

Tartu Ülikool

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Füüsika instituut

# **Riistvara testimisprogrammid (Benchmarks)**

Referaat aines Arvutiriistvara II

Autor: Signe Väikene

Tartu 2008

## Sisukord

Sissejuhatus .....	3
Üldine kirjeldus.....	3
Eesmärk .....	3
Väljakutse .....	5
Tüübid.....	5
Mõned tuntumad riistvara testimisprogrammid .....	8
PCMark .....	8
PCMark05 .....	9
PCMark Vantage .....	12
3DMark.....	14
3DMark Vantage.....	14
Kokkuvõte.....	17
Kasutatud materjal .....	18
Lisa.....	19

## Sissejuhatus

Antud referaadi eesmärgiks on anda põgus ülevaade riistvara testimisprogrammide eesmärgist ja kasutusvõimalustest ning nende erinevatest tüüpidest. Lisaks tutvustada erinevaid kaasaegseid riistvara testimisprogramme.

## Üldine kirjeldus

Riistvara testimisprogrammid (ing. k. *Benchmarks*) on standardsed programmid või programmide komplektid, mida saab jooksutada erinevate arvutite peal, et saada antud arvuti jõudluse umbkaudne hinnang.

Riistvara testimisprogramme seostatakse arvuti jõudluse karakteristikute hindamisega. Testimisprogrammid annavad võimaluse võrrelda erineva süsteemi või kiibi arhitektuuriga arvutite jõudlust.

Riistvara testimisprogramm (edaspidi RTP) võib püüda näidata süsteemi üldist jõudlust või püüda mõõta täpsemalt mingit kindlat jõudluse aspekti näiteks nagu graafika, I/O, protsessori ujuvkoma operatsioonid, polügonide renderdamine (*rendering polygons*), failide kirjutamine ja lugemine või maatriksitega tehtavad arvutused.

Kuigi ükski RTP ei anna täielikku ülevaadet süsteemi jõudlusest, annavad saadud tulemused siiski väärtuslikku infot oodatavast süsteemi jõudlusest. [1]

## Eesmärk

Arvutiriistvara arenedes muutus üha raskemaks nende jõudluse hindamine pelgalt riistvara andmete järgi. Selleks arendati testid, mis võimaldasid erinevate arhitektuuride võrdlemist. Näiteks, et võrrelda omavahel *Pentium 4* ja *Athlon XP* protsessorit, mille taktisagedused on erinevad.

RTP on loodud imiteerima teatud tüüpi töökoormust mingile arvuti komponendile või tervele süsteemile. Kunstlikud (sünteetilised) RTP (ing. k. *Synthetic benchmarks*) kasutavad selleks spetsiaalselt loodud programme, mis koormavad ühte komponenti. Rakenduste baasil RTP-d (ing. k. *Application benchmarks*) kasutavad süsteemi jõudluse määramiseks olemasolevaid rakendusi. Rakenduste baasil olev RTP annab süsteemi jõudluse kohta parema hinnangu. Sünteetilised RTP on kasulikud individuaalsete arvutikomponentide testimiseks, näiteks kõvaketta lugemise ja kirjutamise kiirus või võrgu seadmete läbilaske kiiruse määratlemine.

RTP on eriti olulised protsessorite arhitektuuri disainimisel, andes teadlastele võimaluse testida ja teha otsuseid protsessori arhitektuuri disainimiseks.

Enne 2000 aastat kasutati selleks SPEC-i (*Standard Performance Evaluation Corporation*), kuigi SPEC-i Unixil baseeruvad RTP on üpriski pikad ja ebamugavad kasutada.

