

IMPLEMENTACIJA A* ALGORITMA ZA PRAĆENJE KRETANJA IGRAČA OD STRANE PROTIVNIKA NA PRIMERU ROGUELIKE 2D VIDEO IGRE**IMPLEMENTATION OF THE A* MOTION TRACKING OF THE PLAYER BY THE ENEMIES ON AN EXAMPLE OF A ROGUELIKE 2D VIDEO GAME**

Nikola Milinković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA

Kratak sadržaj – *Zadatak ovog rada jeste razvijanje roguelike računarske igre, gde su prvobitno istražene osnovne karakteristike ovog žanra, a potom je definisan grafički stil video igre. Definisan je razvoj i funkcionisanje A* algoritma za praćenje kretanja kroz razne medije i primere, nakon čega je taj isti algoritam implementiran u prethodno spomenutoj video igri. Predstavljani su problemi karakteristični za ovaj format implementacije, predstavljena je metodologija rešavanja tih istih problema i saveti za izbegavanje istih. Kao rezultat, dobijena je apsolutno funkcionalna video igra koja odgovara odabranom stilu sa besprekornim A* algoritmom za praćenje kretanja.*

Ključne reči: *Razvoj video igre, dizajn, praćenje kretanja, algoritmi, A**

Abstract – *The task of this work is to develop a 2D roguelike computer game, where the basic characteristics of the genre were initially explored, and then the graphic style of the video game was defined. The development and functioning of the A* algorithm for motion tracking through various media and examples was explained, after which the same algorithm was implemented in the previously mentioned video game. The problems characteristic for this implementation format are presented and the methodology for solving those same problems and tips for avoiding them are defined. As a result, an absolutely functional video game corresponding to the chosen style with flawless A* motion tracking algorithm was obtained.*

Keywords: *Video game development, design, motion tracking, algorithms, A**

1. UVOD

Igra koja je kreirana za ovaj master rad nazvana je Dungeon Crawl, top-down (karakter može da se kreće po xy osama, i gore-dole, i levo-desno) 2D roguelike video igra, nastala po ugledu na najpoznatije naslove današnjice, ali i sa inspiracijom i uticajem drugih žanrova. Igra je prvenstveno implementirana za pokretanje na računarima, ali se uz manje promene može adaptirati i na druge uređaje koji su daleko češće prisutniji, kao što su mobilni telefoni ili tableti.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Generacijski, igra bi trebala da privlači mlađe generacije, kako tempo igre i težine, kao i pravila koja definišu roguelike žanr, čine igru vrlo brzom, nemilosrdnom, pa možda i teškom.

Priča ove igre je jednostavna. Kako igre roguelike žanra retko imaju priču razvijenu na visokom nivou, a njihova suština se nalazi u implementacijama zanimljivih efekata, sposobnosti karaktera, proceduralnosti i sličnom, sličan pristup je ispraćen i u ovoj igri.

Po pokretanju igre, glavni karakter se nalazi u manjoj prostoriji sa okruženjem koje podseća na tamnicu. U istoj prostoriji, glavni karakter nailazi na osobu sa maskom koja mu ukratko govori gde se nalazi i koja je njegova misija, potvrđuje pretpostavku da se glavni karakter nalazi u tamnici, da je tu zarobljen, i da mora se izboriti sa nizom protivnika koji ga sprečavaju od izbegništva. Karakter istraživanjem prostorije vidi da postoji samo jedan izlaz iz ove prostorije, kroz veliku kapiju.

Prolaskom kroz navedenu kapiju, počinje dramatična muzika i pojavljuju se protivnici koji napadaju igrača, da li udarajući ga iz blizine ili pucajući iz oružja koje protivnici imaju. Nakon što se karakter izbori sa protivnicima, dobija opciju kuda želi dalje da ide, iako ne zna gde ga tamnica i putevi vode. Može naići na lavirinte, nove protivnike, kovčege sa blagom koje će karakteru dati nove sposobnosti i oružja, ili može naići na boss protivnika, glavnog protivnika tog nivoa.

U zavisnosti od toga koju putanju odabere, karakter mora da preživi kako god zna i ume. Protivnici su stalno korak ispred njega, ali karakter dobija pomoć, pronalazeći kovčege u kojima dobija nazad životne poene, municiju, pa čak i nova oružja iznenađenja.

Po pobedi nad boss protivnikom, karakter se teleportuje nazad u početnu sobu, koja sada izgleda malo drugačije, ali ga opet dočekuje ona ista skrivena osoba. Komentariše kako karakter iz ove tamnice nikada neće pobeći.

