Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Anže Pečar

Medplatformni razvoj grafično intenzivnih aplikacij

diplomsko delo

univerzitetni študijski program računalništvo in informatika

Mentor: doc. dr. Matjaž Kukar

Ljubljana 2013

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil LaTeX.

[1] V dogovorju z mentorjem lahko kandidat diplomsko delo s pripadajočo izvorno kodo izda tudi pod katero izmed alternativnih licenc, ki ponuja določen del pravic vsem: npr. Creative Commons, GNU GPL. V tem primeru na to mesto vstavite opis licence, na primer tekst [**?**]

Namesto te strani **vstavite** original izdane teme diplomskega dela s podpisom mentorja in dekana ter žigom fakultete, ki ga diplomant dvigne v študentskem referatu, preden odda izdelek v vezavo! Glej tudi sam konec Poglavja **??** na strani **??**.

Izjava o avtorstvu diplomskega dela

Spodaj podpisani Anže Pečar, z vpisno številko **63060257**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Medplatformni razvoj grafično intenzivnih aplikacij

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Matjaža Kukarja,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 11. januarja 2013 Podpis avtorja:

Na tem mestu zapišite, komu se zahvaljujete za izdelavo diplomske naloge. Pazite, da ne boste koga pozabili. Utegnil vam bo zameriti. Temu se da izogniti tako, da pozabite na celo zahvalo.

Posvetilo

Kazalo

Povzetek

Abstract

Poglavje 1

Uvod

Mobilne naprave dandanes postajajo vse bolj vsakdanje. Pametni telefoni imajo v sebi več procesorske moči, kot namizni računalniki izpred parih let. Poleg procesorske moči praviloma vsebujejo tudi grafične procesne enote, ki jih razvijalci lahko izkoristijo za razvoj grafično intenzivnih aplikacij. Poleg telefonov pa so se pojavili tudi tablični računalniki, ki imajo praviloma še boljše karakteristike kot pametni telefoni.

Med posameznimi proizvajalci telefonov in tablic obstajajo velike razlike v razvojnem okolju. Vsak izmed mobilnih operacijskih sistemov uporablja drug programski jezik za razvoj nativnih aplikacij pa tudi pri izvedbi različnih knjižnic (npr. OpenGL ES) se porajajo razlike. Razvoj grafične aplikacije, ki bi jo napisali enkrat in bi delovala povsod, je tako skorajda nemogoč.

Problem postane še težji, če želimo poleg vseh mobilnih naprav podpreti še namizne računalnike. Sedaj imamo poleg različnih programskih jezikov in knjižnic, še različne možnosti interakcije z uporabnikom - vnos z dotikom na mobilnih napravah in vnos z miško in tipkovnico na namiznih računalnikih.

Poglavje 2

Pregled platform

Danes lahko grafično intenzivne aplikacije poganjamo na ogromnem naboru različnih naprav. Grafično pospeševanje izrisovanja 3D objektov, ki je bilo še pred kratkim omejeno na namizne računalnike in še pred tem na drage delovne postaje, je sedaj možno tudi na mobilnih telefonih in grafičnih tablicah. Razvoj aplikacij za mobilne platforme je nekoliko bolj zahteven, saj moramo poleg okrnjenega nabora ukazov in slabše strojne zmogljivosti, paziti tudi na porabo baterije.

Na baterijo moramo paziti tudi pri prenosnih računalnikih. Ti so po zmogljivostim podobni namiznim računalnikom in uporabljajo enako (ali vsaj podobno) arhitekturo za centralno procesno enoto.

2.1 Namizni in prenosni računalniki

Največ svobode pri razvoju grafično intenzivnih aplikacij je na voljo na namiznih računalnikih. Ti imajo na voljo najboljšo možno strojno opremo in tudi operacijski sistemi so zreli in dovršeni, saj so v razvoju že več deset let. Namizni računalniki nimajo tako strogih omejitev z velikostjo, kot mobilne naprave. Prav nič presenetljivo ni torej, da so grafično intenzivne aplikacije na tej platformi najbolj domače.

Namizni računalniki uporabljajo drugačno arhitekturo za centralno pro-

cesno enoto. Procesorji v namiznih računalnikih so zgrajeni s CISC (Intel, AMD), medtem ko mobilne večinoma uporabljajo RISC arhitekturo in procesorje podjetja ARM in nVidia.

Namizni računalniki so bili zelo dolgo edina platforma, na kateri je bilo možno poganjati grafično intenzivne aplikacije. S pojavom namenskih grafičnih čipov (grafične kartice na začetku), je prvič postalo mogoče razvijati aplikacije izrisovanje kompleksnejših grafičnih oblik na zaslonu. S pojavom grafičnih kartic se je zmanjšala obremenitev centralne procesne enote. Vse zahtevne operacije[1] se danes izvajajo na grafičnih procesnih enotah, ki so narejene z visoko stopnjo paralelizma.

Na namiznih računalnikih sta se v začetku 90ih let pojavili dve knjižnici za delo s 3D grafiko. OpenGL in Direct3D. Obe ponujata programski vmesnik za komunikacijo z grafično procesno enoto, vendar so razlike med njima precejšne.

2.1.1 OpenGL

OpenGL je odprt standard, ki ga razvija skupina Khronos. Na voljo je na večini operacijskih sistemih (Windows, Mac OSX in Linux).

Programski vmesnik se je na začetku uporabljal predvsem za profesionalne aplikacije, kot je na primer AutoCAD in simulacije. Šele kasneje se je programski vmesnik razvil, do te mere, da je bil uporaben tudi za druge namene.

Tekom let so izšle 4 verzije. Podpora za programiranje grafičnega vhoda (shaderji) so postali podprti v verziji 3.0, ko je bila narejena tudi totalna prenova celotnega sistema. Iz te prenove se je nato razvila tudi mobilna inačica OpenGL ES 2.0.

OpenGL je implementiran v gonilniku za zaslon in vsak proizvajalec grafičnih kartic mora v gonilnike za grafično kartico dodati podporo. Problem s tem principom je, da se vmesnik nekoliko razlikuje med različnimi proizvajalci grafičnih kartic. Tudi programski jezik za pisanje shader programov in

[1] operacije s plavajočo vejico...

njihovi prevajalniki se lahko med seboj razlikujejo.

Dolgo časa so bile tudi razširitve, ki so bile na voljo samo na določenih grafičnih karticah. Proizvajalci grafičnih kartic so na ta način želeli izkazati superiornost, saj so te pritikline navadno bile kot dodaten sladkor pri prikazovanju. To je ustvarilo resen problem, kjer so razvijalci morali prilagajati kodo aplikacij glede na posamezne grafične kartice.

2.1.2 Direct3D

Direct3D je bil Microsoftov odgovor na OpenGL. Direct3D je zaprt programski vmesnik, popolnoma v lasti Microsofta. Programski vmesnik je uradno podprt samo na operacijskih sistemih Windows. Nekoliko spremenjena oblika vmesnika se nahaja tudi na Microsoftovi igralni konzoli Xbox. Na drugih platformah je možno Direct3D aplikacije poganjati samo z uporabo posebne virtualizacijske plasti. Na Linuxu to virtualizacijsko plast ponuja orodje Wine, vendar ne podpira Direct3D vmesnika v celoti.

Direct3D se ne uporablja v profesionalnih aplikacijah tako pogosto kot OpenGL. Razlogov je več. Na začetku je bil OpenGL vmesnik hitrejši in bolj natančen pri izrisovanju. Ker se je OpenGL pojavil pred Direct3Djem se je že zakoreniril. Direct3D je bil za razliko od OpenGL namenjen za osebne računalnike in ne samo za drage delovne postaje. Zaradi fiksnega cevovoda za izrisovanje je onemogočil proizvajalcem grafičnih kartic ustvarjanje lastnih modulov, ki bi otežili razvijanje aplikacij. Programski vmesnih je zaradi teh razlogov postal zelo popularen pri razvijalcih računalniških iger in tudi večina aplikacij, ki API uporablja je računalniška igra.

2.2 Mobilne platforme

Na trgu najdemo pester nabor mobilnih platform. Največji igralci v času pisanja so Google s svojim odprtokodnim sistemom Android, Apple s svojim sistemom iOS, nekaj tržnega deleža pa imata tudi podjetji Microsoft, z mobilno različico opercijskega sistema Windows (Windows 7, 8 RT, Phone), ter

podjetje BlackBerry z istoimenskim naborom pametnih telefonov namenjenim predvsem poslovnim uporabnikom.

Poleg že obstoječih pa bodo v bližnji prihodnosti na trg stopili tudi novi igralci. Fundacija Mozilla je razvila svojo rešitev - Firefox OS, temelječ na spletnih tehnologijah. Podjetje Canonical pripravlja različico Ubuntu operacijskega sistema, ki bo delovala tudi na mobilnih telefonih in tablicah. Na Finskem pa podjetje Jolla Mobile razvija svoj lastni operacijski sistem Sailfish OS, ki tudi temelji na Linux jedru.

