A white rectangular object with black text

AI-generated content may be incorrect.

**ČAS ZA OBRAČUN**

Strokovno poročilo za 4. predmet poklicne mature

Mentorica: Nataša Makarovič Avtor: Klemen Skok, R 4. A

Moravče, april 2025

Zahvala

Povzetek

V strokovnem poročilu je predstavljen razvoj večigralske 2D videoigre, ki deluje po principu odjemalec-strežnik. Igra se odvija hitro, potrebno je sodelovanje igralcev v ekipi in strategija. Najprej so predstavljena orodja in tehnologije, ki so bile uporabljene pri razvoju. Sledi opis načrtovanja projekta, nato pa še podrobnejši opis načina komunikacije med napravami, skupnimi funkcionalnostmi, strani odjemalca in strani strežnika. Na koncu so predstavljene še težave, s katerimi sem se soočil med samim razvojem ter nova znanja in izkušnje, ki sem jih prodobil tekom razvoja.

**Ključne besede:** C++, SDL2, večigralska videoigra, strežnik, UDP

Abstract

...

**Keywords:** C++, SDL2, multiplayer videogame, server, UDP

Kazalo vsebine

[1. Uvod 7](#_Toc195449999)

[2. Orodja in knjižnice 7](#_Toc195450000)

[2.1 Programski jezik C++ 7](#_Toc195450001)

[2.2 SDL2 7](#_Toc195450002)

[2.3 spdlog 8](#_Toc195450003)

[2.4 TinyXML-2 8](#_Toc195450004)

[2.5 XML 8](#_Toc195450005)

[2.6 Program Tiled 8](#_Toc195450006)

[2.7 CMake 9](#_Toc195450007)

[3. Načrtovanje sistema 9](#_Toc195450008)

[3.1 Cilji projekta 9](#_Toc195450009)

[3.2 Potek razvoja 9](#_Toc195450010)

[4. Struktura in implementacija igre 10](#_Toc195450011)

[4.1 Osnovni koncepti 10](#_Toc195450012)

[4.1.1 Tipi objektov v igri 10](#_Toc195450013)

[4.1.2 Potek igre 11](#_Toc195450014)

[4.1.3 Mrežni sistem 12](#_Toc195450015)

[4.1.4 XML struktura zemljevida 12](#_Toc195450016)

[4.1.5 Komunikacijski protokol 13](#_Toc195450017)

Draft:

* Povzetek
* Abstract
* Kazalo slik
* Uvod
* Orodja in knjižnice
  + Programski jezik C++
  + SDL2
    - Core
    - Net
    - Image
    - Ttf
  + Spdlog
  + Tinyxml2
  + Jezik XML za shranjevanje podatkov
  + Aplikacija Tiled (načrtovanje mape), generiranje koordinat iz .tiled datoteke
* Struktura programa
  + Splošna arhitektura
  + Strežnik
    - Struktura strežnika
    - Identifikacija uporabnikov/odjemalcev
    - Način komunikacije (oblike paketkov ipd.)
    - Glavna zanka, razdelitev na sessione
  + Odjemalec
    - Struktura odjemalca
    - Povezava s strežnikom
    - Zagotavljanje povezave
    - Zagotavljanje odzivnosti igre, predstavitev interpolation-a
    - Prekinitev povezave
* Težave in ugotovitve
* Zaključek
* Viri
* Izjava o avtorstvu

Kazalo gradiva

...

# Uvod

Moj maturitetni izdelek...

# Orodja in knjižnice

## Programski jezik C++

Programski jezik C++ je visokonivojski programski jezik, ki je bil razvit v 80. letih kot razširitev jezika C. Omogoča tako objektno kot tudi proceduralno programiranje. Znan je predvsem po hitrosti izvajanja, nadzoru nad programsko opremo in učinkovitosti.

Jezik podpira koncepte, kot so razredi, dedovanje, polimorfizem, šablone (ang. “templates”) in delo s pomnilnikom z uporabo kazalcev. Poleg tega ima standardno knjižnico (STL), ki ponuja širok nabor podatkovnih struktur in algoritmov. Za vsem tem pa stoji podrobna dokumentacija, ki vsebuje vse potrebne podatke za razvijalce.

## SDL2

SDL2 je odprtokodna knjižnica, ki je namenjena razvoju iger in odprtokodnih aplikacij v jeziku C oz. C++. Razvijalcem omogoča, da na enostaven način dostopajo do različnih vrst strojne opreme, kot so miška, tipkovnica, grafična kartica in podobno. Omogoča naprednejše funkcionalnosti, kot so rokovanje z dogodki, upravljanje z okni, predvajanje zvoka in uporaba širšega nabora vhodnih naprav (igralni ploščki ipd.).

