM

shreyasgarg.com / deshakethan / gurbaj Singh / Aditya Bhattacharya / 2, 100% complete (2016)

Nested Grid Particle – Mesh (NGPM)

Particle, Nested Mesh

Global Mesh, mesh1,mesh2,...

$\Delta M > \Delta m_1 > \Delta m_2 \dots$

Smaller distance

Higher resolution (Forces)

Higher resolution (Mass)

shreyasgopal का इसकी सर्वोत्तम लिंगालिंग विवरण 2,

अनु. अध्ययन (2016)

Nested Grid Particle – Mesh (NGPM)

Particle mass \rightarrow Grid density

Grid \rightarrow Sub grid (Cloud-in-Cell interp.)

+ Improved Particle Collisions

- More Complex, Memory

shreyasgopal का इसकी सर्वोत्तम लिंगालिंग विवरण 2,

अनु. अध्ययन (2016)

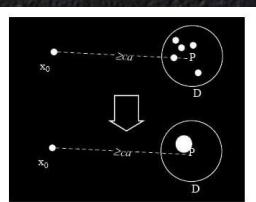
अनु. अध्ययन (2016)

Tree Code (TC)

Hierarchical Tree – Gridless

Interactions: Particle-Tree

Short range / Long range



shreyasgopal का इसकी सर्वोत्तम लिंगालिंग विवरण 2,

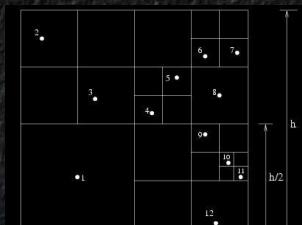
अनु. अध्ययन (2016)

Tree Code (TC)

Hierarchy Tree:



Quadrature Partition



Barnes-Hut Tree

shreyasgopal का इसकी सर्वोत्तम लिंगालिंग विवरण 2,

अनु. अध्ययन (2016)

Tree Code (TC)

Different Hierarchic Trees
(Top up, Top down)

Barnes-Hut – Quadtree (corners!)

Ball Tree – Ball Tree

ဆိပ်ကြော်မှု အသစ် ဖော်ပြန် လေ့လာမှု များ ၃,

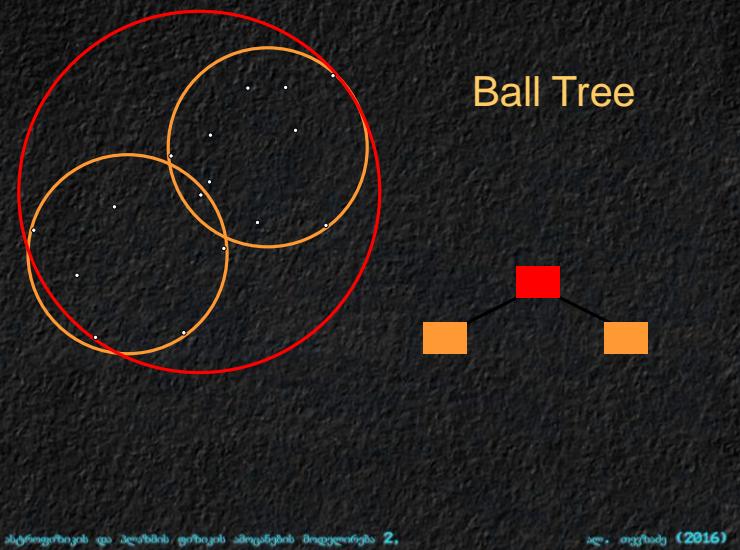
အေ. မောင် (2016)

Ball Tree root
node

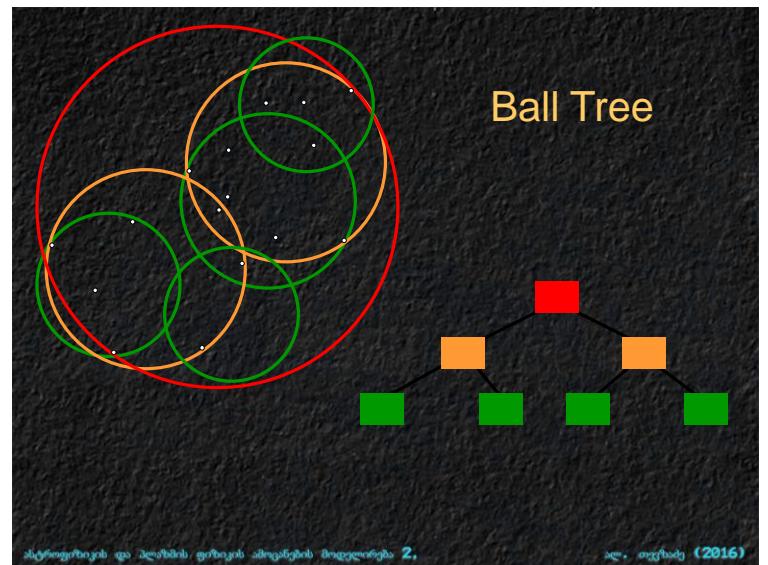
ဆိပ်ကြော်မှု အသစ် ဖော်ပြန် လေ့လာမှု များ ၃,