2.2.1 iOS

Prvi iPhone je bil predstavljen 9. januarja 2007. Od ostalih mobilnih naprav na tržišču se je razlikoval z dodelanim uporabniškim vmesnikom in zaslonom občutljivim za večprstne dotike. Bil je tudi eden izmed prvih mobilnih telefonov brez tipkovnice in ostalih fizičnih gumbov - uporabnik je do vseh funkcij telefona dostopal preko na dotik občutljivega zaslona in enega fizičnega gumba.

V nasljednih letih je podjetje Apple Inc. dodalo prvemu telefonu nekaj dodatnih funkcij kot so 3g povezljivost, izboljšana zadnja kamera, zaslon z višjo resolucijo, dvo jederni procesor itd.

Naprave danes podpirajo OpenGL ES 1.1 in 2.0, planirana pa je tudi podpora OpenGL ES3.0.

Razvoj aplikacij poteka v jeziku Objective C (objektni C). Jezik temelji na ANSI Cju, vendar z dodano podporo objektno orientiranim konceptom. Prevajalnik za Objective C lahko prevede vsak program napisan v Cju. Objektno orientirani koncepti so implementirani s konceptom pošiljanja sporočil, slično programskemu jeziku SmallTalk. Za razliko od Jave, ki se uporablja na sistemih Android, Objective C nima avtomatičnega sproščanja pomnilnika, kar pri razvoju zahtevnih aplikacij lahko štejemo kot prednost, saj ima programer na voljo več orodij za delo s pomnilnikom.

Problem pri razvijanju iOS aplikacij je v tem, da je razvoj možen samo na strojni in programski opremi, ki jo proizvaja Apple. Tako za Android in

Windows Phone je možno razvijati na konkurenčnih operacijskih sistemih.

2.2.2 Android

Android je operacijski sistem, ki temelji na Linux jedru. Operacijski sistem je razvilo podjetje Android Inc., s finančno pomočjo Googla, ki je leta 2005 primarno podjetje tudi kupil. Prvi mobilni telefon z Android operacijskim sistemom je bil prodan oktobra 2008.

Izvorna koda operacijskega sistema je odprta in dostopna pod Apache licenco.

Android podpira OpenGL ES 1.1 in 2.0 od verzije 2.2 dalje. Verzija 4.3 pa prinaša podporo tudi za OpenGL ES3.0. Podpora za OpenGL ES 2.0 na verziji 2.2 ni popolna in je potrebno napisati lasten C++ wrapper, ki omogoči funkcionalnosti, ki jo API ne podpira.

Programski jezik za razvoj domorodnih aplikacij na sistemu Android je Java, ki teče na virtualnem stroju Dalvik. Aplikacije napisane v Javi se prevedejo v bitno kodo (bytecode) in se nato iz JVM kompatibilnih .class datotek pretvorijo v .dex datoteke, ki so kompatibilne na Dalviku. Format .dex je namenjen sistemom, ki imajo omejeno količino pomnilnika in procesorske moči.

2.2.3 Windows

Mobilni operacijski sistem Windows 8 Phone (in RT), za dostop do grafične kartice uporabljata Microsoftovo knjižnico Direct3D. Za razliko od drugih mobilnih operacijskih sistemov, je Windows eden izmed redkih, ki ne podpira OpenGL ES programskega vmesnika. Izvajanje OpenGL ES aplikacij je tako mogoče zgolj s posebno virtualizacijo in uporabo orodij, kot je ANGLE.

Programski jezik, ki je uporabljen na Windows mobilnih sistemih je C#. C# je bil razvit pri Microsoftu, kot del njihove .NET iniciative. Ecma ga je priznala kot standard 4. julija 2006 (ECMA-334). Podobno kot ObjectiveC je bil tudi C# razvit z namenom dodajanja objektno orientiranih lastnosti

v programski jezik C. Glavni razvijalec programskega jezika C# je Anders Hejlberg. C# nekoliko spominja na programski jezik Java, vendar se te dva jezika v kasnejših verzijah kar precej razlikujeta. Lep primer je implementacija genericov, ki je v C# ustvarjena s pomočjo reifikacijo podatkov, v Javi pa s pomočjo posebne sintakse.

ANGLE

ANGLE: Almost Native Graphics Layer Engine Angle je odprtokodni projekt, ki implementira OpenGL ES2.0 specifikacijo in jo strojno pospeši z Direct3D. Angle je v uporabi kot primarno zaledje za WebGL v brskalnikih Chrome in Firfox. Podpira DirectX9 do DirectX11.

2.2.4 Firefox OS

Firefox OS je mobilni operacijski sistem, ki temelji na odprtih standardih spleta. Domorodne aplikacije pisane za Firefox OS so kar spletne aplikacije narejene po načelih HTML5, ki imajo posebne ovitke za klicanje sistemskih funkcij, kot je klicanje in dostop do senzorjev za lokacijo, pospeške in tako dalje.

Domorodne aplikacije gradimo z uporabo programskega jezika Javascript, za izgled in obliko aplikacij pa skrbita HTML5 in CSS. Aplikacije lahko z uporabo orodij v SDKju, preizkusimo tudi na mobilnih računalnikih.

Ker podpora temelji na standardih za spletne tehnologije ni podpore za OpenGL ES1.x, ki je na voljo na drugih mobilnih operacijskih sistemih. Je pa seveda podprt OpenGL ES 2.0 v obliki WebGLa.

Operacijski sistem Firefox OS sicer temelji na jedru Linux, ki služi kot platforma na katerem se nato zažene Gecko. Gecko je tako imenovani pogon za razporeditev, ki je prisoten v vseh verzijah brskalnika Firefox in pa tudi drugje. Ker Gecko deluje na različnih platformah, je Firefox OS možno naložiti tudi na druge naprave, tudi na RaspberryPi[2.3.1].

2.2.5 Ubuntu

Operacijski sistem Ubuntu je najbolj popularen na Linuxu temelječi operacijski sistem na namiznih računalnikih. Podjetje, ki razvija operacijski sistem Ubuntu ima vizijo spraviti podobno funkcionalnost tudi na mobilne naprave - telefone in tablice. Prva naprava, ki bo izšla z mobilnim operacijskim sistemom Ubuntu, je telefon Edge in je bila napovedana 22. julija 2013. Pred tem so radovedni razvijalci lahko naložili operacijski sistem na mobilni telefon Nexus 4, ki ima privzeto naložen operacijski sistem Android.

Canonical za razvoj aplikacij za mobilni operacijski sistem Ubuntu priporoča uporabo programskega jezika QML (Qt Meta Language). QML je programski jezik namenjen lažjemu razvoju uporabniškega vmesnika.

Dokumentacija za Ubuntu Phone še ni popolna, ampak kot se da trenutno razbrati je uporaba OpenGLa podprta s strani qt 3d iniciative. Za pisanje grafično intenzivnih aplikacij se tako namesto QMLa priporoča C++.

O samih zmogljivostih telefona in tablic se sicer še ne ve veliko, pričakuje pa se, da bo podprt vsaj standard za OpenGL ES2.0 aplikacije.

2.2.6 Sailfish OS

Sailfish je operacijski sistem temelječ na Linux jedru, namenjen mobilnim telefonom in drugim napravam. Podobno kot operacijski sistem Ubuntu bo tudi Sailfish uporabljal QML in Qt [3.12] za razvoj domorodnih aplikacij.

Tudi kar se tiče podpore za razvoj grafično intenzivnih aplikacij je slično Ubuntu mobilnemu operacijskemu sistemu. Dostop do OpenGL programskega vmesnika je mogoč s pomočjo QTVIEWa in nam omogoča grajenje. Razlike med Ubuntu in Sailfish so minimalne, tako da bomo lahko teoretično aplikacijo pisali za oba sistema brez večjih sprememb.

2.3 Računalniki na eni plošči

2.3.1 Raspberry Pi

Raspberry PI je majhen računalnik, velikosti kreditne kartice, ki je bil razvit za promocijo učenja računalniške znanosti. Računalnik vsebuje 700 MHz ARM procesor, 256 (ali 512) MB delovnega pomnilnika in grafično procesno enoto VideoCore IV s 250MHz, ki podpira OpenGL ES 2.0.

Raspberry Pi je zanimiva mešanica med mobilnimi in namiznimi računalniki. Po svoji strojni opremi je sicer zelo podoben mobilnim napravam, vendar na njem ne teče mobilni operacijski sistem. Na Raspberry Piju je mogoče poganjati operacijske sisteme, ki so značilni za namizne računalnike. Najbolj pogosto uporabljena je malce prirejena verzija Linux distribucije Debian, uradno možno pa je naložiti tudi distribuciji Arch Linux in Fedora.