Arvutite tootjad sageli seadistavad oma süsteemid nii, et need annaksid testides ebareaalselt kõrgeid tulemusi, mis tegelikkuses ei kajastu. Näiteks 1980 aastatel olid osad kompilaatorid võimelised leidma teatud matemaatilise operatsiooni tuntud ujukoma testis ning selle siis välja vahetama matemaatiliselt sama väärse kuid kiirema operatsiooniga. Selline muudatus ei olnud väljaspool testi kasulik kuni 1990 keskpaigani mil RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) ja VLIW (*Very Long Instruction Word*) arhitektuurid rõhutasid kompilaatori tehnoloogia tähtsust, kuna see võimaldas jõudlust parandada. Tänapäeval kasutavad kompilaatori kompaniid teste mitte ainult oma skooride parandamiseks vaid ka tegelike rakenduste jõudluse suurendamiseks.

Protsessorid, millel on mitu täitmisüksust (*execution unit*), nagu superskalaarne protsessor, VLIW protsessor või ümber konfigureeritavat arvutust kasutav protsessor (*reconfigurable computing CPU*), töötavad tavaliselt aeglasemal taktisagedusel kui tavalised protsessorid, millele on ainult 1 või 2 täitmisüksust, kuid mis on töötavad suuremal taktisagedusel. Siiski lõpetavad rohkemate täitmisüksustega protsessorid nii nõ. päris elulisi kui ka RTP ülesandeid kiiremini, kui arvatavalt kiirema taktisagedusega protsessorid.

Arvestades suurt RTP hulka võib tootja tavaliselt leida vähemalt ühe RTP, mis näitaks, et selle tootja süsteem on parem mõnest teisest. Teise süsteemi jõudlust võidakse ka näidata teistsuguse RTP tulemusega.

Tootjad sageli teatavad ainult sellistest RTP-dest või nende osadest, mis näitaksid nende tooteid paremas valguses. On ka teada, et sageli ei esitata tulemusi sugugi tähtsuse järjekorras vaid pigem neid tulemusi mis on parimad, kuid mitte ilmtingimata olulisemad. Sellist tegevust kutsutakse *benchmarking*'iks.[2]

## Väljakutse

Riistvara testimine ei ole lihtne ning sageli peab teste kordame, et saada ette aimatavaid ja kasulikke tulemusi. RTP andmete interpretatsioon on samuti erakordselt keeruline. Järgnevalt nimekiri tavalistest väljakutsetest tulemuste interpreteerimisel:

- Müüjad/tootjad sageli mugavdavad oma tooteid, et need annaksid parimaid tulemusi tööstus standardite järgi olevate RTP jaoks.
- Paljud RTP keskenduvad ainult arvutuskiruse jõudlusele, jättes täiesti välja teised tähtsad süsteemi mõjutavad tegurid nagu näiteks turvalisus, kättesaadavus, usaldusväärsus jne. Samuti ei mõõdeta omamiskulu ega volutarvet, viimane võib näiteks sülearvuti puhul olla väga oluline.
- Samuti ei suuda enamus RTP mõõta jõudlust erinevate samaaegselt töötavate rakenduste puhul.
- RTP ei kohandu hästi laialt levinud serveritega, eriti sellistega mille töökiirust mõjutab võrgutopoloogia. [2]

## Tüübid [2]

RTP jagatakse järgmisteks suuremateks rühmadeks:

- **Rakenduste baasil RTP**, mis kasutavad testimiseks tekstitöötlus tarkvara, töölaua tarkvara rakendusi (*Common Desktop Application*) või kasutaja enda määratud tarkvara rakendused.

Näiteks:

- Sun Server Application Performance Benchmarks
- Samuti võib ka tavaliste programmide, nagu WinRARiga lahtipakkimine/pakkimine, anti-viiruste skännimise, kiirust võrrelda erinevate arvutite peal.

- **Kernel RTP**, mis testib operatsiooni süsteemi keskset osa ehk südamikku. Sisaldab võtmekode, mis on võetud tegelikest programmidest. Populaarseim selline RTP on Livermore loop, mis koosneb 24 programmeerimiskeele FORTRAN DO tsüklist. 13 tsükli näide on olemas ka antud töö lisas (Lisa 1).