Ovaj kratki rezime igre predstavlja glavni ciklus igre, gde karakter mora da preživi, boreći se kroz horde protivnika, i onda kada uspe da pobedi glavnog protivnika, to mora opet da uradi. Svaki put kada je boss ubijen, tamnica postaje progresivno teža. Tamnica dobija više soba, kovčezi su redi, protivnici imaju više životnih poena i rade više štete protivniku. Ideja je da je igru moguće pobediti, ali da zahteva trud, upornost i strpljenje.

U ovom tekstu biće prikazana metodologija rada pri izradi navedene video igre Dungeon Crawl, kao i implementacija algoritma za praćenje kretanja igrača od strane protivnika, A*.

2. ROGUELIKE ŽANR VIDEO IGARA

“Berlinsko tumačenje“ osnovano 2008. godine, definisalo je osam faktora visoke vrednosti za razlikovanje roguelike igara od drugih žanrova [1]:

1. Igra koristi proceduralno generisanje mape da bi povećala mogućnost ponovnog igranja igre, a kako igrač ne bi imao osećaj da ponovo igra identičan nivo;
2. Igra koristi permadeath momenat (kada lik umre, igrač mora da započne novu igru, gde se nivoi ponovo proceduralno generišu, stvarajući iluziju novog iskustva);
3. Tok igre je zasnovan na potezu i daje igraču onoliko vremena koliko je potrebno da donese odluku;
4. Ne postoje modovi, tako da svaka akcija treba da bude dostupna igraču bez obzira na to gde se nalazi u igri;
5. Igrač mora da koristi upravljanje resursima da bi preživeo. Predmeti koji pomažu u održavanju igrača, kao što su hrana i municija, su u ograničenoj količini;
6. Cilj da se pobedi veliki broj čudovišta, gde druge mirne opcije ne postoje;
7. Isti cilj u video igri je moguće postignuti na više različitih načina, visok stepen složenosti;
8. Igra zahteva od igrača da istraži mapu i otkrije svrhu neidentifikovanih predmeta.

3. KARAKTERI

U RPG i avanturističkim igrama, karakteri su često suština, jer se kroz njih igrači povezuju sa pričom i samom igrom. Kao nosioci priče, karakteri moraju biti autentični, jednostavni i usklađeni sa pričom i okruženjem. Kroz igru se prožima nekoliko karaktera, gde se najviše ističu glavni lik, njegov mentor i nekoliko varijacija na dva glavna boss protivnika. O njima će biti više priče u narednim poglavljima.

3.1 Glavni lik

Glavni karakter kog igrač upravlja se zove General Rocky (videti sliku 1.). Karakter se budi u tamnici i dobija zadatak da iz iste pobjegne. Ali pita se, da li se zapravo budi, ili je on ovde već bio (kako se cela igra stalno ponavlja u ciklusu). Svoju avanturu započinje samo sa pištoljem u pojasu, a kroz avanturu dobija nove resurse za svoje bekstvo.



Slika 1. Glavni karakter, General Rocky

3.2 Mentor

U ovoj igri, mentor predstavlja tajnovitog i pokrivenog maskom, karaktera zvanog Rob, the Thief (Rob, lopov, videti sliku 2.). Predstavljen je sa maskom preko glave, i glavni karakter ga sreće samo na početnim nivoima svakog ciklusa prolaska kroz tamnicu. Nosi tamne odore i miran je, stojeći sa strane i posmatrajući napredak igrača.

U osnovi, mentor prkosi igraču i izaziva ga da nastavi da se bori, gde mu u početku govori kako sigurno neće preživeti, jer to niko nikada nije uspeo da uradi. Pak, kako igrač napreduje, tako se i stav mentora menja, i on polako počinje da daje podstreh i korisne komentare igraču.



Slika 2. Mentor, Rob

3.3 Senka, glavni antagonist

U ovoj igri, senku, odnosno antagonistu, ne predstavlja jedan konkretan protivnik, već dva glavna boss protivnika koji se nalaze na kraju svakog ciklusa i okviru igre Dungeon Crawl. Postoje dva osnovna boss protivnika, a to su Skullhead i Slimeblock King (slika 3.).



Slika 3. Dva boss protivnika, Skullhead (levo) i Slimeblock King (desno)

Ova dva glavna protivnika šalju horde protivnika, kako bi zaustavili glavnog karaktera u njegovom bekstvu iz tamnice. U slučaju da dati protivnici ne pobjede igrača, oni izlaze iz svojih odaja i bore se protiv igrača. Imaju znatno više životnih poena od manjih protivnika, pa i od igrača, napadaju brže i jače, i kreću se brže.