Čip za izrisovanje grafike na Raspberry Piju ima popolno podporo za OpenGL ES2.0 in je kljub omejitvam zmožen poganjati zahtevnejše aplikacije. Lep primer je računalniška igra Minecraft.

2.3.2 BeagleBone

Podobno kot Raspberry Pi je tudi BeagleBone majhen računalnik, ki je sposoben poganjati Linux sistem. BeagleBone ima malenkost hitrejši ARM procesor z 720MHz in 256 MB RAMa. Obstajajo tudi bolj zmogljive verzije, ki imajo do 1GHz procesor in 512MB RAMa (BeagleBone Black). Enota za grafično procesiranje PowerVR je zmožna poganjati tako 3D kot 2D OpenGL aplikacije.

2.4 Skupne zmogljivosti

Kot lahko vidimo iz navedenih primerov platform se ne moremo odločiti za en sam programski jezik in en sam programski vmesnik, s katerima bi pokrili vse možne platforme. Največji del trga lahko pokrijemo, če se odločimo za

OpenGL ES 2.0 programski vmesnik z programskim jezikom C++, saj s tem lahko razvijamo grafično intenzivne aplikacije na Wndows, Linux in Mac OSX, kot tudi na mobilnih platformah Android, iOS... Kot bomo videli v nadaljevanju obstajajo tudi možnosti kako razširiti podporo.

Kot smo videli pri posameznih primerih ima večina mobilnih naprav podporo za OpenGL ES2.0, tako da je glavni problem pri razvoju medplatformnih aplikacijah premagati omejenost na programske jezike za določeno platformo. Večina mobilnih operacijskih sistemih ima svoj programski jezik, ki je v uporabi za pisanje domorodnih aplikacij. Načinov premagovanja teh ovir je več in nekaj si jih bomo tudi ogledali. Najbolj popularno je prevajati iz enega jezika v drugega na primer napišemo aplikacijo v programskem jeziku Java in potem s posebnimi orodji prevedemo v kodo, ki jo razumejo tudi C# prevajalniki.

Na večini naprav je tudi na voljo tak ali drugačen spletni brskalnik. Spletne aplikacije, ki tečejo znotraj brskalnika, za izvajanje uporabljajo programski jezik Javascript, ki je tako eden redkih jezikov, ki je na voljo na vseh napravah. Spletne aplikacije so lahko tudi grafično intenzivne in za svoje delovanje lahko celo uporabljajo dostop do grafičnega procesorja.

Poglavje 3

Metode

3.1 Spletne aplikacije

Programski jezik Javascript je nastal okoli leta 1995, ko je bil tudi vključen v spletni brskalnik Netscape. Jezik Javascript je omogočil izvedbo kode na uporabnikovi strani (client-side) in spletne strani so lahko postale interaktivne.

V zgodnjih dneh spleta se programiranje na uporabnikovi strani ni prav veliko uporabljalo, Javscript interpreterji so bili počasni, zaradi Internet Explorerja pa je bilo pisanje Javascript aplikacij, ki bi delale enako na vseh brskalnikih zelo težavno. Šele kasneje, ko so brskalniki malo napredovali, je postalo pisanje aplikacij na strani uporabnika dejanska opcija.

S pojavom spletnega brskalnika Google Chrome se je začela zlata doba brskalnikov in bogatih aplikacij na strani uporabnika. Google Chrome je začel pravo tekmo za hitrost. Ker so spletne aplikacije postajale vedno bolj zahtevne, je bilo prvenstvenega pomena, da brskalniki postanejo hitri in odzivni.

Brskalniki so začeli med seboj tekmovati, kdo lahko hitrejše izvaja Javascript kodo, rezultate te tekme pa je bil, da so v roku parih let vsi novejši brskalniki sposobni hitro izvajati tudi bolj zahtevne Javascript aplikacije.

S pojavom pametnih telefonov in tablic so spletne tehnologije postale

dostopne tudi na mobilnih platformah. Zaradi strojnih omejitev in predvsem življenjske dobe baterij, so bili hitri in učinkoviti Javascript pogoni na mobilnih platformah celo bolj pomembni kot na namiznih računalnikih.

Kot rezultat vseh prizadevanj za izboljšanje učinkovitosti in hitrosti izvajanja izvorne kode spletnih strani, lahko danes tako na namiznih računalnikih in mobilnih napravah izvajamo zahtevne aplikacije, ki se izvajajo znotraj spletnega brskalnika.

Programski jezik Javascript je pravzaprav ena izmed redkih skupnih točk pametnih telefonov, tablic in namiznih računalnikov. Za razvoj domorodnih aplikacij za specifične naprave je potrebno uporabljati programski jezik, ki je določen s strani proizvajalca (avtorja mobilnega operacijskega sistema). Prav vse mobilne naprave pa imajo naložen brskalnik, v katerem lahko poganjamo spletne aplikacije napisane v Javascriptu.

Prav vse mobilne platforme imajo tudi takšno ali drugačno implementacijo tako imenovanega elementa za spletni pogled (*webview*). Ta element nam omogoča prikaz določene spletne strani znotraj domorodne aplikacije. Na ta način lahko spletno aplikacijo zapakiramo v ovitek (wrapper), ki se potem iz vidika končnega uporabnika obnaša slično domorodnim aplikacijam. Zanimiva izjema je Mozillin mobilni operacijski sistem FirefoxOS, ki spletne aplikacije smatra kot domorodne in ovitki niso potrebni.

3.1.1 2D platno

Sodobni brskalniki nam za izris svojih oblik na zaslon poleg HTMLja in CSSa ponujajo tudi uporabo *platna* (angl. canvas).

Element *platno* se je pojavilo kot Appleov eksperiment znotraj Mac OSX Webkit komponente leta 2004. Uporabljen je bil v spletnem brskalniku Safari in za vtičnike v Dashboard aplikaciji. Leto kasneje so podporo *canvas* elementu dodali tudi Gecko brskalniki, leta 2006 pa tudi spletni brskalnik Opera. Istega leta je organizacija Web Hypertext Application Technology Working Group (WHATWG) element standardizirala. Internet Explorer je dodal domorodno podporo za *platno* v verziji 8.

platno je danes dobro podprto v vseh modernih spletnih brskalnikih, tudi na mobilnih napravah. Na določenih platformah in brskalnikih lahko uporablja tudi strojno pospeševanje, vendar se ta funkcija zaenkrat smatra še kot eksperimentalna in praviloma ni dostopna povsod. Zaradi slabe strojne podpore obstajajo omejitve kompleksnosti, ki jih s *platno*m lahko dosežemo.

Platno je namenjeno izrisovanju dvo dimenzionalnih oblik na zaslon. Programerju nudi preprost API za risanje raznih oblik ($fillRect$, $fillCircle$), risanje besedila ($fillText$), risanje poti ($moveTo$, $lineTo$), risanje slik ($drawImage$) in tudi risanje gradientov ($drawGradient$). Nudi tudi dostop do operacij nad posameznimi oblikami, kot so na primer premakni ($translate$), zavrti ($rotate$) itd.

Programer lahko aplikacijo s *platnom* razvija in testira iz udobja namiznega računalnika. Vmesne rezultate dela lahko preverja v svojem spletnem brskalniku in šele nato, ko se prepriča v pravilno delovanje, prenese aplikacijo na mobilno napravo. Ta način dela zelo pohitri razvoj, saj prenos aplikacije na mobilno napravo lahko traja tudi več sekund. Pri razvijanju aplikacije na namiznem računalniku mora biti programer še posebej pozoren na strojne omejitve mobilnih naprav.

Prednost uporabe dvodimenzionalnega platna je, v dobri medplatformni podpori tako na namiznih računalnikih kot tudi na mobilnih napravah. Cena dobre podprtosti pa so omejene zmožnosti. Izrisovanje zahtevnejših slik lahko postane počasno, izrisovanje v treh dimenzijah pa zaradi slabe podpore strojnemu pospeševanju skorajda nemogoče.

Kljub pomanjkljivostim lahko s pomočjo platna na preprost način napišemo grafično intenzivno aplikacijo, ki bo delala na več platformah.

Strojno pospeševanje

2D *platno* na določenih konfiguracijah omogoča tudi strojno pospeševanje. Z omogočenim strojnim pospeševanjem centralna procesna enota prenese nekaj svojega dela na grafično procesno enoto. Na ta način se lahko hitrost izrisovanja močno poveča.

Strojno pospešeno *platno* zaenkrat še ni povsod na voljo in zato na prednosti, ki jih prenaša, še ne gre računati. Brskalnik Google Chrome je na primer dodal podporo v verziji 18 (Marec 2012), vendar strojno pospeševanje še vedno ni omogočeno povsod (Linux, Android).

3.1.2 3D platno WebGL

WebGL je medplatformni programski vmesnik, uporabljen za delo s 3D grafiko znotraj spletnega brskalnika. Je kontekst *canvas*a, ki ima direkten dostop do grafične kartice preko GLSL jezika za pisanje senčilnikov (shaders).