Tuntud on ka LINPACK *benchmark*, mis koosneb FORTRAN keeles kirjutatud lineaarsest algebralise arvutuse rutiinist. LINPACK mõõdab süsteemi ujuvkoma arvutuse jõudlust, kui kiiresti arvuti jõuab lahendada  $N$  korda  $N$  lineaarsete võrdluste süsteemi  $Ax=b$ , mis on tavaline ülesanne tehnoloogias. *Kernel* RTP esitab tulemused MFLOPS (**F**loating **p**oint **O**perations **P**er **S**econd).

Näiteks:

- BDTI DSP Kernel Benchmarks
- Linux Kernel Benchmarks

- **Komponentide RTP / *micro-benchmark*** on programmid, mis on tehtud mõõtmaks arvuti põhiliste komponentide jõudlust. On võimelised leidma automaatselt arvuti riistvara parameetrid nagu registreite arv, vahemälu suurus, mälu latentsus aeg.

Näiteks:

- CPU Mark
- Graphics Winmark
- Disk Winmark

- **Kunstlikud RTP** programmeerimise põhimõtted on võtta statistilised andmed igat tüüpi operatsioonide kohta paljude erinevate rakenduste kohta, võtta igast operatsioonist proportsionaalne osa ja kirjutada uus programm, mis sisaldaks neid osi.

Kunstslike RTP tüübid on *Whetstone* ja *Dhrystone*. *Whetstone* mõõdab protsessori ujuvkoma arvutuse jõudlust, ühikuks MIPS (million instructions per second). *Dhrystone* on vastand *Whetstone*ile nagu ka nimest järeldub. *Dhrystone* ei kasuta testimiseks ujuvkoma arvutusi vaid *integeri* ja stringi töötlust. *Dhrystone* esitab tulemused *Dhrystone* tsüklite arvu sekundi jooksul. Teine tavaline tulemuste esitluse viis on DMIPS (*Dhrystone* MIPS), mis saadakse *Dhrystone* skoori jagamisel arvuga 1,757. Need RTP olid esimesed üldkasutatavad kuid siiski tööstus standartidele vastavad RTPd.

Näiteks:

- PCMark 04,PCMark 05
- 3DMark

- **I/O RTP** põhiliseks eesmärgiks on mõõta failisüsteemide lugemi- ja kirjutamiskiirust.

Näiteks:

- IOZone
- XBench
- Bonnie

- **Paralleel RTP** on arvutitele, millel on mitu protsessorit või süsteemidele mis koosnevad mitmest arvutist.

Näiteks:

- PARKBENCH (PARallel Kernels and BENCHmarks)

## Mõned tuntumad riistvara testimisprogrammid

Andmaks paremat arusaama sellest, mida RTP teevad tutvustatakse järgnevalt tavakasutajatele tuntumaid.

### PCMark

Seeria riistvara testimisprogramme, mis on arendatud Futuremarki (varem MadOnion.com) poolt. [3]

PCMark 2002, PCMark04 ja PCMark06 ametlik arendamine on õpetatud.