Polega osnovne knjižnice obstajajo še uradne podknjižnice, ki razširjajo njeno funkcionalnost. Nekatere od teh so SDL2\_image, ki se uporablja za prikazovanje slik v različnih formatih, SDL2\_net za omrežno komunikacijo in SDL2\_ttf za uporabo poljubnih TrueType pisav v oknu.

## spdlog

Spdlog je odprtokodna knjižnica za C++, ki se uporablja za beleženje izvajanja programa (ang. logging). Omogoča izpisovanje ličnih sporočil o delovanju programa v konzolo, datoteko ali druge izhode. Knjižnica je zelo zmogljiva in enostavna za uporabo, saj lahko beleženje nastavimo že z nekaj vrsticami. Podpira več nivojev beleženja, na primer *info*, *warn*, *error*, *debug* in *trace*. To razvijalcem olajša sámo razvijanje programa in iskanje napak v izvajanju.

## TinyXML-2

TinyXML-2 je preprosta in hitra knjižnica za delo z XML datotekami. Omogoča učinkovito razčlenjevanje XML datotek, upravljanje z njimi in manipulacijo podatkov, ki jih vsebujejo.

Knjižnica uporablja objektni model dokumenta (ang. Document Object Model – DOM), kar pomeni, da XML datoteko razčleni v C++ objekte, katere lahko razvijalec spreminja, dodaja ali briše, in jih potem po potrebi shrani nazaj v datoteko.

## XML

XML (“eXtensible Markup Language”) je označevalni jezik in datotečni format za shranjevanje in prenos podatkov v obliki, ki je razumljiva tako ljudem, kot tudi računalnikom.

Podatki so organizirani v drevesni strukturi z elementi (oz. značkami) oblike “*<ime></ime>”*. Značke lahko vsebujejo atribute za dodatne informacije o posamezni znački, znotraj njih pa lahko tudi gnezdimo ostale značke. Imena značk niso vnaprej določena, pač pa jih avtor dokumenta smiselno poimenuje sam.

## Program Tiled

Tiled je brezplačen in odprtokoden program za oblikovanje nivojev za 2D igre, ki temeljijo na zgradbi iz plošč (angl. “tiles”). Omogoča vizualno oblikovanje nivojev z uporabo različnih orodij in razdelitev na plasti. Projekt lahko izvozimo v različnih datotečnih formatih, med drugimi tudi v XML, kar omogoča enostavno prebiranje podatkov o našem nivoju. Program je priljubljen med samostojnimi razvijalci videoiger, saj omogoča enostavno integracijo v igralne pogone in ostale oblike projektov.

## CMake

CMake je zmogljiv sistem za generiranje gradbenih (angl. “build”) sistemov, namenjenih prevajanju programske opreme, napisane v jezikih C in C++. Omogoča enostavno vključitev zunanjih knjižnic, upravljanje nastavitev gradnje ter podpira kompleksne projekte, hkrati pa je neodvisen od operacijskega sistema in prevajalnika. Namesto neposrednega prevajanja kode CMake ustvari ustrezne datoteke za orodja, kot sta Make ali Ninja, ki nato poskrbita za dejansko prevajanje. Pri ponovnem prevajanju CMake prevede le tiste datoteke, ki so bile spremenjene, kar lahko bistveno skrajša čas prevajanja.

# Načrtovanje sistema

## Cilji projekta

Glavni cilj tega izdelka je bil ustvariti zabavno 2D igro za več igralcev, ki temelji na arhitekturi odjemalec-strežnik (angl. “client-server”). Za komukacijo s strežnikom poskrbi protokol UDP, ki omogoča hiter, a nezanesljiv prenos podatkov po omrežju.

Sama igra deluje po principu igre “ujemi zastavico” (angl. “Capture the Flag”). 4 igralci so postavljeni v areno in razdeljeni v dve ekipi. Cilj igre je, da ena izmed ekip zastavico prinese na svojo stran igralnega polja. Igro popestrijo ovire, ki so bolj ali manj vidne. Polega tega pa se lahko igralci med seboj obmetavajo s predmeti in tako preprečijo nasprotni ekipi hiter napredek. Igra se odvija hitro, potrebno pa je veliko ekipnega dela in strategije.

## Potek razvoja

Igre sem se najprej lotil brez računalnika. Kot prve so nastale skice strežniške arhitekture, poteka povezovanja na strežnik in komunikacijskega protokola. Sledilo je testiranje orodij ter knjižnic, priprava razvojnega okolja, konfiguracije CMake in ostalih orodij, ki sem jih uporabil za razhroščevanje in prevajanje programa.