WebGL temelji na OpenGL ES 2.0 standardu, ki je na voljo na namiznih računalnikih in mobilnih napravah, kjer WebGL kot tak morebiti še ni podprt.

WebGL je nastal iz eksperimentov Vladimir Vukićevića, zaposlenega pri Mozilli. Leta 2006 je začel delati na pospešenem "3D platnu za splet". Do konca leta 2007 sta tako Mozilla kot Opera imeli delujočo implementacijo WebGL APIja. Leta 2009 je neprofitna organizacija Khronos ustanovila skupino za delo na WebGLu (WebGL Working Group). Člani skupine so bili tudi Apple, Google, Mozilla, Opera in drugi. Prva verzija specifikacije je bila izdana marca 2011.

Mozilla je dodala podporo WebGLu v Firefoxu 4.0, Google v Chromu od verzije 9 naprej, Apple je dodal podporo v Safari 6.0, v Operi pa se je podpora pojavila v verziji 11, vendar je bila privzeto izklopljena. Internet Explorer je dodal podporo WebGLu šele v verziji 11, ki je v času pisanja na voljo samo kot predogled v okviru Windows 8.1 verzije za razvijalce.

Na mobilnih brskalnikih je stanje še slabše. Večina mobilnih brskalnikov še nima vgrajene podpore (Safari na iOS) ali pa je le ta še v fazi preizkušanja (Chrome na Android). WebGL je najbolje podprt v mobilni različici brskalnika Firefox.

WebGL, za razliko od 2D platna, brez strojne podpore sploh ne deluje.

WebGL kompatibilnost ima svoje probleme tudi na namiznih računalnikih, saj na določenih operacijskih sistemih z določenim brskalniki še vseeno ne de-

luje. Problem je, da je še vedno veliko gonilnikov za grafične kartice na črni listi, ki ima delovanje privzeto izklopljeno. Na črni listi so gonilniki, ki po mnenju avtorjev brskalnikov še niso dovolj stabilni oziroma imajo pri prikazovanju WebGL vsebin probleme. Omejitve sicer lahko zaobidemo s postavitvijo posebne zastavice ob zagonu brskalnika, vendar normalni uporabniki tega ne bodo počeli.

Razvijalci brskalnikov kot glavni razlog za slabo podprtost WebGLa navajajo probleme z varnostjo. Narediti peskovnik (sandbox) za spletno stran je zelo težko, še posebej če le ta za svoje delovanje potrebuje direkten dostop do grafične kartice.

Razvoj WebGL aplikacije

Razvoj aplikacij z uporabo WebGLa je bolj zahtevno za programerja, kot razvoj aplikacij z 2D platnom. WebGL programski vmesnik namreč ne omogoča preprostih funkcij za risanje na zaslon in tudi za izris najbolj osnovnih oblik je potrebno kar nekaj dela. Nastaviti je potrebno pravilen kontekst in napisati, prevesti ter povezati dva programa za senčilnike.

Senčilniki so programi, ki se izvajajo na grafični procesni enoti. WebGL definira dve vrsti senčilnih programov - ogliščni (vertex) in fragmentni (fragment). Prvi skrbi za pozicijo vsakega oglišča, ki ga izrišemo na na zaslonu, drugi pa za barvo vsakega fragmenta. Pisanje senčilnikov poteka v programskem jeziku GLSL, ki je podzvrst programskega jezika C. Nabor ukazov, ki je na voljo, je v primerjavi s programskim jezikom ANSI-C sicer omejen, vendar imamo dodane posebne ukaze za lažje delo z vektorji in matrikami.

Podobno kot za 2D platno velja tudi za WebGL, aplikacijo razvijamo na namiznem računalniku in po potrebi preizkušamo kompatibilnost na mobilnih napravah.

Medplatformnost

V času pisanja WebGL še ni dobra izbira za medplatformni razvoj aplikacij. Vendar vse smernice kažejo, da se bo podpora v prihodnosti precej izboljšala.

Dober indikator za to je tudi vključitev podpore v Internet Explorer 11, kljub dejstvu, da sta bila skupina Khronos in Microsoft v nenehni tekmovalnosti, Khronos s svojim OpenGL APIjem, Microsoft pa z lastnim DirectX sistemom.

Za razliko od zaprtih sistemov, kot je na primer Flash, ki mu podprtost pada (na iOSu ni bil podprt nikoli, na Androidu pa v zadnjih verzijah tudi uradno ni več podprt), je WebGL trenutno na dobri poti, da postane primerno orodje za razvoj grafično intenzivnih medplatformnih aplikacij.

3.1.3 Zvok

Aplikacije napisane v 2D platnu in aplikacije pisane v WebGLu dostopajo do zvoka na enak način - to zato, ker je izrisovanje povsem ločeno od ostalih komponent.

HTML5 definira dokaj preprost API za predvajanje zvočnih datotek znotraj brskalnika. Programer ima na voljo ukaze za predvajanje zvoka, premikanje po zvočni datoteki in nastavljanja glasnosti zvočne datoteke, ne pa tudi kakšnih bolj naprednih ukazov kot spreminjanje frekvence, tonalitete itd.

Za bolj napredne funkcije je potrebno posesti po drugih metodah. Ena izmed najbolj uporabnih je uporaba Flash predvajalnika za predvajanje zvoka. S tem pridobimo dodatne funkcije za delo z zvokom, vendar se zaradi vse slabše podpore Flash predvajalnikov na mobilnih podporah tudi lahko precej omejimo.

Uporabimo lahko tudi knjižnico, ki nam za predvajanje zvoka ponudi svoj lasten API in potem zvoke predvaja na najboljši način glede na dano platformo, na kateri se potem aplikacija izvaja.

3.1.4 Zaznavanje vhoda

Grafično intenzivne aplikacije potrebujejo potrebujejo tudi procesirati vhod uporabnika. Za vhod je na namiznih računalnikih značilna kombinacija miška in tipkovnica. Na mobilnih napravah pa imamo navadno na voljo zgolj na

dotik občutljiv zaslon. V javascriptu je napisanih kar nekaj knjižnic, ki nam pomagajo premostiti razlike med različnimi načini vnosa.

3.1.5 Primernost programskega jezika JavaScript

Za razvoj grafično zahtevnih aplikacij, je hitrost izvajanja programa bistvenega pomena. Za ta namen se praviloma uporablja statično tipizirane jezike in ročno sproščanje pomnilnika (garbage collection). V industriji najbolj pogosto uporabljen programski jezik C++.

Kljub vsem izboljšavam in pohitritvam, ki jih danes najdemo v modernih spletnih brskalnikih, je hitrost izvajanja programa napisanega v programskem jeziku Javascript, še vedno bistveno počasnejša. Razni testi kažejo, da je ekvivalenten program napisan v programskem jeziku C++ lahko tudi do 5 krat hitrejši.

S pomočjo tehnologij, kot je ASM.js 4 je možno Javascript program pohitriti, vendar je kljub temu povprečna hitrost izvajanja za dvakrat počasnejša od ekvivalentnega C++ programa.

Gledano izključno iz vidika hitrosti izvajanja, bo Javascript najbrž vedno manj primeren od klasičnih jezikov.

3.2 Spletne aplikacije z V8-gl

V8-gl je knjižnica, ki omogoča razvoj grafičnih aplikacij za namizne računalnike v jeziku Javascript. Knjižnica programerju nudi Javascript vmesnik do OpenGL APIja. Njen glavni cilj je narediti bogato orodje, ki bo olajšalo delo z 2D in 3D grafiko.

Knjižnica je trenutno še globoko v razvoju in zaenkrat stabilna verzija še ni bila izdana. OpenGL ES 2.0 povezave so že delujoče in na voljo za uporabo. To pomeni, da lahko delujočo WebGL prenesemo na V8-gl in se znebimo odvisnosti od brskalnika. Še vedno veljajo enake omejitve s hitrostjo izvajanja, kot veljajo znotraj brskalnika, vendar nam ni več potrebno skrbeti glede delovanja v različnih brskalnikih.

Delo poteka tudi na prevedbi knjižnice za sistema iOS in Android. To bi omogočilo bolj konsistentno medplatformno delovanje aplikacije po več platformah, kot ga danes ponujajo različni spletni brskalniki.

3.2.1 LycheeJS

Najbolj perspektivna uporaba V8-gl knjižnice je trenutno projekt LycheeJS. LycheeJS je pogon v Javascriptu, ki teoretično lahko teče na vseh okoljih kjer je na voljo Javascript. LeechJS podpira vse moderne brskalnike na namizju (Firefox, Chrome, Opera, Safari in Internet Explorer) in tudi na mobilnih brskalnikih (WebKit, Firefox, Chrome na Androidu in Mobile Safari).