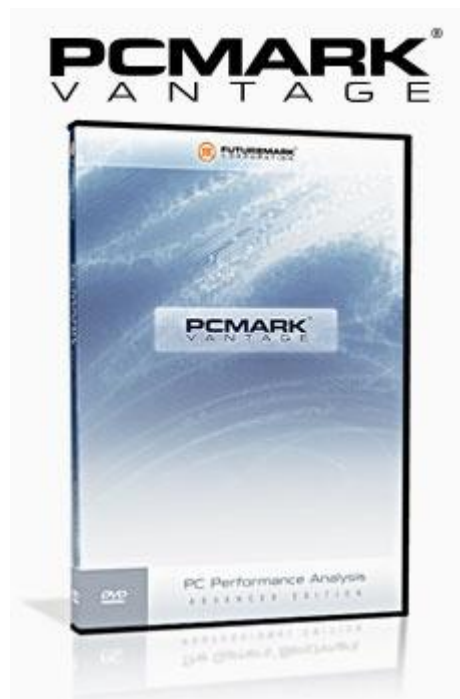
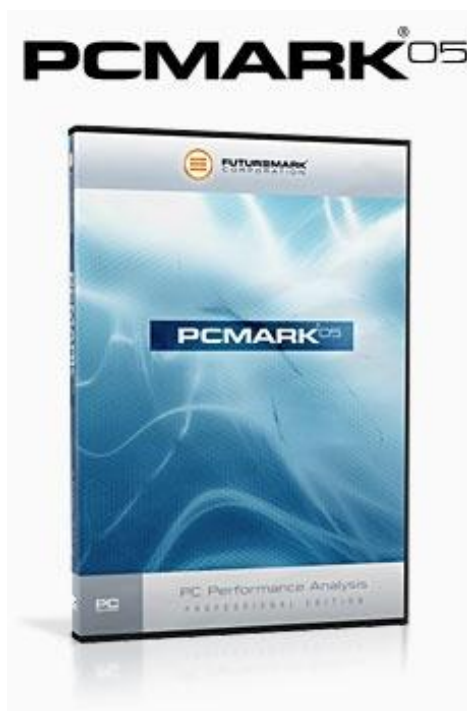
Arendamisel/tootmisel on hetkel PCMark05 ja 2008 aastal välja tulnud PCMark Vantage.

PCMark-gi seeria programmide eesmärgiks on anda tavakasutajale ülevaade nende arvutisüsteemist. Võimalik on testida nii süsteemi tasemel kui ka komponendi tasemel, samuti on võimalik kasutaja enda äranägemise järgi testide komplekt koostada. [4]

PCMark-i testide komplekti kuuluvad: üldine süsteemi test, protsessori test, mälu (RAM) test, videokaardi test, kõvaketta test. Need sisaldavad omakorda väiksemaid alam teste, mida kasutaja saab soovi korral testimisel kasutada või kõrvale jätta.

Kasutajal on võimalik saadud testi tulemusi võrrelda teiste kasutajate tulemustega ORB (*Online Results Browser*) kaudu, mis näitab antud kasutaja arvutisüsteemi andmeid ning ka teiste sarnaste süsteemide andmeid ja tulemisu, samuti saab valida ning võrrelda suvaliste süsteemide andmeid kasutaja omaga.

Kuna PCMark05 ja Vantage on hetkel tootja poolt uuendatavad, siis järgnevalt tutvustatakse neid.





## PCMark05

PCmark05 on olemas tasuta versioon (*Basic Edition*) ja tasulised versioonid (*Advanced Edition*, *Professional Edition*). Tasuline versioon annab suurema valikuvabaduse testide tegemisel ning lubab muuta mitmeid testi parameetreid.

PCMark05 koosneb 11 testist – iga test disainitud esindama teatud tüüpi arvuti kasutamist [3].

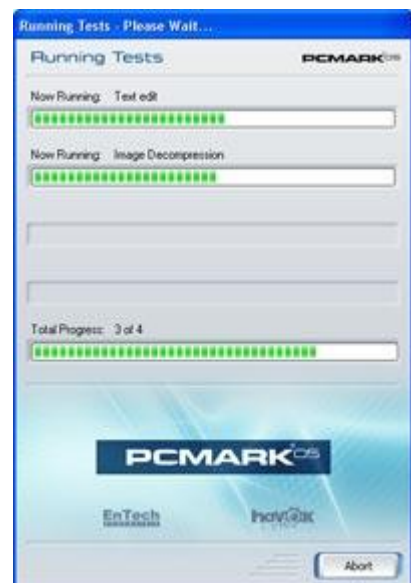


### Näide PCMark05 kasutajaliidesest

(Informatsioon testide kohta pärineb Futuremarki kodulehelt.)