Pisanje kode sem začel na strani strežnika. Definiral sem glavno zanko in implementiral komunikacijo prek omrežja. Povezani igralci so bili razvrščeni v seje.

Ko je bila narejena podlaga na strani strežnika, sem lahko začel z razvijanjem aplikacije za odjemalce. Pri zgradbi programa sem se zgledoval po strežniku. Ko so se igralci lahko povezali na strežnik, se premikali ter lahko videli ostale igralce, sem lahko na tej podlagi zgradil celotno igro.

# Struktura in implementacija igre

## Osnovni koncepti

V tem podpoglavju so predstavljeni koncepti, ki se jih držijo tako odjemalci kot strežnik, in so ključni za delovanje celotnega sistema.

### Tipi objektov v igri

Igra vsebuje več različnih objektov, od katerih vsak po svoje vpliva na igralno izkušnjo. Razdeljeni so v dve skupini, in sicer objekte, ki se lahko premikajo in objekte, ki so zgolj del mape in ves čas stojijo na mestu.

Premični objekti

**Igralec** je verjetno najpomembnejši tovrstni objekt. Je osnovna enota v igri, ki jo upravlja igralec. Ima naslednje lastnosti:

* Položaj (x, y) in smer pogleda.
* Hitrost premikanja, ki se lahko spreminja glede na površino
* Možnost pobiranja zastave. Nošenje zastave ga upočasni in tako naredi bolj ranljivega. Zastavo je mogoče tudi izpustiti.
* Življenjske točke oziroma “stopnja telesne drže” (angl. “posture”). Zmanjša se, če je igralec zadet z izstrelkom. Ko pade na 0, se igralec težje premika odkler se vrednost čez nekaj sekund ne poveča. Če nosi zastavo, jo izpusti.

Vse igralce strežnik označi z identifikacijsko številko (ID), številko seje in ekipo. Igralec lahko pripada rdeči ali modri ekipi, kar je tudi vidno v igri.

[slika igralcev obeh ekip]

**Izstrelki** so objekti, ki jih igralci lahko mečejo v igralce nasprotne ekipe z namenom, da jih upočasnijo oziroma jim onemogočijo nošnjo zastave. Izstrelki imajo naslednje lastnosti:

* Začetni položaj in smer gibanja
* Hitrost in največjo razdaljo, ki jo lahko prepotujejo. Ko je ta presežena, izstrelek izgine.
* Učinek – če zadanejo igralce nasprotne ekipe, mu zmanjšajo življenjske točke.
* Ob trku z oviro se uničijo

[slika izstrelkov obeh ekip]

**Zastava** se ob začetku igre nahaja na sredini igralnega polje, med obema ekipama. Igralci jo lahko poberejo ali izpustijo. Zastava sama po sebi ne vsebuje nobene logike. Njen položaj se ne spreminja oziroma sledi položaju igralca, ki jo nosi.

[slika zastave]

Statični objekti

**Ovire** (angl. Barriers) so objekti, ki služijo kot fizična ovira za igralce in izstrelke. Uporabljeni so lahko v več oblikah:

* Kot stene, ki določajo igralno površino,
* samostojni objekti, ki oblikujejo notranjost igralne površine,
* ali pa kot dekoracija.

[slike sten, škatle, kavča]

**Pasti** so posebna vrsta površin, ki igralcu ne preprečujejo premikanja, pač pa na premikanje vplivajo na različne načine:

* *Lepljive pasti*, ki igralca upočasnijo.
* *Spolzke pasti*, ki igralcu odvzamejo nadzor nad premikanjem tako, da zmanjšajo trenje in tako povzročijo drsenje.

Igralcu so manj vidne, zato lahko delujejo kot element presenečenja.

[slika obeh pasti]

### Potek igre

Ko je v sejo dodan prvi igralec, se začne stanje čakanja na igralce. V tej fazi se igralci lahko prosto premikajo in raziskujejo igralno površino. Ko se poveže četrti igralec se čakanje zaključi in začne se štirisekundno odštevanje do začetka runde. Igralci se teleportirajo na začetne položaje. Premikanje je onemogočeno. Ko se runda začne, se igralci lahko premikajo, pobirajo razstavo in streljajo izstrelke. Runda se konča, ko je zastava s svojo celotno površino na eni izmed baz. Rundo dobi ekipa, ki je zastav prinesla do svoje baze. Sledi trisekundni odmor, v katerem se na zaslonu izpiše zmagovalec runde. Zatem se začne ponovno odštevanje do naslednje runde.