Ker se LycheeJS zanaša na V8-gl, veljajo enake omejitve pri uporabi OpenGL ES2.0 APIja kot tudi pri V8-gl. LycheeJS je zgolj ogrodje zgrajeno nad V8-glom, ki programerju omogoči lažje delo na svoji aplikaciji. Med prednostmi, ki jih LycheeJS prinaša so enoten vmesnik za detekcijo vhoda uporabnikov, kot tudi enoten vmesnik za predvajanje zvočnih datotek. Poleg tega ima LycheeJS vgrajena tudi orodja za pakiranje aplikacij, tako da brez večjega truda svojo spletno aplikacijo zapakiramo za različne platforme. Trenutno podprte platforme so spletne aplikacije, vtičniki za brskalnik Google Chrome ter Android aplikacija.

3.3 xamarin

Xamarin nam omogoča, da našo aplikacijo napišemo v programskem jeziku C#, do programskih vmesnikov domorodnih platform pa dostopamo preko posebne knjižnice. C# prevajalnik našemu programu doda .NET runtime (Mono) in proizvede izvedljiv ARM program, ki je lahko zapakiran kot iOS aplikacija ali pa kot Android aplikacija.

Na ta način lahko Android in iOS aplikacije delijo izvorno kodo.

Xamarin kodo prevede v domorodno izvedljivo binarno datoteko za posamezno platformo. Izvajanje te domorodne je hitro in ni vidnih vplivov na

hitrost izvajanja. Koda nam sicer prinese dodatnih 2.5MB podpisa, vendar to danes ne predstavlja večjega problema.

Kako točno Xamarin C# prevede v domorodno aplikacijo ni dostopno, saj je to del njihovega zaprtega sistema.

Xamarin temelji na odprtokodni verziji .NET ogrodja - Mono, ki deluje na večini platform, ki so v uporabi danes (Linux, Unix, FreeBSD, MacOSX). Za iOS Xamarinov lasten AOT (ahead of time) prevajalnik prevede C# kodo v ARM zbirni jezik. Na operacijskem sistemu Android pa xamarinov prevajalnik prevede kodo v vmesni jezik (IL), ki se nato prevede ob pravem času (JIT), ko se aplikacija zažene. V obeh primerih Xamarin poskrbi za alociranje spomina, sproščanje pomnilnika...

Pisanje grafičnih aplikacij z Xamarinom je sicer mogoče, vendar nam Xamarin pri razvoju le malo pomaga. Kot orodje je Xamarin veliko bolj zanimiv, saj nam omogoča, da naše aplikacije spravimo na iOS, kot bomo videli v nadaljevanju.

3.4 libgdx

Libgdx[3] je v Javi napisano ogrodje za medplatformni razvoj grafičnih aplikacij. Knjižnica abstrahira razlike med namiznimi aplikacijami, Androidom, iOSom in HTML5 ter gradi na odprtih standardih, kot je OpenGL ES/WebGL.

LibGDX omogoča hitro prototipiranje, saj je razvoj mobilnih aplikacij možen na namizju. V pravilnost delovanja aplikacije se lahko prepričamo iz namiznega računalnika in šele nato zgradimo paket za želeno mobilno napravo.

Prednost tega pristopa so krajši nalagalni časi aplikacije med razvijanjem. Grajenje iOS ali Android paketa traja nekaj časa (Dex, package), potem pa je potrebno aplikacijo preko USB kabla prenesti na dejansko napravo. Razvoj grafično intenzivnih aplikacij je z uporabo Android emulatorja na primer skorajda nemogoče, saj le ta niti ne podpira OpenGL ES 2.0. Vsi ti koraki

na sodobnem računalniku sicer ne trajajo več kot eno minuto, ampak v primerjavi z poganjanjem .jar datoteke iz namizja (manj kot 5 sekund) prednost razvoja iz namizja precej zniža čas, ki je potreben za razvoj aplikacije.

Poleg hitrejšega mrzlega zagona aplikacije je razvoj na namizju hitrejši tudi zaradi vročega izmenjevanje kode (code hot swapping). Vroče izmenjevanje kode je proces, ko del kode, ki teče na JVM zamenjamo z novim delom kode med tem ko aplikacija teče. S tem se izognemo ponovnemu zaganjanju aplikacije. Dodatna prednost je, da nam ni potrebno na ponovno nastavljati stanja, v katerem se je aplikacija nahajala preden smo naredili spremembo kode. Vroče izmenjevanje je instantno in programer dobi takojšen odziv na spremembe, ki jih je naredil, kar precej izboljša čas, ki je potreben za razvoj aplikacije.

Določeni deli ogrodja so bili napisani s pomočjo JNI (Java Native Interface, Javin domoroden vmesnik).

LibGDX omogoča razvoj aplikacij za Widows, Linux, Mac OS X, Android 1.5+, iOS, Java Applet, Javascript /WebGL.

Za grajenje iOS paketa je potrebno orodje Xamarin. LibGDX s pomočjo LLVM Java kodo spremeni v C# kompatibilno, ki jo potem Xamarin prevajalnik prevede v domorodno ARM kodo.

Projekt LibGDX je odprtokoden in dostopen na internetu.

3.5 playn

PlayN[8] je ogrodje za razvoj grafično intenzivnih aplikacij na večih platformah. Podprte platforme so namizni računalniki (Java), iOS, Android, HTML5 in Flash.

Vmesnik je napisan v programskem jeziku Java, na voljo pa imamo vse prednosti, ki smo jih omenili že pri uporabi LibGDX. Našo aplikacijo lahko razvijamo na namiznem računalniku, kjer lahko uporabljamo tudi vroče izmenjavanje kode.

Za izvoz na različne platforme lahko uporabimo ali orodje Ant ali pa

Maven. Večjih razlik med obema orodjema ni, oba pa omogočata preprost način grajenja domorodnih paketov za Android, iOS, HTML5.

3.5.1 GWT

Izvoz aplikacije v HTML5 je mogoč z uporabo orodja GWT (Google Web Toolkit), ki je kot navaja tudi ime orodja, plod dela zaposlenih pri podjetju Google. GWT je razvijalsko orodje, za grajenje kompleksnih aplikacij, ki tečejo v brskalniku. Celoten paket vsebuje knjižnico z Java programskim vmesnikom, prevajalnik in strežnik za razvijanje aplikacije.

GWT program napisan v jeziku Java prevede v optimiziran Javascript. Prevajalnik upošteva prednosti in slabosti posameznih brskalnikov in optimizira za vsak brskalnik posebej. Poleg brskalnikov za namizje je prevedeni Javascript optimiziran tudi za mobilne brskalnike, tako da aplikacija napisana s pomočjo GWTja deluje hitreje tudi na mobilnih napravah.

Poleg specifičnih optimizacij za različne brskalnike prevajalnik tudi odstrani mrtvo kodo, optimizira nize znakov in metode pretvori v enovrstično varianto.

3.5.2 iOS

Grajenje iOS paketa poteka na podoben način kot pri LibGDX, z uporabo Xamarin licence.

3.5.3 Primerjava z LibGDX

Razlika med LibGDX in PlayN se pokaže predvsem v uporabi vmesnikov. PlayN podpira nekoliko več platform in 2D programski vmesnik je nekoliko lažji za uporabo. Delo z 3D programskim vmesnikom (in dostop do domorodnih OpenGL ES funkcij) pa je precej lažje z uporabo LibGDX knjižnice.

3.6 Unity

Unity3D[6] je orodje za izdelovanje medplatformnih grafično intenzivnih aplikacij. Poleg mobilnih naprav (iOS, Android, BlackBerry, WinPhone 8) ter vseh glavnih namiznih operacijskih sistemov (Windows, MacOS, Linux), orodje omogoča izdelovanje aplikacij tudi za igralne konzole (Xbox is PS3). Orodje je sestavljeno iz dveh glavnih delov - pogon in integrirano okolje za razvijanje.

3.6.1 Pogon

Za risanje na zaslon Unity uporablja grafični vmesnik Direct3D (na platformi Windows in Xbox) in OpenGL ES (iOS, Android).

3.6.2 Integrirano okolje za razvijanje

Unity je razvojno okolje, ki nam omogoča razvoj grafično intenzivnih aplikacij in izvoz za različne platforme. Za Windows, OSX in Linux je izvoz brezplačen, za iOS in Android pa je avtorjem potrebno plačati.

3.7 Programski jezik Haxe

Programski jezik Haxe je bil ustvarjen z razlogom, da bi olajšal razvoj medplatformnih aplikacij. Prevajalnik zna izvorno kodo prevesti na veliko različnih platform. Izvorna koda napisana v jeziku Haxe je lahko prevedena v JavaScript, Flash, NekoVM, PHP, C++, C# in Java, kar pokrije večji del platform tudi iOS in Android.