Süsteemi testide komplekt (*System Test Suite*) sisaldab endas järgnevat:

- Kõvaketas - XP käivitumine
- Füüsika and 3D
- 2D – Läbipaistvad aknad
- 3D - *Pixel Shader*
- Veebilehe kuvamine
- Faili dekrüpteerimine
- 2D – graafika mälu - 64 lines
- Kõvaketas – tavaline kasutus
- Mitme lõime test 1: video kodeerimise ja heli kokku



Mitme lõime test 2

pakkimine

See test käivitab video kodeerimise ja audio kokku pakkimine sama aegselt.

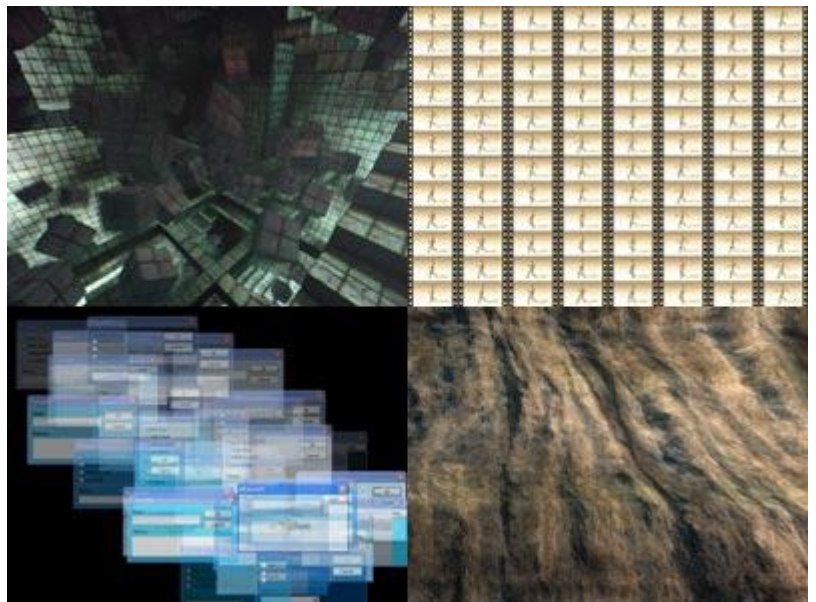
- Mitme lõime test 2: teksti töötlus & pildi lahti pakkimine
- Mitme lõime test 3: faili krüpteerimine, kõvaketta viiruse skännimine, mälu latentsus 16MB puhul ja faili kokku pakkimine.

Protsessori testide komplekt (*CPU Test Suite*) koosneb:

- Faili kokku pakkimine
- Faili lahti pakkimine
- Faili krüpteerimine
- Faili dekrüpteerimine
- Pildi lahti pakkimine
- Heli kodeerimine
- Mitme lõime test 1: faili kokku pakkimine ja faili krüpteerimine (kõik testid jooksevad sama aegselt)
- Mitme lõime test 2: faili lahti pakkimine, faili dekrüpteerimine, heli kokku pakkimine ja pildi lahti pakkimine (kõik testid jooksevad sama aegselt)

Mälu testide komplekt (*Memory Test Suite*):

- Mälu lugemise testid 16MB, 8MB, 192kB ja 4kB ploki suuruse korral
- Mälu kirjutamise testid 16MB, 8MB, 192kB ja 4kB ploki suuruse korral
- Mälu kopeerimise testid 16MB, 8MB, 192kB ja 4kB ploki suuruse korral



Näide erinevatest testidest

- Mälu latentsuse testid 16MB, 8MB, 192kB ja 4kB ploki suuruse korral

Video kaardi testide komplekt (*Graphics Test Suite*):

- 2D – Läbipaistvad akna
- 2D – Videokaardi mälu 64 *lines*
- 2D – Videokaardi mälu 128 *lines*
- 2D – Video taasesitus
- 3D – *Fill rate*
- 3D – *Polygon throughput*
- 3D – *Pixel shader*
- 3D – *Vertex shader*

Kõvaketta testide komplekt (*HDD Test Suite*):

