

The Lost Vaults: Uneasy Alliance

Operativsystem och multicoreprogrammering (1DT089) våren 2013
Slutrapport för grupp 4

Felix Färjsjö
(19911225-4678)

Jimmy Holm
(19870928-0138)

Fredrik Larsson
(19890422-0590)

Anna Nilsson
(19910804-0628)

Philip Åkerfeldt
(19920508-1335)

29 maj 2014
Version 1.0

Innehåll

1	Inledning	1
2	Systemarkitektur	1
2.1	Design	1
2.2	Klient	2
2.2.1	Klassmodell	3
2.3	Server	3
2.3.1	Aktörmodell	4
2.3.2	Klassmodell	5
3	Utvecklingsverktyg	6
4	Implementation	7
4.1	Programspråk	7
4.2	Algoritmer	7
4.3	Datastrukturer	9
4.4	Concurrency	9
5	Slutsatser	9
6	Appendix	10
6.1	Använda externa bibliotek	10
6.2	Tillgänglighet	11
6.3	Kompilering	11
6.4	Körning	12

Figurer

1	Klientens användargränssnitt.	2
2	Klientens klassmodell.	3
3	Figur över förhållandet mellan ConMan och Player.	3
4	Modell över de olika aktörernas sammanhang.	5
5	Modell över serverns klassstruktur	6

1 Inledning

Att spela spel över internet har blivit en del av vår kultur som antagligen aldrig kommer försvinna. Det är ett sätt att umgås och samarbeta, ofta med människor man aldrig har mött. På många platser i världen är gigantiska servrar igång dygnet runt för att hantera förfrågningar från miljontals användare, och tusentals programmerare gör sitt bästa för att ge människor en så bra användarupplevelse som möjligt. För att detta ska vara möjligt krävs mycket av serverprogrammen. Servrarna ska kunna hantera massvis av förfrågningar med låg fördröjning, samtidigt som de måste koordinera händelser så att det som en användare gör också ska påverka dem i anslutning till den. Serverprogrammen ska också vara finkornigt modulariserade för att möjliggöra parallellutveckling av programmen på ett fungerande sätt.

Vi kände att komplexiteten av att göra ett multiplayer onlinespel var något som utmanade och intresserade oss, då det gav upphov till intressanta problem som kunde lösas med hjälp av concurrency. Vi har skapat ett serverbaserat spel, som kommunicerar med användaren via en TCP/IP uppkoppling till användarens klient-program. Servern består av flera självständiga aktörer som interagerar genom att skicka meddelanden fram och tillbaka. Detta ger oss ett bekvämt sätt att skriva fungerande spellogik, utan att behöva bry oss om att låsa delad data.

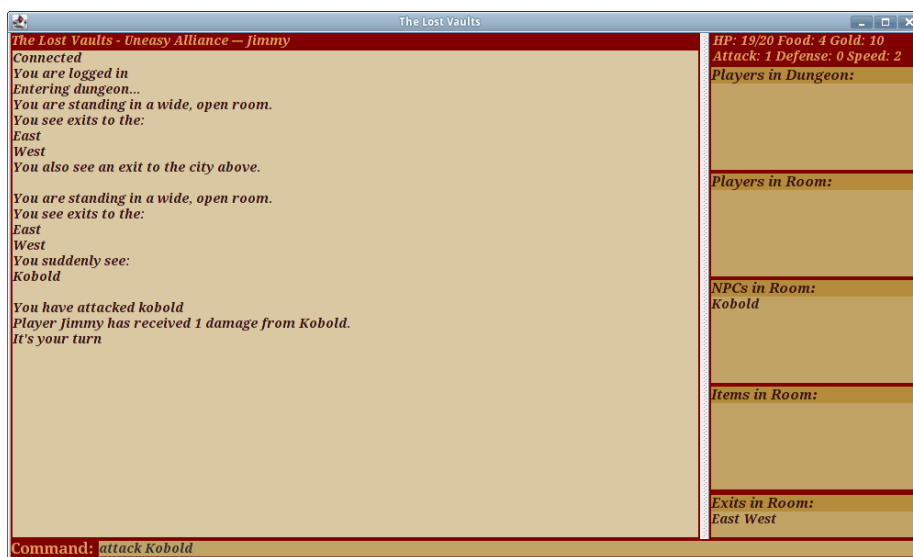
Spelet kallas *The Lost Vaults - Uneasy Alliance* och är ett semi-traditionellt MUD där användaren interagerar med andra spelare och tar del i uppdrag. Detta sker i grupper av flertal spelare vilka tillsammans arbetar mot ett gemensamt mål. Samtidigt har varje enskild gruppmedlem en personlig agenda som endast gagnar den enskilda individ. Möjligheten finns att utforska som enskild individ, men fokuset för spelet ligger i den dynamik som följer av interaktionen med andra spelare. Spelet utspelas på två olika platser, i City och i Dungeon. City är staden där spelarna samlas innan kommande exkursion, där kan de fylla på förnödenheter samt forma grupper för att gå ner i Dungeons. En dungeon är den värld som spelet utspelar sig i; en uppsättning rum fyllt med monster, fällor och skatter. Varje grupp spelare får sin egen unikt genererade Dungeon när de går ner i dessa magiska grottor under staden. Väl inne ges gruppen en eller flera uppdrag som bör fullbordas innan de kommer upp till ytan igen.