Jezik Haxe temelji na Cju in se zaradi podobnosti drugim jezikom (Java, Javascript, ActionScript) ni težko naučiti. Haxe je strogo tipiziran jezik, kar pomeni, da prevajalnik že med prevajanjem programa lahko odkrije določene vrste napak. Na voljo je tudi inferenca tipov, generiki, function closures itd.

Jezik je odprotokoden in prost za uporabo tako za odprte kot komercialne projekte.

3.8 C++

C++ dostopen povsod. Linux, iOS, OSX in Windows imajo domorodno podporo za C++, Android pa C++ podpira s pomočjo Java JNI vmesnika. Uporaba jezika C++ za razvoj aplikacij na mobilnih paltformah nam omogoči dostop do sistema za grafiko (OpenGL, oz. Direct3D na Windows), ne pa tudi do elementov za uporabniški vmesnik. Le te praviloma lahko uporabljamo samo iz domorodnih programskih jezikov za določeno platformo ali pa s pomočjo orodij kot je ObjectiveC++, .NET most in Java JNI.

Značilnost grafično intenzivnih aplikacij je v tem, da za svoje delovanje ne potrebujejo veliko elementov za uporabniški vmesnik, saj večinoma tečejo v celozaslonskem načinu. Zato problem iz prejšnjega odstavka ni tako pereč, še posebej, če se zavedamo prednosti, ki jih pridobimo z uporabo C++.

Prednosti vključujejo eno programsko kodo aplikacije za vse platforme. Le te ni potrebno prevajati v druge jezike, kot smo videli pri [3.4][3.7][3.5] hkrati pa tudi nimamo problemov z učinkovitostjo in slabo podprtostjo [3.1.1][3.1.2].

3.8.1 OGRE

OGRE (Object-Oriented Graphics Rendering Engine) je pogon za upodabljanje napisan v programskem jeziku C++. Dobra lastnost pogona je, da nam ponudi enoten vmesnik za OpenGL in Direct3D. OGRE podpira večino različnih sistemov Linux, Windows (tudi Phone in RT), OSX, iOS in Android.

Prednost OGRE pred drugimi podobnimi projekti je, da ima zelo dobro dokumentacijo pa tudi na splošno je pogon dobro zamišljen in konsistenten.

OGRE ima preprost objektno orientiran vmesnik, ki poenostavi delo, ki je potrebno za generiranje 3D scen. Olajša nam tudi delo z

Ogrodje je stabilno in se še vedno aktivno razvija. Tudi razgibano publiko ima.

3.9 Marmalade

Marmelade je zanimivo orodje, ki nam omogoča pisanje medplatformnih aplikacij v jeziku C++, HTML5 ali pa s programskim jezikom Lua.

Za razliko od drugih orodij Marmalade ni na voljo brezplačno, preizkusimo lahko samo 30 dnevno verzijo, potem pa moramo kupiti licenco. Cena najbolj osnovne licence, ki nam omogoča grajenje aplikacij za platforme iOS in Android je $15 na mesec. Če pa bi želeli podpreti še BlackBerry in Windows Phone pa cena naraste na $499 na leto.

3.10 Monogame

Monogame je orodoje, ki omogoči poganjanje grafično intenzivnih aplikacij narejenih za Windows in Windows Phone, na drugih platformah. Trenutno podprti sistemi so OSX, Linux, iOS, Android, Play Station Mobile in Ouya.

Z verzijo 3.0.0 je bila dodana podpora do 3D programskega vmesnika. MonoGame želi popolnoma podpreti XNA 4 programski vmesnik. Za delujočo aplikacijo na iOS in Android se uporablja Xamarin platformo[3.3], kar pomeni, da moramo kupiti dve licenci. Verzija 3.0.0 se osredotoča na funkcije, ki jih prinaša OpenGL ES2.0 medtem ko so prejšne verzije temeljile na OpenGL ES 1.X. Na Windows sistemih se namesto OpenGLa uporablja Direct3D.

3.11 Adobe Flash

Adobe Flash, znan tudi pod imeni Shockwave Flash in Macromedia Flash, je uporabnikom najbolj poznan v obliki vtičnika za spletne brskalnike. Začetki segajo v leto 1995, ko je bil razvit kot vtičnik za animacije na spletnih straneh. Matično podjetje je nato kupila Macromedia, ki pa se je kasneje prodala Adobeju.

Od Flash verzije 11 naprej ima predvajalnik podporo za strojno pospeševanje 3D vsebin.

Podpora na mobilnih platformah je slaba, saj iOS Flasha nikoli ni podpiral, na Androidu pa je od verzije 4.0 uradno ni več podprt, neuradno je možno Flash predvajalnik namestiti tudi na Android sistemih 4.1 in 4.2. Zaradi teh slabih smernic Flash ni najbolj primeren za razvoj grafično intenzivnih aplikacij.

3.11.1 Stage3D

Stage3D programski vmesnik nam mogoča strojno pospešeno arhitekturo, ki deluje na večih platformah.

3.11.2 Starling

Starling je odprotokoden projekt, ki temelji na stage3D. Nad stage3D doda dodatno funkcionalnost kot so sistem za dogodke, podpora partiklom, podpora različnim teksturam, teksturni atlasi, različni načini blendanja, podpora za več dotikov, itd.

3.12 QT

Projekt QT je medplatformno ogrodje za ustvarjanje aplikacij. Za razvijanje aplikacij sta na voljo C++ in QML, ki je jezik podoben Javascriptu in CSSu.

Za razvijanje aplikacij je na voljo tudi QT Creator, ki je vgrajeno razvijalno okolje.

Qt je možno uporabljati na veliki količini naprav in platform z uporabo različnih CPU arhitektur. QT skupnost podpira naprave Beagleboard [2.3.2] in RaspberryPi [2.3.1].

IOS in Android sta trenutno eksperimentalno podprta kot možni platformi. Razvija se pa tudi vprašanje o domorodnih QT Android sistemih.

Poglavje 4

ASM.js

asm.js je raziskovalni projekt pri Mozilli, ki definira podmnožico JavaScripta. Cilj podmnožice, kot jo definira asm.js, je preprost način optimizacije izvajanja JavaScript kode znotraj brskalnikov.

C++ prevajalnika Emscripten in Mandreel že znata generirati JavaScript kodo, ki jo defenira asm.js. Patent, ki ga uporabljata Emscripten in Mandreel sta ponazarjanje spomina s samostojno instanco (singleton) tipiziranega spomina in uporaba bitnih operatorjev za spremenljivke, ki se obnašajo kot cela števila (integers) v C++.

Prevajanje v JavaScript ni nič novega. Leta 2006 je podjetje Google izdalo Google Web Toolkit (GWT), ki poleg drugih stvari, lahko tudi prevaja izvorno kodo iz programskega jezika Java v JavaScript. Od leta 2006 se je pojavilo kar nekaj podobnih prevajalnikov za že obsotječe programske jezike (C++, C#), kot tudi za nove jezike kot so na primer CoffeeScript, TypeScript in Dart.

Problem projektov kot je GWT je v tem, da ni standardne dokumentacije, ki bi izdelovalcem JavaScript pogonom omogočilo optimizacije. Zato je tudi na primer znano, da GWT aplikacije v brskalniku Google Chrome tečejo malce hitreje kot v drugih brskalnikih. Razlog je v tem, da sta tako GWT in Chrome razvita pod isto streho (Google) in je veliko več interne komunikacije, ki pa je ostali brskalniki niso deležni. asm.js dokumentira vse

možne pohitritve in navodila za pohitritve da na voljo vsem brskalnikom.

asm.js se izogiba potencialnih upočasnitev v kodi, saj nima spremenljivk z mešanimi tipi. Ime knjižnice izvira v dejstvu, da asm.js izvorna koda izvaja zgolj nizko nivojske izračune, ki so podobni tistim, ki jih izvajajo zbirniki. To pa je točno to, kar preveden C/C++ potrebuje.

Optimizacije v času izvajanja:

1. Tipi spremenljivk se pokažejo med preverjanjem tipov. To omogoča prevajanje v naprej (ahead of time) in ne samo ob pravem času (just in time).

2. JavaScript pogon ima garancijo, da se tipi spremenljivk med izvajanjem ne bodo spreminjali. S tem lahko pogon generira bolj preprosto in bolj učinkovito kodo.

3. Sistem tipov v asm.js olajša globalno strukturiranje programa (klici funkcij, dostop do spomina)

Izvorna koda, ki uporablja asm.js je še vedno dvakrat počasnejša od materne (native) kode napisane v nižje nivojskih jezikih kot je C, vendar se bo s časoma asm.js še dodatno pohitrila.

Ker je asm.js koda pod množica JavaScripta lahko že danes teče v vseh brskalnikih.

Kaj trenutno še ni podprto? C++ izjeme, setjmp/longjmp.

Popolnoma podpra sta trenutno samo C in C++, drugi jeziki so poprti le deloma in niso deležni enakih pohitritev in optimizaij.