4. A* ALGORITAM ZA PRAĆENJE KRETANJA KARAKTERA

Algoritam A* za određivanje najkraćeg puta između dva čvora grafa je jedan od fundamentalnih i najpopularnijih algoritama veštačke inteligencije. Algoritam je uopštenje Dajkstrinog algoritma i obično smanjuje broj čvorova grafa koje treba ispitati [2]. To smanjivanje je zasnovano na korišćenju heuristike, koja procenjuje donju granicu daljine do ciljnog čvora.

Kao i u Dajkstrinom algoritmu, čvorove koje tek treba obraditi, algoritam čuva u redu, sortiranom prema nekom kriterijumu. Za to vreme, čuvaju se lista otvorenih čvorova - čvorova koji su već posećeni ali nisu obrađeni svi njihovi susedi, kao i zatvorenih čvorova - čvorova koji

su posećeni i kojima su obrađeni svi njihovi susedi. Ključna razlika je u tome što Dajkstrin algoritam (kao „neinformisani algoritam“) uzima u obzir samo cenu od polaznog do tekućeg čvora, dok A* (kao „informisani algoritam“) koristi funkciju evaluacije f nad čvorovima grafa, definisanu na sledeći način (1):

$$f(x) = g(x) + h(x) \quad (1)$$

gde je $g(x)$ cena puta od polaznog čvora do čvora x , a $h(x)$ je procenjena (heuristička) cena najjeftinijeg puta od čvora x do ciljnog čvora. Dok se traži najkraći put, uvek se poznaje tekuća minimalna cena od polaznog čvora do čvora x (tj. tekuća vrednost za $g(x)$), ali se vrednost $h(x)$ može samo procenjivati. Da bi se obezbedila optimalnost A* pretrage, funkcija h mora da bude konzistentna, tj. da za bilo koja dva susedna čvora x i y važi (2):

$$h(x) \leq c(x, y) + h(y) \quad (2)$$

gde je $c(x, y)$ cena pridružena grani (x, y) . U nekim specijalnim slučajevima dovoljno je da funkcija h bude dopustiva, tj. da nikada ne precenjuje cenu stizanja do cilja. Svojsvo konzistentnosti ima za posledicu svojsvo dopustivosti. Dodatno, dopustive funkcije su često i konzistentne.

Algoritam A* ima prosečnu brzinu izvršavanja, gde vremenska složenost zavisi presudno od heuristike (eng. heuristic, metode i tehnike rešavanja problema, učenja i otkrivanja koji su bazirani na iskustvu). Vremenska složenost može u najgorem slučaju biti eksponencijalna u odnosu na dužinu najkraćeg puta (kako čuva sve testirane čvorove u svojoj memoriji), dok je polinomijalna, ako važi uslov (3):

$$|h(x) - h^*(x)| \leq O(\log h^*(x)) \quad (3)$$

, gde je h^* optimalna heuristika, tj. funkcija koja vraća tačnu cenu puta od čvora x do ciljnog čvora. Drugim rečima, greška funkcije h ne treba da raste brže od logaritma idealne heuristike.

4.1 Pseudo kod A* algoritma

U ovom poglavlju, ukratko je prikazan pseudo kod funkcionisanja A* algoritma. Ulazni parametri za ovaj algoritam su graf G , ulazni čvor Source, i ciljani čvor Goal. Izlaz, odnosno rešenje ovog algoritma treba da bude najkraći put od čvora Source, do čvora Goal u grafu G , naravno, ako postoji put između dva čvora.

Pseudo kod funkcioniše tako što je prvobitno zatvorena lista prazna. Dodaje se polazni čvor u otvorenu listu čvorova koje je potrebno razmotriti. Potom se izvršava petlja, u kojoj se bira novi čvor (takozvani “tekući čvor”) iz otvorene liste koji ima najmanju vrednost $f(n)$. Ako je ovaj čvor ciljani čvor, algoritam izveštava o uspehu, konstruiše putanju od početnog do krajnjeg čvora (idući unazad - od ciljanog do početnog) i zaustava izvršavanje. Ako čvor nije ciljani, onda se ispituju svi susedni čvorovi “tekućeg čvora” koji ne pripadaju zatvorenoj listi. Ti

susedni čvorovi se označavaju kao deca “tekućeg čvora” (hijerarhijska oznaka, jednostavnije vraćanje unazad algoritma), računaju se i pamte $f(m)$, $g(m)$ i $h(m)$ vrednosti. Proverava se i da li se ovaj susedni čvor nalazi na otvorenoj listi, te ako se nalazi, porede se trenutna putanja, i putanja preko datog susednog čvora (odnosno porede se njihove $g(m)$ vrednosti). Kada je “tekući čvor” (i njegovi susedi) ispitan, briše se iz otvorene liste i dodaje u zatvorenu (on ne treba više da se proverava).