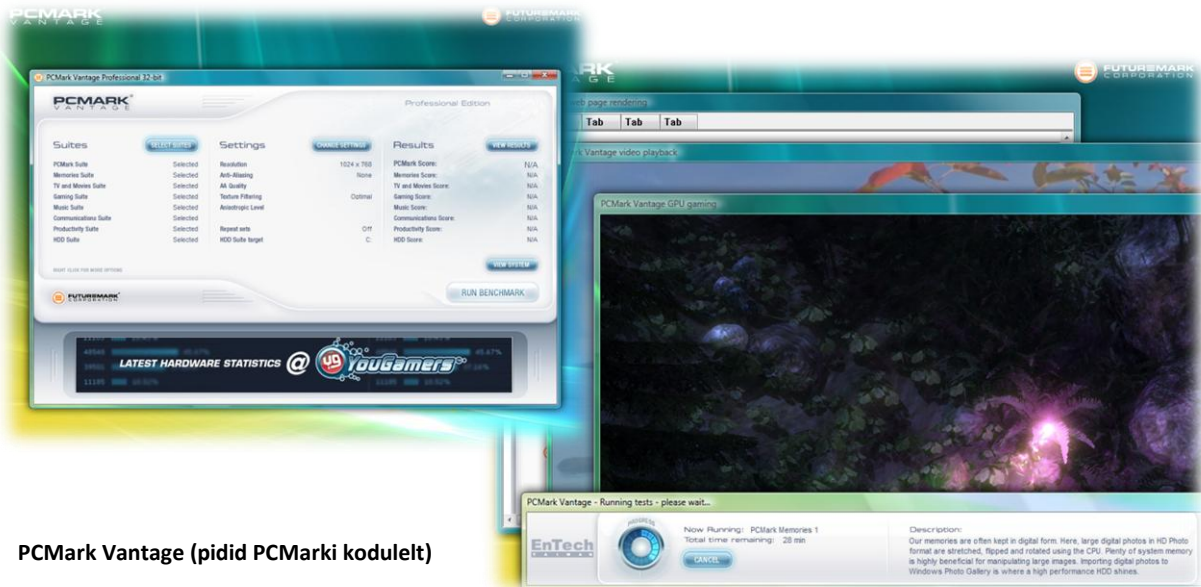
- XP käivitamine
- Rakenduse laadimine
- Üldine kasutus
- Viiruste skännimine
- Faili kirjutamine

Kuna PCMark05 on mõeldud kasutamiseks siiski suhteliselt kaasaegsetel arvutisüsteemidel, oleks kasulik enne selle tarkvara installeerimist üle vaadata ka süsteemile esitatavad miinimum nõuded.

PCMark05 saab testimiseks alla laadida Futuremarki kodulehelt.

## PCMark Vantage

PCMark Vantage on eelkõige mõeldud arvutitele, mille operatsioonisüsteemiks on Windows Vista.



PCMark Vantage (pidid PCMarki kodulelt)

PCMark'i testide komplekt koosneb erinevatest testidest, mis on disainitud esindamaks tavalist arvuti kasutamist.

PCMark kasutaja juhtumid (*PCMark Consumer Scenarios*):

- Digitaal mälestused (*Digital Memories*) 1 & 2
- TV ja filmid (*TV and Movies*) 1 & 2
- Mängimine (*Gaming*) 1 & 2
- Muusika (*Music*) 1 & 2
- Kommunikatsioon (*Communication*) 1 & 2
- Produktiivsus (*Productivity*) 1 & 2

Protsessori testid:

- Andmete krüpteerimine, dekrüpteerimine, kokku ja lahti pakkimine
- Protsessori jõudluse test pildi töötlemisel
- Heli kodeeringu vahetus (*transcoding*)
- Video kodeeringu vahetus
- Teksti töötlus

- Veebilehe kuvamine
- *Windows Mail*
- *Windows Contacts*
- Protsessori testimine mänguga

Videokaardi testid:

- Video taasesitus
- GPU (*Graphics Processing Unit*) mängu test

Kõvaketta testid:

- 6 erinevat testi

Nõuded süsteemile:

