

# Avaruusjakoon perustuvat tietorakenteet tietokonegrafiikassa

LuK-tutkielma, Timo Heinonen, 20. joulukuuta 2016

- ▶ Kirjallisuuskatsaus
- ▶ Työn päämäärä:
  - ▶ Esitellä säteenseurannan rooli tietokonegrafiikassa
  - ▶ Esitellä tietorakenteita, joiden avulla säteenseurantaa voidaan nopeuttaa
  - ▶ Vertailla tietorakenteita keskenään

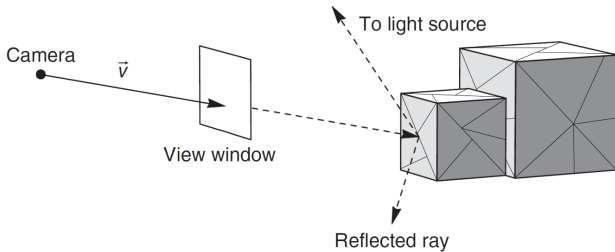
# Tärkeimmät lähteet

- ▶ Klassikot
  - ▶ Appel, A. (1968). *Some techniques for shading machine renderings of solids*
  - ▶ Fuchs, H., Kedem, Z. M., ja Naylor, B. F. (1980). *On visible surface generation by a priori tree structures*
- ▶ Oppikirjat
  - ▶ Janke, S. J. (2015). *Mathematical Structures for Computer Graphics*
  - ▶ Harju, T. (1989-2015). *Geometria, lyhyt kurssi, Turun yliopisto*
  - ▶ Samet, H. (2005). *Foundations of Multidimensional and Metric Data Structures*
- ▶ Tutkimusta tietorakenteiden vertailusta
  - ▶ Havran, V. (2000). *Heuristic Ray Shooting Algorithms, väitöskirja*
  - ▶ Wald, I. (2004). *Realtime Ray Tracing and Interactive Global Illumination, väitöskirja*
  - ▶ Thrane, N. ja Simonsen, L. O. (2005). *A comparison of acceleration structures for gpu assisted ray tracing, pro gradu -työ*

# Käsitteitä

- ▶ ***hahmontaminen*** (engl. *rendering*): luo kolmiulotteisesta maisemasta kaksiulotteisen kuvan
- ▶ ***maisema*** (engl. *scene*): joukko geometrisesti määritellyjä *objekteja*, esimerkiksi hahmo, rakennus, puu..., ja valonlähteitä
- ▶ ***monikulmio*** (engl. *polygon*): objektit on usein jaettu pienempiin osiin, useimmiten kolmioihin hahmontamisen helpottamiseksi
- ▶ ***säteenseuranta*** (engl. *ray tracing*): hahmontamistekniikka, joka mallintaa valonsäteiden kulkua maisemassa. Tuottaa erittäin realistisia kuvia

# Käsitteitä

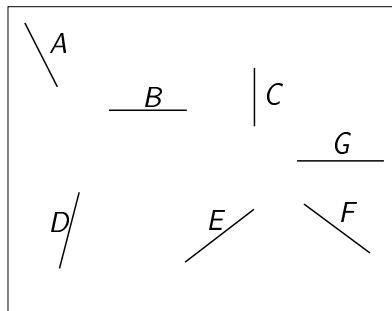


Kuva: Säteenseuranta [Janke, 2015]

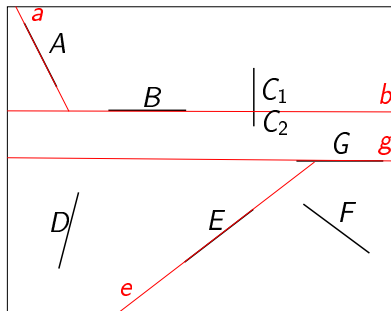
# Säteenseuranta on hidasta

- ▶ Säteenseurannassa jokaista pikseliä kohti on ammuttava säde maisemaan ja testattava sen yhteentörmäystä jokaiseen monikulmioon
- ▶  $O(mn)$  yhteentörmäystestiä, missä  $m$  on kuvan pikselien, ja  $n$  maiseman monikulmioiden määrä
- ▶ Yhteentörmäysten selvittämiseen voi kulua jopa 95% koko laskenta-ajasta [Whitted, 1980]
- ▶ Työtä voidaan siirtää esiprosessointivaiheeseen muodostamalla maisemasta hierarkkinen tietorakenne