Zmaga ekipa, ki v petih rundah doseže največ zmag.

[slika – primerjava, ko je zastava cela v bazi vs. ko ni]

### Mrežni sistem

Namesto, da bi bili deli mape shranjeni shranjeni zgolj v navadnem seznamu, sem se odločil za pristop z mrežnim sistemom. Gre za mrežo plošč, ki si jo lahko predstavljamo kot poenostavljen koordinatni sistem, v katerem vsaka plošča zavzema eno enoto. Vsaka plošča vsebuje seznam objektov, ki se je dotikajo.

Pri dodajanju objekta v mrežo je kazalec nanj shranjen v vseh ploščah, ki se jih objekt dotika oziroma si z njim deli koordinate. Večji objekti se lahko razpostirajo čez več plošč.

[slika kode, ki preračuna položaj ovire in jo doda v sistem]

Ta pristop sem izbral predvsem zaradi potrebe po preverjanju trkov med premikajočimi se objekti in deli mape (stene, ovire ipd.). Namesto, da bi za vsak objekt preverjal trke z vsemi elementi na mapi, program izračuna približno lokacijo objekta na igralnem polju in preveri le trke s tistimi elementi, ki so v njegovi bližini. Ta način lahko znatno zmanjša število nepotrebnih preverjanj in prispeva k optimizaciji programa. Slednja je posebej pomembna na strežniku, saj ta upravlja več iger hkrati.

### XML struktura zemljevida

Zemljevid igralne površine sem izdelal v programu Tiled. Najprej sem določil obliko tlorisa s stenami, potem pa sem prazen prostor popestril z raznimi ovirami, kot so stebri, škatle in kavči. Kasneje sem dodal še pasti.

[slika rezultata v programu Tiled]

Do podatkov o položajih objektov sem lahko enostavno dostopal prek projektne datoteke programa Tiled. Podatke sem nato pretvoril v svoj XML format in jih nato uporabil v programu.

[primer zapisa ovire v mojem XML formatu]

Podatki o celotni mapi so shranjeni v XML datoteki “map\_data.xml”. Podatki so razdeljeni v več skupin glede na funkcijo objekta:

* *<barriers>* - podatki o vseh ovirah. Vsaka ovira vsebuje podatke o položaju in dimenzijah. Na strani odjemalca je dodana še številka strukture, ki določa, kako je dana ovira prikazana na zaslonu.
* *<floor>* - program na strani odjemalca mora igralnemu polju prikazati tudi tla. Ta so prikazana s pomočjo ene majhne slike, kise ponavlja, dokler ni zapolnjena celotna površina tal. Delo sem si olajšal tako, da sem celotno igralno površino razdelil na nekaj večjih prostorov, ki jih potem program zapolni z vzorcem. Tukaj so shranjeni podatki o teh prostorih.
* *<sites>* - podatki o bazah obeh skupin. Vsaka baza vsebuje položaj, dimenzije in številko ekipe (1 ali 2)
* *<traps>* - podatki o pasteh. Vsaka past vsebuje položaj, dimenzije, številko teksture (samo za odjemalce) in vrsto pasti.

Prednost shranjevanja strukture zemljevida v zunanji datoteki je, da ob spremembah ni potrebno ponovno prevesti programa. To omogoča hitre popravke in dodajanje novih elementov zemljevida po potrebi.

[okvirna struktura datoteke map\_data.xml]

Ob zagonu program prebere to datoteko in s pomočjo knjižnice TinyXML-2 iz nje pridobi vse potrebne podatke. Najprej so prebrane vse ovire, ki jih funkcija *parseBarrierNode* napolni s podatki. Nato so dodane v mrežni sistem. Na enak način so dodane tudi pasti. Sledita bazi obeh ekip, ki sta zaradi hitrega dostopa shranjeni posebej. Na koncu so pri odjemalci pridobijo še podatke, potrebne za risanje tal, ki so prav tako shranjeni ločeno od mrežnega sistema.

[slika dela funkcije, ki iz datoteke prebere ovire]

### Komunikacijski protokol

Za komunikacijo med odjemalci in strežnikom uporabljen omrežni protokol UDP, ker omogoča hiter prenos podatkov, kar je pomembno pri akcijskih igrah, kot je ta. S tem prinaša tudi slabosti, saj paketi lahko pridejo podvojeni, v napačnem vrstnem redu, ali pa sploh ne pridejo. Med načrtovanjem projekta je bilo potrebno paziti prav na to.