- Protsessor, mis toetab SSE2 (*Intel Pentium 4 3.0 GHz* või sellega võrdne AMD protsessor), soovitatav siiski mitmetuumaline.
- Videokaart, mis toetab *Shader Model 2.0*, GPU testimiseks 3.0, 256MB mälu
- Vaba kõvaketta ruumi 1,7 GB, NTFS failisüsteem
- RAM 1024 MB või rohkem
- Operatsiooni süsteem *Windows Vista Ultimate / Home Premium / Home Basic / Enterprise / Business*

Samuti on võimalik Futuremarki kodulehel testida süsteemi ühilduvust PCMark Vanatage'iga.

## **3DMark**

Futuremarki RTP, mis on mõeldud peamiselt videokaardi DirectX jõudluse testimiseks. Samuti nagu PCMarki seeria puhul on ka 3DMarki tulemusi võimalik ORB-i kaudu võrrelda.

Varem ilmunud ja enam mitte toetatavad versioonid: 3DMark 99, 3DMark 99 MAX, 3DMark2000, 3DMark2001 ning 3DMark2001 SE.

Tootmises olevad versioonid 3DMark03, 3DMark05, 3DMark06 ning 3DMark Vantage.

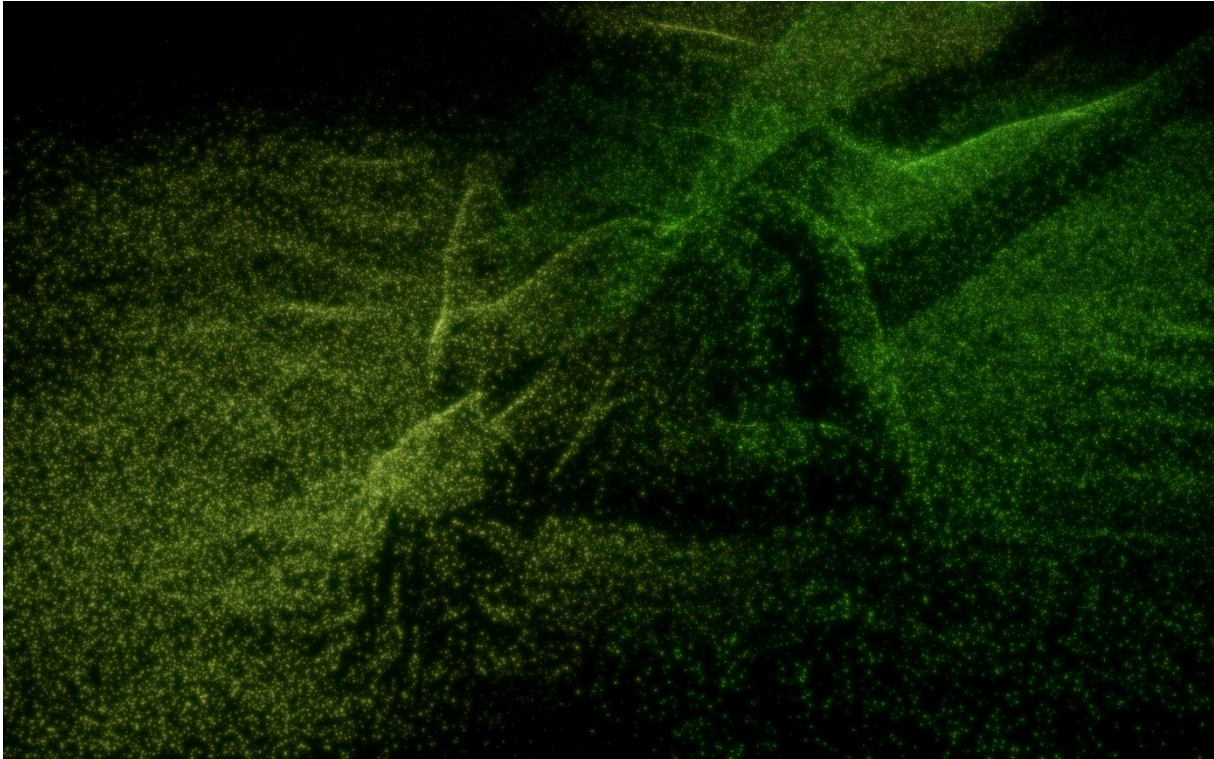
### **3DMark Vantage**

Kuna 3DMark Vantage nõuab DirectX 10, siis saab seda ainult Windows Vistaga kasutada. Erinevalt teistest versioonidest ei ole isegi mitte Basic versioon tasuta. Kasutajal lubatakse korra testida, peale seda peab programmi ostma.[5]

3DMark Vantage sisaldab 2 graafika testi (*Graphics Test 1: Jane Nash, Graphics Test 2: New Calico*), 2 protsessori testi (*CPU Test 1: AI, CPU Test 2: Physics*), tekstuuri täitmist (*Texture Fill*), värvi täitmist (*Color Fill*), Pixel Shader'i test (*Parallax Occlusion Mapping (Complex Pixel Shader)*), riide jäljendamist (*GPU Cloth*), osakeste testi (*GPU Particles*) ning Pixel Shader'i testi (*Perlin Noise (Math-heavy Pixel Shader)*)[6]



Graafika test 1



Osakeste test

Soovitavad süsteeminõuded:

- Protsessor: Võrdne kahetuimalise protsessori jõudlusega (*Intel Core 2 Duo E6600*)