Dinamični jeziki, kot so Python, Ruby in Lua, so še v zgodnjih stadijih razvoja in potrebujejo še veliko dela preden bodo uporabni.

Dodaten problem pri jezkih, kot sta Java in C# je v tem, da se veliko optimizacij naredi navidezni stroj na nivoju byte kode. Te optimizacije se izgubijo, če prevajalnik prevaja iz izvorne kode v izvorno kodo.

Edin način kako dobiti boljše pohitritve v teh jezikih je prevajanje celotnih navideznih strojev... To zgleda kot edini način kako izvajati večino jezikov s perfektno semantiko in maksimalno hitrostjo.

Poglavje 5

Programiranje na grafičnem čipu

Ker je grafični cevovod (tako pri Direct3D, kot pri OpenGLu) z leti postal zelo zapleten in ker je prenašanje podatkov med centralno procesno enoto zahtevna operacija, se pojavlja nova alternativa - pisanje aplikacij direktno na grafičnem čipu. Taka aplikacija lahko s kompatibilno grafično kartico dela na več platformah - premestiti bi bilo potrebno samo dele aplikacije, ki imajo opravka z nastavljanjem ogrodja.

Nekompatibilnosti in razlike med posameznimi grafičnimi grafičnimi karticami bi bilo mogoče odpraviti z uporabo grafičnega pogona. Tak grafični pogon bi uporabniku ponudil enoten vmesnik API, s katerim bi uporabnik napisal grafično intenzivno aplikacijo. Grafični pogon bi abstrahiral delovanje posameznih kartic in skril razlike pod pokrov. Tak grafični pogon je trenutno samo še zelo daleč od realnosti, vseeno pa se splača pogledati namenske programske jezike, ki nam omogočajo izvajanje programske kode na grafičnem procesorju.

Primeri takšnih splošno namenskih jezikov sta Nvidiina CUDA in Microsoftov AMP, omeniti pa je potrebno tudi OpenCL.

5.1 CUDA

CUDA [11] je platforma za paralelno procesiranje in programski model, ki z uporabo grafične kartice omogoča dramatično pohitritev izračunov. Podjetje Nvidia je CUDAo predstavilo leta 2006, danes pa se veliko uporablja na različnih področjih, kot so biologija, kemija, fizika in tako dalje.

5.1.1 Logan - CUDA na mobilnih platformah

Podjetje Nvidia je 24. julija 2013 [12] na spletni strani objavila predogled novega jedra za mobilne naprave. Logan, kot se novo jedro imenuje, bo prvo jedro, ki bo podpiralo CUDA tehnologijo na mobilnih napravah.

Grafična procesna enota projekta Logan, temelji na Nvidijini Kepler arhitekturi. Kepler arhitektura je uporabljena tudi na namiznih računalnikih, prenosnikih, delovnih postajah in super računalnikih.

Kepler bo tudi na mobilnih napravah imel podporo standardom OpenGL4.4 (specifikacija izšla pred kratkim), OpenGL ES 3.0 in DirectX11.

Poleg CUDAe bo Logan na mobilne naprave prinesel tudi vmesnik API, ki bo razvijalcem grafično intenzivnih aplikacij omogočil uporabo teselacije (to je tehnologija, ki spreminja količino izrisanih trikotnikov glede na potrebe), deffered rendering, ki omogoča izračun vplivov različnih luči v sceni v enem samem prehodu procesiranja, napredno glajenje robov (anti aliasing) in vmesnik API za računanje fizike in podobnih simulacij.

Z vsemi temi funkcijami se bo izrisovanje na mobilnih napravah precej približalo zmožnostim namiznih računalnikov.

5.2 OpenCL

Open Computing Language [13] je ogrodje za pisanje programov, ki se izvajajo na heterogenih platformah, ki so sestavljena iz večih centralno procesnih enot, grafičnih procesnih enot, digitalnih procesorjev signalov in drugih procesorjev. OpenCL je odprti standard, ki je podprt na različnih napravah, od

namiznih računalnikov in delovnih postaj, do mobilnih naprav. Za razvoj standarda skrbi skupina Khronos.

Obstajajo knjižnice, ki lahko prednosti OpenCLja uporabljajo tudi na mobilnih napravah. Ena izmed teh knjižnic je AccelerEyes [14], ki obljublja procesiranje videa v realnem času, hitrejše procesiranje podatkov in boljše izračune nad fotografijami. AccelerEyes je C/C++ knjižnica s preprostim matričnim programskim vmesnikom. Enaka izvorna koda se lahko uporabi tako na namiznih kot na mobilnih platformah. Od mobilnih platform sta trenutno podprta Android in iOS.

5.3 AMP

AMP (Accelerated Massive Parallelism) je Microsoftofa knjižnica, ki pospeši delovanje C++ programske kode tako, da uporabi prednosti paralelnega izvajanja, ki ga ponujajo grafične procesne enote.

Implementacija AMP temelji na standardu DirectX11 in je zato dostopna samo na napravah, kjer je le ta podprt (Windows 7 in Windows Server 2008 R2 ali novejše). Na mobilnih napravah trenutno še ni na voljo. Ker pa je standard odprt se pričakuje, da bo vedno več podprtih naprav v prihodnosti. Na platformah, kjer AMP ni podprt potrebno delo namesto grafične procesne enote opravi centralna procesna enota. Tudi v tem primeru lahko uporaba AMPja pohitri delovanje, saj je izvorno kodo pisano za AMP lažje izvajati paralelno.

AMP trenutno podpira večdimenzionalne sezname, indeksiranje, prenašanje spomina, in tiling.

Poglavje 6

Primeri

6.1 Primer DEFG

6.1.1 Opis problema

DEFG je preprosta grafična aplikacija, ki uporabnikom olajša učenje tujih jezikov. Deluje na preprostem principu pomnjenja besed. Igralcu se na zaslonu pokaže beseda v domačem jeziku in tri besede v jeziku, ki se ga uporabnik skuša naučiti. Dve besedi od treh tujih sta naključno izbrani, tretja pa je pravilni odgovor.

V primeru pravilnega odgovora se uporabniku pokaže naslednja beseda in trije novi odgovori. Tako uporabnik nadaljuje z učenjem. Če uporabnik izbere napačni odgovor, se na zaslonu pojavi pravilni prevod besede, tako da se ima uporabnik možnost naučiti besedo. Ko si uporabnik ogleda pravilni odgovor se igra ponastavi ter začne od začetka.

Na sliki [6.2] je glavni zaslon aplikacije s tremi možnimi odgovori.

Ena izmed glavnih zahtev igre je izpis različnih pisav in posebnih znakov. Poleg prikazane verzije nemščina-angleščina, je bila aplikacija razvita tudi z idejo učenja jezikov, ki ne uporabljajo latinice. Slika [6.1] prikazuje primer učenja Korejščine. Aplikacije mora biti sposobna izrisovati velik nabor različnih abeced.

Slika 6.1: Primer delovanja Korejske verzije na namiznem računalniku

Slika 6.2: Primer delovanja Nemške verzije na mobilni napravi

Aplikacija je bila zamišljena kot mobilna aplikacijam za platformi iOS in Android, vendar kot smo že opisali je zelo uporabno imeti način razvoja na namiznem računalniku. Zaradi tega smo se odločili za metodo PlayN.

6.1.2 Uporabljena metoda

Izmed vseh obravnavanih metod se nam je zdela najbolj primerna metoda PlayN. Razlogi za izbiro PlayN so naslednji:

- PlayN je odprtokoden projekt. V primeru težav lahko pogledamo v izvorno kodo projekta in po potrebi nedelovanje spremenimo.
- Licenca, ki jo PlayN uporablja, ni omejujoča in v primerjavi z nekaterimi plačljivimi metodami, ne zahteva nobenega plačila pred uporabo. To velja tudi, če bi aplikacijo namenili komercialnim namenom.
- PlayN je še vedno v aktivnem razvoju, razvijalci pa so odzivni na listi za elektronsko pošto.
- Orodje PlayN omogoča preprosto podporo dodajanju lastnih pisav, kar je ključnega pomena za podporo jezikom, kot je Korejščina.
- Število platform, ki jih PlayN podpira, zadošča potrebam aplikacije.
- PlayN omogoča uporabo vročega izmenjevanja kode, kar zelo pohitri razvoj aplikacije.
- Poleg samega ogrodja PlayN je na voljo tudi precej vtičnikov, ki so jih napravili uporabniki. Tak primer je vtičnik Tripleplay, ki je v aplikaciji uporabljen za prikaz menijev.
- Dokumentacija je dobro napisana in razumljiva.

Izbira je potekala med PlayN in podobno knjižnico LibGDX. Na koncu smo se odločili za PlayN zaradi lažje uporabe lastnih pisav v aplikaciji. O uporabi plačljivih rešitev nismo razmišljali.