Zgradba omrežnega paketa

Vsak paket, ki je poslan v omrežje, ima natanko določeno zgradbo. Pri tem sem se zgledoval po delovanju zanesljivejšega protokola TCP, ki pakete označuje z zastavicami (angl. “flags”).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| HEX vrednost | Desetiška vrednost | Ime zastavice | Pomen |
| 0x01 | 1 | **X** | Ni v uporabi |
| 0x02 | 2 | **X** | Ni v uporabi |
| 0x04 | 4 | **X** | Ni v uporabi |
| 0x08 | 8 | **DATA** | Paket vsebuje podatke o igri |
| 0x10 | 16 | **KEEPALIVE** | Vzdrževanje povezave |
| 0x20 | 32 | **SYN** | Zahteva za vzpostavitev povezave |
| 0x40 | 64 | **FIN** | Zahteva za prekinitev povezave |
| 0x80 | 128 | **ACK** | Potrditev (angl. “acknowledge”) |

Paket je sestavljen iz bajtov (zlogov, angl. “Bytes”). Splošna zgradba paketa je sledeča:

1. Zastavice (1 bajt).
2. Številka seje, ki ji pripada igralec (1 bajt).
3. ID številka igralca (2 bajta).
4. Zaporedna številka paketa (4 bajti). Uporablja se za zaznavanje podvojenih paketov.
5. Tip paketa (1 bajt). Vsebuje informacijo o vsebini paketa.
6. Podatkovni del, ki ima različno velikost.

[slika zgradbe paketa]

Vrste paketov

Vrsta paketa prejemniku paketa pove, kako mora prebrati paket, da lahko iz njega izloči prave informacije. Vrste paketov so sledeče:

* PLAYER\_UPDATES – edina vrsta paketa, ki ga med izvajanjem seje pošilja odjemalec. Podaktovni del vsebuje stanja tipk, ki jih strežnik potrebuje za vodenje igre.
* PLAYERS\_IN\_RANGE – paket, ki ga strežnik pošlje odjemalcu. Podatkovni del vsebuje niz podatkov vseh igralcev, ki so trenutno v igri. Prvi v nizu so vedno podatki igralca, ki mu je paket namenjen.
* PROJECTILES\_IN\_RANGE – paket, ki ga strežnik pošlje odjemalcu. Vsebuje niz podatkov o vseh aktivnih izstrelkih.
* GAME\_STATE – paket, ki ga strežnik pošlje odjemalcu. Vsebuje podatek o trenutni fazi igre, trenutnem rezulatu in času, ki je minil od začetka trenutne faze.
* FLAG\_STATE – paket, ki ga strežnik pošlje odjemalcu. Vsebuje položaj zastave in ID številko igralca, ki jo nosi (0, če trenutno ni nošena).

[slika enum-a PacketType]

Povezovanje in seja

Povezavo med odjemalcem in strežnikom mora vedno začeti odjemalec z zahtevo za vzpostavitev povezave. To stori tako, da pošlje 1 bajt (zastavice) s prižgano zastavico SYN na naslov strežnika. Naslov strežnika je poznan, oziroma mu ga ročno določi uporabnik. Strežnik si igralca zapomni in se, če je mogoče dodati novega igralca, odzove z zastavicama SYN in ACK ter pripadajočo številko seje in številko igralca. V nasprotnem primeru odgovori s praznim sporočilom (1 bajt, vse zastavice imajo vrednost 0), ki pomeni zavrnitev povezave.

Ko hoče odjemalec prekiniti povezavo, strežniku pošlje prižgano zastavico FIN skupaj s svojo ID številko in števiko seje. Strežnik odgovori z zastavicama FIN in ACK ter igralca odstrani iz igre.

Izmenjava podatkov

Strežnik nadzoruje potek igre in določa veljavne položaje vseh objektov in igralcev na polju. Odjemalci strežniku pošiljajo svoja dejanja (stanja tipk za premikanje, interakcijo za zastavo in usmerjenost), strežnik pa te podatke preveri, izvede logiko igre (premikanje glede na stanja tipk, trke, interakcije z zastavo, sproža izstrelke ipd.) in nato vsem igralcem pošlje posodobljeno stanje.

Nezanesljivost protokola UDP je med izvajanjem seje rešena s tako, da strežnik podatke o stanju igre pošilja periodično, in sicer približno vsakih 32 milisekund oziroma s frekvenco 30 Hz. To je dovolj za gladko izkušnjo pri igranju, hkrati pa z relativno nizko frekvenco pošiljanja razbremeni strežnik.

## Implementacija strežnika