Relationen mellan konceptet concurrency och vårt projekt är förmågan att ha fler än en spelare aktiva i spelet samtidigt, samt flertalet aktiva spelområden körandes samtidigt och oberoende av varandra.

2 Systemarkitektur

2.1 Design

Systemarkitekturen som beskrivs i detta dokument är uppdelat i två delar vilka beskriver arkitekturen för klienten samt servern. På grund av att både klienten och servern är skrivna i Scala och körs via Java Virtual Maschine kan de köras på alla plattformar som stödjer Java VM 1.7.



Figur 1: Klientens användargränssnitt.

2.2 Klient

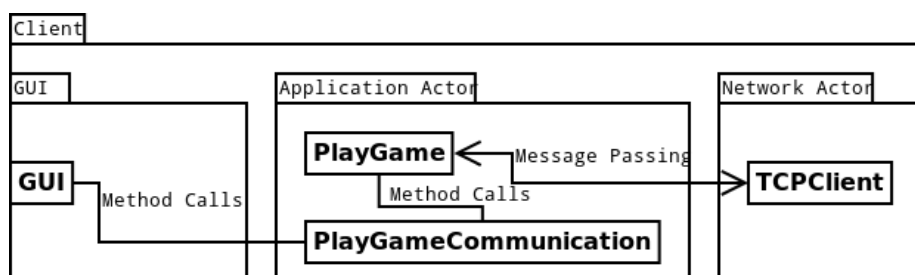
Designen för klienten till Lost Vaults är utvecklad för att efterlikna en indirekt terminal, vars enda uppgift är att skicka samt ta emot och tolka svaren på förfrågningar. Konceptet med en indirekt terminal valdes för att fokus skulle ligga på spellogiken, och inte på GUI:t. Det textbaserade gränssnittet tillåter utökning av serversidan utan att kräva att användaren återinstallerar sin klient. Detta innebär att det är enkelt att åtgärda buggar och bygga ut spelet utan att söra användaren.

Klientfönstret uppdelat i flera textfält som visar relevant information för spelaren, se fig. 1. Det vänstra området är huvudområdet och används till spelets dynamiska information. Där får spelaren beskrivningar av rummen den besöker, meddelanden från andra spelare, meddelanden om vad som händer i spelet och liknande. Klientens högra sida innehåller statisk information som det kan vara bra för spelaren att snabbt kunna kolla upp. Den övre delen innehåller information om spelarens egen karaktär, där listas bl.a. spelarens liv, stridsegenskaper och hur mycket mat spelaren har. Den undre håller reda på vilka spelare som är i spelarens dungeon, vilka spelare som är i rummet spelaren är i, samt vad rummet har för föremål, monstret och utgångar.

Den nedre delen av fönstret innehåller kommandoraden, där spelaren skriver in kommandon i enlighet med ett strikt syntax.