- Videokaart: DirectX 10 toega, soovitatavlt 512MB mälu
- Monitor lahtusvõimega 1280x1024, soovitatav 1920x1200
- RAM: 2 GB
- Kõvakettal vaba ruumi vähmalt 1 GB
- Operatsiooni süsteem *Windows Vista SP 1*



## **Kokkuvõte**

Enamus riistvara testimisprogramme on siiski kunstlikud ega anna täpset ega ainuõiget süsteemi jõudlust määravat tulemust. Nendes tulemustesse ja ka riistvara tootjate antud tulemustesse peaks siiski skeptiliselt suhtuma.

Kasulikuks osutuvad RTP just erinevate süsteemide võrdluses, samuti riistvara ning tarkvara arendamises.

## Kasutatud materjal

Kõikide viimane vaatamise aeg on 1.12.2008

1. Denis Howe, „Define benchmark. What is benchmark?“  
<http://www.learnthat.com/define/view.asp?id=5673>
2. Wikipedia – Benchmark (computing)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark\\_\(computing\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark_(computing))
3. Wikipedia – PCMark  
<http://en.wikipedia.org/wiki/PCMark>
4. Futuremark – PCMark05  
<http://www.futuremark.com/products/pcmark05/tests/>
5. Futuremark – 3DMark Vantage  
<http://www.futuremark.com/benchmarks/3dmarkvantage/introduction/>
6. Wikipedia – 3DMark  
<http://en.wikipedia.org/wiki/3DMark>

# Lisa

## Livermore loop 13

```
C*****
*****
C*** KERNEL 13 2-D PIC Particle In Cell
C*****
*****
C
fw= 1.000d0
C
1013 DO 13 k= 1,n
i1= P(1,k)
j1= P(2,k)
i1= 1 + MOD2N(i1,64)
j1= 1 + MOD2N(j1,64)
P(3,k)= P(3,k) + B(i1,j1)
P(4,k)= P(4,k) + C(i1,j1)
P(1,k)= P(1,k) + P(3,k)
P(2,k)= P(2,k) + P(4,k)
i2= P(1,k)
j2= P(2,k)
i2= MOD2N(i2,64)
j2= MOD2N(j2,64)
P(1,k)= P(1,k) + Y(i2+32)
P(2,k)= P(2,k) + Z(j2+32)
i2= i2 + E(i2+32)
j2= j2 + F(j2+32)
H(i2,j2)= H(i2,j2) + fw
13 CONTINUE
C
C.....
IF( TEST(13) .GT. 0) GO TO 1013
```