Na kraju, ako je petlja završena i nije prijavljen uspeh (otvorena lista je prazna), onda ne postoji traženi put. U suprotnom, put je pronađen i on se konstruiše od dete-roditelj veza (ponovo, idući od ciljanog čvora do početnog, unazad).

4.2 Implementacija A* algoritma

A* algoritam je na primeru ove video igre, kao i većine drugih video igara, primenjen za svrhe praćenja karaktera igrača od strane protivnika. Pri igranju, oko igrača se u određenim vremenskim intervalima i po ulasku u nove prostorije pojavljuju protivnici različitih moći i dizajna, a njihova uloga je da životne poene igrača spuste na nulu. To čine tako što, ili se sudare sa njim, gde mu prave štetu, ili pucaju u njega iz pušaka, ako istu poseduju. U oba slučaja, neophodno je da protivnici poseduju jednostavan ali praktičan AI, te da prate karaktera po najoptimalnijoj putanji, kako bi štetu mogli da mu načine. Tu dolazi uloga A* algoritma za praćenje kretanja.

Prvenstveno, kako se A* algoritam zasniva na već konstruisanom grafu (ili u slučaju video igre, taj graf je nazvan ‘mapa’), neophodno je kreirati mapu po kojoj će algoritam moći da konstruiše puteve i prepoznaje koji deo mape može, a koji deo mape ne može da koristi. Za svrhe A* algoritma, definisani su lejeri (eng. layer - sloj) pri crtanju mapa. Lejeri se u svrhe konstruisanja mape, koriste pri podeli elemenata na sceni koji će služiti kao kolizija, za svrhe dekoracije, osnovnog izgleda tamnice, i tako dalje.



Slika 4. Izgled mape pri pokretanju igre (levo) i izgled Collision lejera (desno)

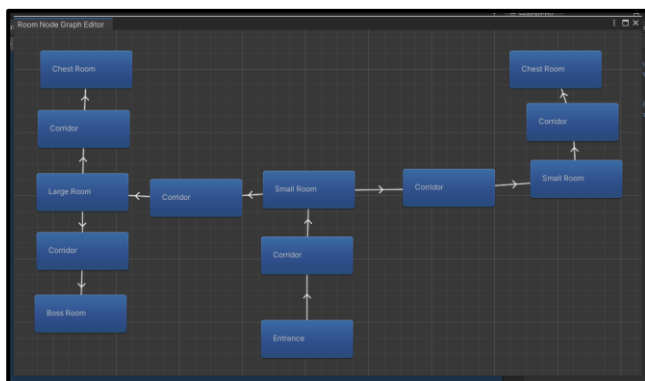
U slučaju implementacije algoritma, definisan je lejer pod nazivom Tilemap5_Collision, iscrtan upotrebom zelene i ljubičaste boje. Zelena boja predstavlja zonu na mapi kuda protivnik može da se kreće, dok ljubičasta zona predstavlja zonu kolizije, odnosno prepreke za protivnika koji treba da prati karaktera igrača. Na slici 4. jasno se vidi razlika između lejera, gde se levo vidi izgled mape koji igrač vidi, a desno lejer Collision koji služi A* algoritmu pri definisanju dela mape koji algoritam sme, odnosno ne sme da koristi pri pronalasku najoptimalnije putanje do igrača.

5. DIZAJN NIVOA

U trenutnom obliku, igra sadrži šest odvojenih nivoa. Nivoi su u suštini dizajnirani da funkcionišu po istoj formuli, ali sa određenim otežanjima. Glavna otežanja koje igrač može da primeti kako napreduje kroz igricu jesu manji broj kovčega, veći broj protivnika. Ti isti protivnici imaju daleko više životnih poena, što znači da su izdržljiviji, i prave daleko veću štetu igraču kada ga pogode svojim napadima, pa igrač mora da bude pažljiviji i snalažljiviji.