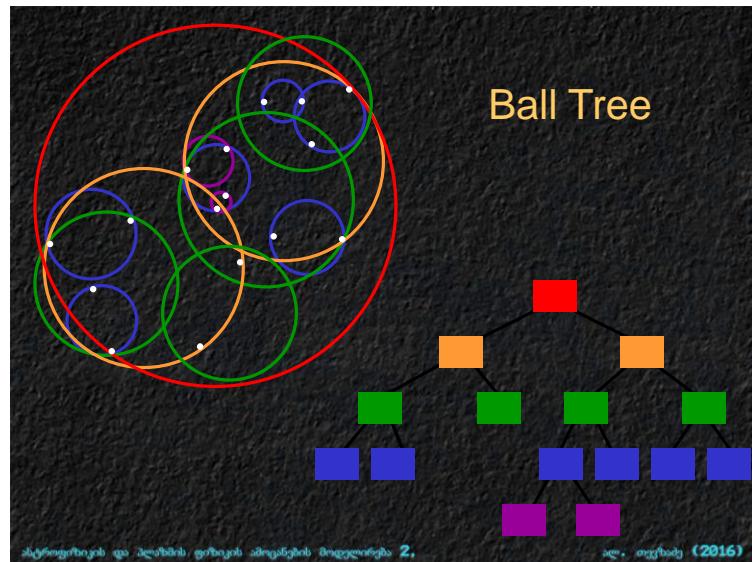
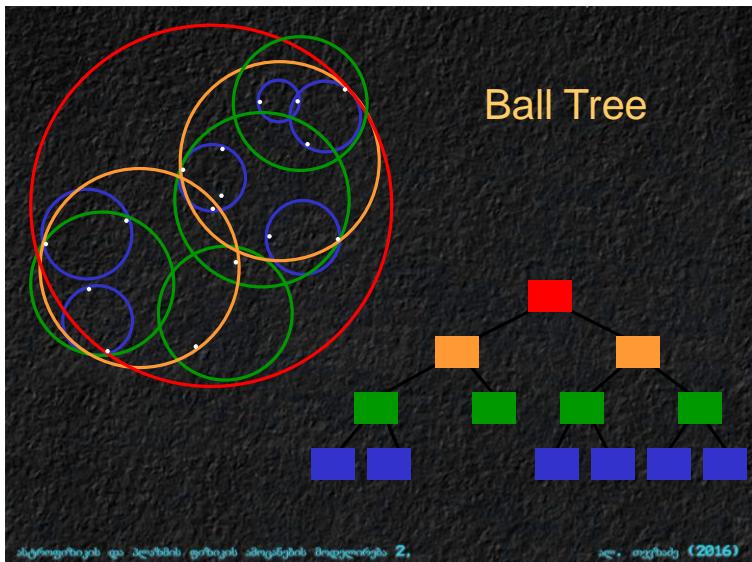
အေ. မောင် (2016)

Ball Tree



Ball Tree

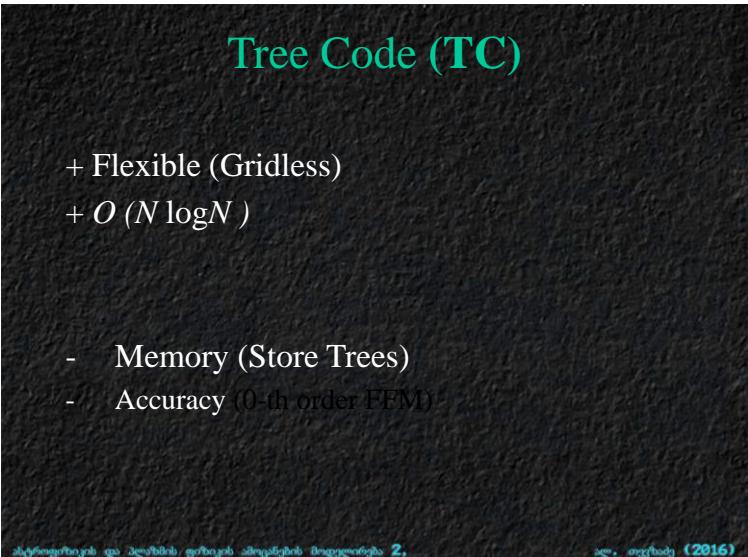




Tree Code (TC)

- + Flexible (Gridless)
- + $O(N \log N)$

- Memory (Store Trees)
- Accuracy (0-th order FFM)



Cell-Cell, Fast Multipole Method (FMM)

Particle / Tree code Hierarchy / Potential Field

Expand Potential Field into Multipoles

Monopoles – R_1

Dipoles – R_2

Quadrupoles – R_3

$$R_1 > R_2 > R_3$$

સ્પેશિયલ ડાન્ડાલિસ્ટ પર્ટિકલ એલેગ્ઝિન્ઝ મેન્જમેન્ટ ૨,
અનુ. માન્યા (૨૦૧૬)

Cell-Cell, Fast Multipole Method (**FMM**)

- + Faster then Barnes Hut (given accuracy)
- + O(N) ?
- + Better on Charged Particles
- Collisional Systems

ஸ்கினாராய் மு. வெள்ளி சுப்ரேக அனுபதிகள் மூலமாக 2,

பொ. மாதிரி (2016)

end

www.tevza.org/home/course/modelling-II_2016/

ஸ்கினாராய் மு. வெள்ளி சுப்ரேக அனுபதிகள் மூலமாக 2,

பொ. மாதிரி (2016)