6.1.3 Opis metode

Projekt z uporabo pogona PlayN sestavlja več imenikov. Glavni imenik se imenuje *core* in vsebuje logiko celotne aplikacije. Izvorna koda, ki se nahaja v tem imeniku, definira kaj se bo na zaslonu prikazalo ter kako se aplikacija odziva na vnose uporabnikov.

Imenik *assets* služi kot imenik vseh sredstev, ki jih aplikacija potrebuje za delovanje. V imeniku se nahaja vsa grafika, ki je v uporabi v igri, in vse zvočne datoteke.

Ostali imeniki so namenjeni posameznim platformam. Imenik *java* vsebuje preprost program, ki odpre okno in nastavi grafično okolje. Ko je okno pripravljeno pokliče glavno metodo imenika *core* in aplikacija se začne izvajati. Slično delujeta tudi imenika *android* in *ios*, vsak za svojo platformo. Oba definirata vse potrebno za zagon na sistemih Android in iOS in nato pokličeta metoda iz imenika *core*.

6.1.4 Prednosti izbora metode

Izbrana metoda nam je pomagala izpolniti vse zastavljene cilje. Brez truda smo aplikacijo razvijali na miznem računalniku in po potrebi preizkusili delovanje na Android napravi. Vmesnik API je razumljiv in krivulja učenja ni bila strma.

6.1.5 Slabosti izbora metode

Težave smo imeli pri testiranju verzije za iOS naprave. Kljub izčrpni dokumentaciji smo naleteli na probleme, ki smo jih rešili samo s pomočjo odgovora na elektronski listi.

Nekaj težav je povzročil tudi prehod na novo verzijo (1.6 in 1.7), ki se je zgodil med samim razvojem. Nova verzija je malce predrugačila način dela s sredstvi tako da smo naš projekt morali ročno popravljati.

6.2 Unity3D

Testna aplikacija je preprosta igra 4 v vrsto postavljena v treh dimenzijah. Ideja aplikacije je skozi preprosto igro izboljšati uporabnikovo orientacijo v 3D prostoru. Za razliko od standardne igre 4 v vrsto, kjer so zmagovalne kombinacije omejene v vodoravni, navpični in horizontalni smeri, imamo v 3D verziji veliko več možnosti. Poleg osnovnih smeri lahko zmagovalno kombinacijo zgradimo tudi v globino, kar odpre obilico novih kombinacij.

6.2.1 Uporabljena metoda

Za razvoj smo se odločili za orodje Unity. Unity za razliko od ostalih metod, ki smo se jih ogledali, Unity vključuje svoj urejevalnik. Urejevalnik nam omogoča grajenje objektov, postavitev kamere in določitev luči. Za postavitev objektov v 3D prostor se uporablja okno z ortografsko ali perspektivno projekcijo ter različnimi možnimi pogledi.

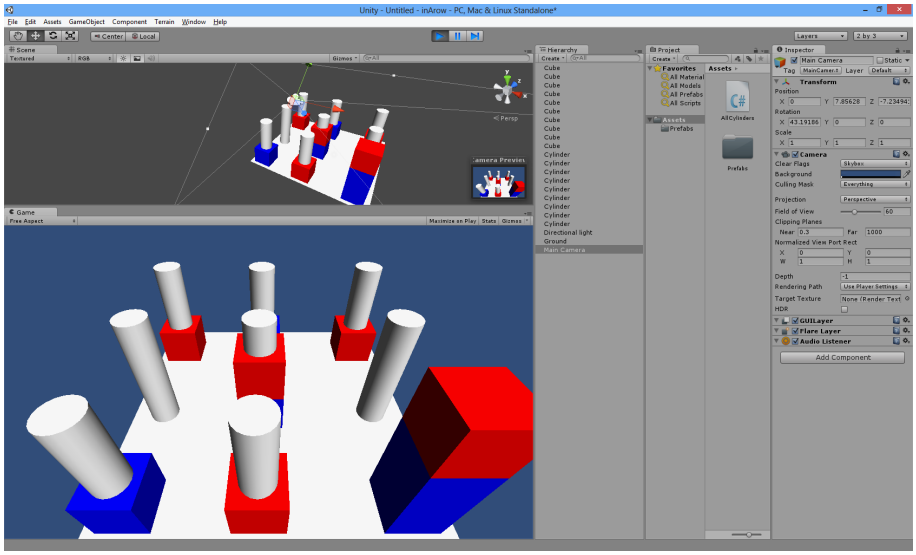
S pomočjo uporabniškega vmesnika določimo pozicije objektov, materiale in druge lastnosti. Za logiko, obnašanje in odziv na uporabniški vhod pa vsakemu objektu lahko dodelimo tudi skriptno datoteko. V tej skriptni datoteki v enem od podprtih programskih jezikih (C#, JavaScript, ??) določimo kako se bo objekt odzival na uporabniški vhod in določimo kako se bo obnašal v času, ko je viden na zaslonu.

6.2.2 Prednosti metode

Unity urejevalnik nam je omočil zelo hiter razvoj aplikacije, saj je bilo ustvarjanje osnovnih oblik in postavitev le teh v prostor, zelo preprosto. Pisanje skriptnih datotek za obnašanje in logiko aplikacije je bilo tudi preprosto.

6.2.3 Slabosti metode

Problem uporabe orodja Unity je učna krivulja. Za razliko od večine ostalih metod, se moramo poleg vmesnika API naučiti tudi dela s priloženim



Slika 6.3: Razvoj grafično intenzivne aplikacije v okolju Unity.

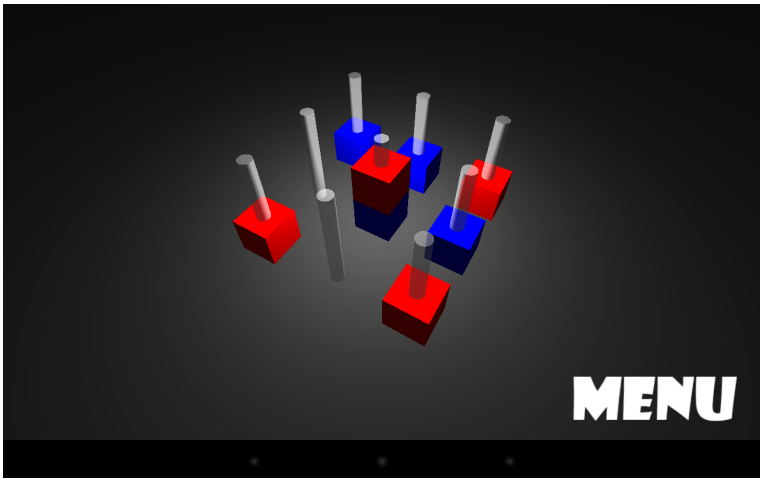
urejevalnikom. Sicer je urejevalnik preprost za uporabo, vendar učenje vseh potrebnih operacij vzame precej časa.

Druga slabost metode je v zaprtost sistema. Če tekom razvoja aplikacije naletimo na omejitev orodja nimamo dostopa do izvorne kode, kjer bi to omejitev lahko odpravili. Orodje je sicer na voljo brezplačno, vendar moramo za uporabo naprednih funkcij plačati za licenco. Aplikacije razvite z brezplačno verzijo programa imajo na vseh platformah pred zagonom zaslon z napisom Unity.

Na sliki [6.3] je vidno kako poteka razvoj v okolju Unity.

Slika 6.4 prikazuje delovanje aplikacije na mobilni platformi Nexus 7.

6.3 Primer C++



Slika 6.4: Končana Unity aplikacija izvožena na mobilno platformo.

Poglavje 7

Sklepne ugotovitve

Sklep.

Literatura

[1] Canvas Element W3C Dostopno na:
http://www.w3.org/wiki/HTML/Elements/canvas

[2] WebGL - Khronos Goup Dostopno na:
http://www.khronos.org/webgl/

[3] libGDX Dostopno na:
http://libgdx.badlogicgames.com/

[4] V8-gl izvorna koda Dostopno na:
https://github.com/philogb/v8-gl

[5] LeechyJS Dostopno na:
http://martens.ms/lycheeJS/

[6] Unity Dostopno na:
http://unity3d.com/

[7] Parse Dostopno na:
https://www.parse.com/

[8] PlayN Dostopno na:
http://code.google.com/p/playn/

[9] Rasperry Pi Dostopno na:
http://www.raspberrypi.org/

[10] Adobe Flash Dostopno na:
http://www.adobe.com/products/flash.html

[11] CUDA Dostopno na:
https://developer.nvidia.com/what-cuda

[12] CUDA na mobilnih napravah Dostopno na:
http://blogs.nvidia.com/blog/2013/07/24/kepler-to-mobile/

[13] OpenCL Dostopno na:
http://www.khronos.org/opencl/

[14] AccelerEyes Dostopno na:
http://www.accelereyes.com/products/mobile