Nivoi u igri se proceduralno generišu, tako da će igrač retko imati priliku da vidi dva apsolutno identična rasporeda i izgleda tamnice. Proceduralno generisanje se zasniva na dve varijable: velikog broja različitih soba koje su u obliku Prefab elemenata u softveru sastavljene, i grafikona koji definišu koja soba će sledeća biti pozvana u nizu soba koje su predefinisane.

Postoji mogućnost kreiranja pojedinačnih nodova koji definišu koja soba će biti pozvana, potom postoji mogućnost povezivanje datih soba u smisljeni niz. Naravno, kako bi tamnica imala smisla, postavljena su ograničenja na povezivanje ovog grafikona, kao što su nemogućnost postavljanja dve sobe ili dva koridora jedan posle drugog, povezivanje maksimalno tri koridora sa jednom prostorijom, postojanje maksimalno jedne boss prostorije, i tako dalje (slika 5.).



Slika 5. Grafikon postavljanja soba i proceduralnog dizajniranja tamnice

Po pokretanju igre, pri konstruisanju tamnice, dolazi do instanciranja pojedinačnih soba, odabranih nasumično od strane algoritma, pri čemu može doći do ponavljanja jedno te iste prostorije dva ili tri puta, mada je šansa za to vrlo mala.

6. ZAKLJUČAK

Video igre su neminovno deo budućnosti. Sem njihove očigledne zabavne osobine, primena video igara u edukaciji, medicini, arhitekturi, građevini je već veoma primetna. Industrija video igara je svakako jedna od vodećih industrija današnjice po ukupnoj dobiti.

Ipak, većina video igara o kojima se danas priča su višemilionski projekti, na kojima radi više kompanija sa velikim brojem zaposlenih i glomaznom organizacijom. Market video igara je danas prezasićen projektima koji koštaju milione, ali ipak donose sličan ili isti produkt u odnosu na ono što je već ranije viđeno (Call of Duty, Battlefield, Civilization). Samim tim, kako su organizacije i takve firme i projekti veliki i skupi, igra isto

tako mora biti skupa i nepristupačna svim slojevima društva [3].

Softveri, odnosno game engine kao što su Unity, Unreal Engine, Godot, omogućavaju prosečnom novajliji, ili pak iskusnom timu pojedinaca koji vole video igre, a iste žele da kreiraju, da to i mogu. Indie video igre, odnosno video igre nezavisne produkcije bez uticaja i zahteva izdavača ili velikih konglomerata, dozvoljavaju tim istim pojedincima da pokažu nešto novo, da na taj prezasićen market uvedu nov ugao posmatranja na igre, nove ideje, kreativnost, a pak po veoma povoljnoj ceni. Odlični primeri baš takvih projekata su Hollow Knight, Vampire Survivors, Minecraft, i drugi, igre sa neverovatnim uspehom, koje su napravili samostalni pojedinci.

Sa takvom idejom je nastala i igra o kojoj se govori u ovom radu, Dungeon Crawl. Inspiracija za video igru je svakako došla iz drugih projekata sličnog oblika, kao što su Dead Cells, Enter the Gungeon, Katana Zero, ali opet, ideja ovakvih igara je da uvedu nešto novo, sa možda već poznatom formulom [4].

Jednostavan ciklus igre, sa brzim tempom, kreativnim protivnicima, napetošću i potrebom za solidnim i kreativnim planom čine Dungeon Crawl igrom koja ima pun potencijal u budućnosti, posebno u grupi igrača koji traže izazov i uzbudljivu i nezaboravnu avanturu.

7. LITERATURA

- [1] Berlinsko tumačenje roguelike žanra: https://web.archive.org/web/20150920054535/http://www.gamesetwatch.com/2009/12/column_play_the_berlin_interpr.php (datum pristupa 20.08.2022)
- [2] A* Search Algorithm: <http://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/AStarComparison.html> (datum pristupa: 30.08.2022)
- [3] Games with big budgets: <https://www.thegamer.com/most-expensive-games-ever-made/> (datum pristupa 20.08.2022)
- [4] Roguelike genre: <https://happymag.tv/best-roguelike-games/> (datum pristupa 20.08.2022)

Kratka biografija:



Nikola Milinković rođen je u Novom Sadu 1997. godine. Fakultet tehničkih nauka upisuje osnovne studije na studijskom programu Animacija u inženjerstvu. 2016. godine diplomira sa prosekom 8.55, nakon čega upisuje master studije na istom programu 2020. godine. Zapošljava se na departmanu za opšte discipline, uža naučna oblast Računarska grafika kao saradnik u nastavi u 2021. godini.
Kontakt:
nikolamilinkovic97@gmail.com