# BSP-puu



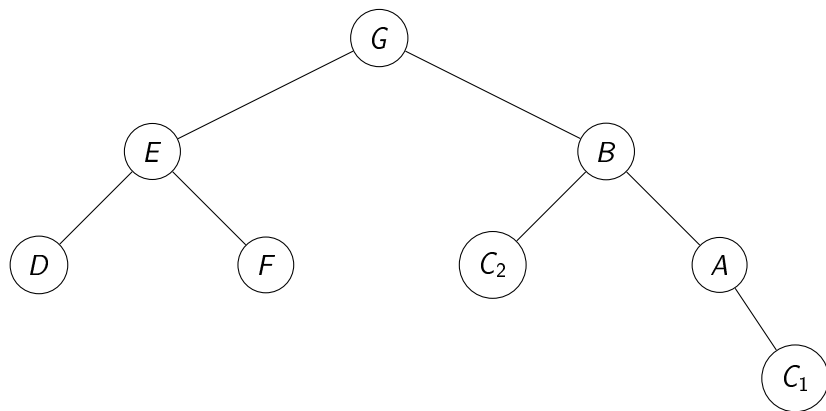
(a) Joukko monikulmioita tasossa



(b) Taso neljän jaon jälkeen

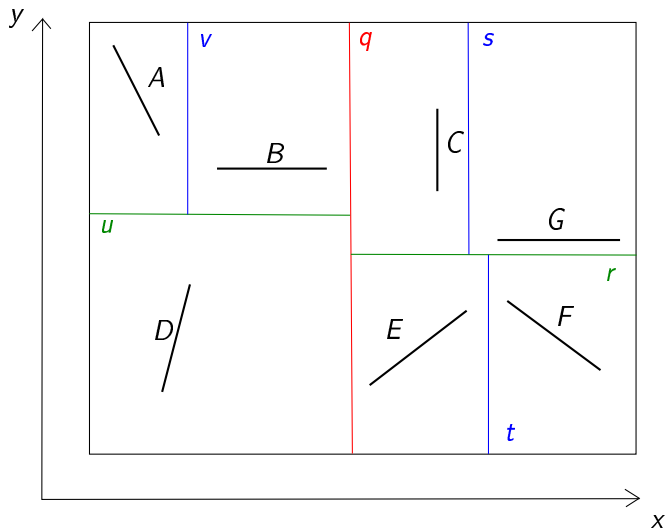
Kuva: Tason jakaminen

## BSP-puu



Kuva: Tasosta muodostettu BSP-puu

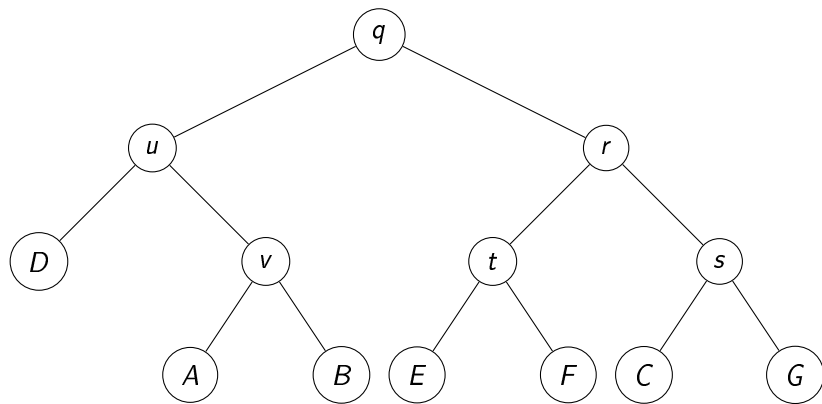
# kd-puu



**Kuva:** Taso jaettuna kuusi kertaa koordinaattiakselien suuntaisesti

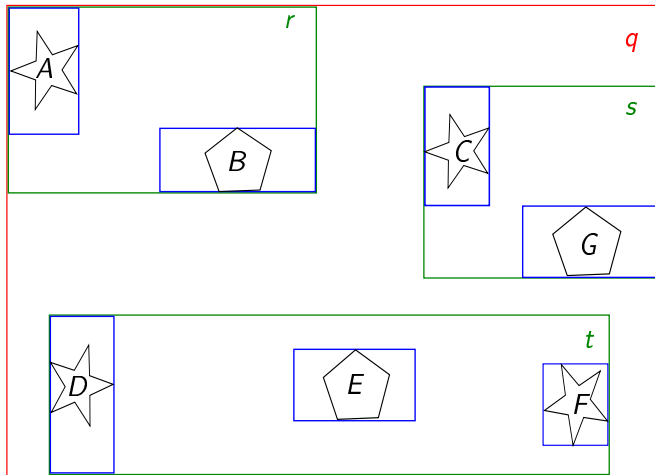


## kd-puu



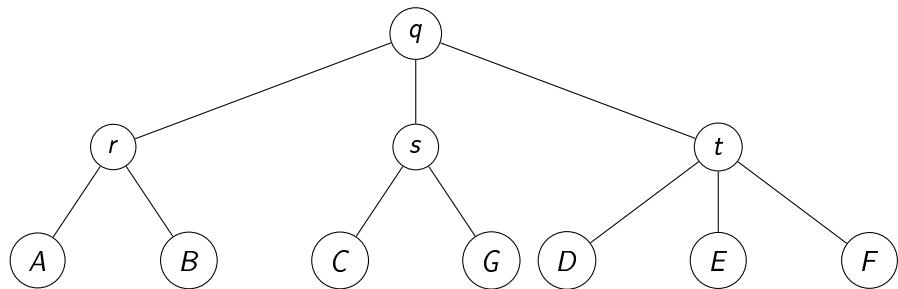
Kuva: Tasosta muodostettu kd-puu

# Rajaavat tilat



Kuva: Objektijoukko jaettuna rajaaviin tiloihin

# BVH, Bounding Volume Hierarchy



Kuva: Objektijoukosta muodostettu BVH-puu

# Tietorakenteiden vertailua

- ▶ Tietorakenteet on alustettava huolellisesti, jotta niistä olisi mahdollisimman paljon hyötyä
- ▶ Ongelmia:
  - ▶ BSP- ja kd-puissa monikulmioiden määrän lisääntyminen
  - ▶ BVH:ssa liian löyhät rajaavat tilat
- ▶ Tietorakenteiden käyttö säteenseurannassa on hyvin samankaltaista
  - ▶ Mikäli maisemaan ammuttu säde osuu tietorakenteen solmun määrittämään avaruuden osaan, jatketaan tarkastelua solmun lapsiin

# Tietorakenteiden vertailua

- ▶ Eräässä vertailussa kd-puu toi suurimman nopeutuksen hahmontamiseen ja BVH pienimmän [Havran, 2000]
- ▶ Toisaalta toisessa vertailussa BVH:n avulla saavutettiin yhdeksänkertainen nopeutus kd-puuhun verrattuna [Thrane ja Simonsen, 2005]
- ▶ Parasta tietorakennetta ei pystytä osoittamaan, sillä käytännössä tietorakenteen tuoma hyöty riippuu maisemasta, laitteistosta, implementaatiosta ja sovelluksesta
- ▶ Keskimäärin yhteentörmäystestien määrä:  $O(n) \rightarrow O(\log n)$

- Havran, V. (2000). *Heuristic Ray Shooting Algorithms*. väitöskirja, Czech Technical University, Praha, Tšekki.
- Janke, S. J. (2015). *Mathematical Structures for Computer Graphics*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA.
- Thrane, N. ja Simonsen, L. O. (2005). A comparison of acceleration structures for gpu assisted ray tracing. pro gradu -työ, Aarhusin yliopisto, Aarhus, Tanska.
- Whitted, T. (1980). An improved illumination model for shaded display. *Commun. ACM*, 23(6):343–349.