När klienten startas välkomnas spelaren av ett centrerat fönster för inloggning. Här kan spelaren skriva in sitt användarnamn och lösenord samt IP:n tillhörande den server som spelaren vill koppla upp sig mot. Lösenordet krypteras enligt SHA-256 innan det skickas över nätverket och sparas i databasen, som håller koll på användarinformationen.

Klientens GUI är implementerat i Javas Swing UI bibliotek och integrerat i Scala för att använda Akkas TCP funktionalitet.



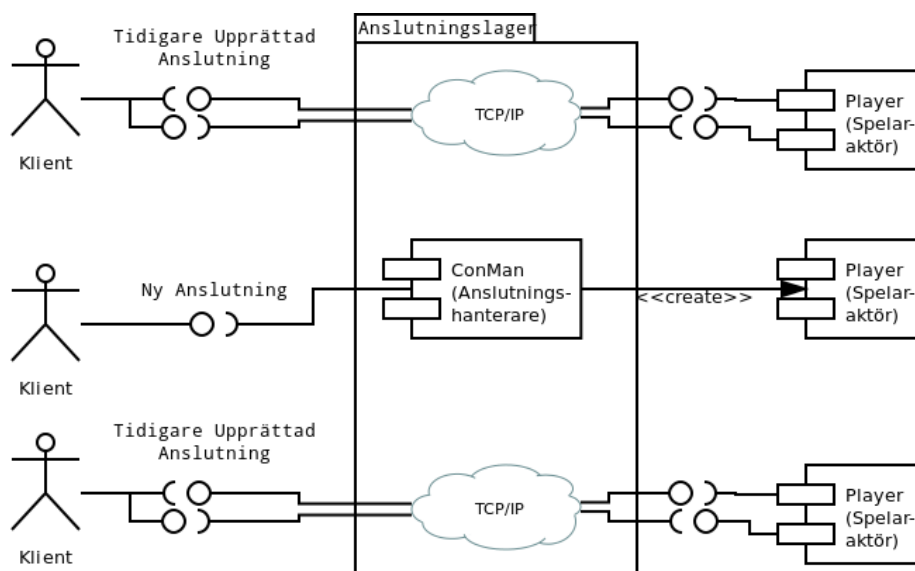
Figur 2: Klientens klassmodell.

2.2.1 Klassmodell

Klienten är strukturerad i fyra distinkta klasser, se fig. 2. Klasserna PlayGame och PlayGameCommunication arbetar tillsammans för att skapa en brygga mellan TCP lagret och GUI:t. PlayGame accepterar meddelanden från TCPClient och skickar dem vidare till GUI via PlayGameCommunication. Samtidigt skickas data från GUI över nätverket via metodanrop i PlayGameCommunication till PlayGame för att sedan hamna hos TCPClient.

2.3 Server

Systemarkitekturens serverdel är uppdelad i sektionerna Aktörmodell och Klassmodell. Den första delen beskriver funktionen hos de olika aktörlagren i Lost Vaults servern och den andra ger en beskrivning av serverns klassförhållanden.



Figur 3: Figur över förhållandet mellan ConMan och Player.

2.3.1 Aktörmodell

Serverdelen är uppdelad i flera aktörer via Akkas aktörbibliotek för att upprätthålla Actor Concurrency-modellen. Två typer av aktörer kommunicerar direkt med nätverket via TCP/IP, ConManaktören och Playeraktörerna. ConManaktören har som syfte att hantera inkommande anslutningar för att sedan starta en ny Playeraktör för varje godkänd anslutning. Den nyetablerade anslutningen skickas till den nya Playeraktören, som sedan kommer hantera all kommunikation mellan spelet och den nyanslutna klienten, se fig. 3.

PlayerMapaktören och GroupMapaktören fyller två specifika funktioner. PlayerMap mappar på en uppkopplad spelares användarnamn till spelarens Playeraktör. Genom PlayerMap kan en aktör snabbt och enkelt skicka meddelanden till en specifik spelare baserat på dess namn - ett viktigt kommando som agerar på följande sätt är exempelvis *WHISPER*. Det är även via PlayerMap som Playeraktören ser till att samma användarnamn inte används av flera uppkopplade spelare samtidigt.

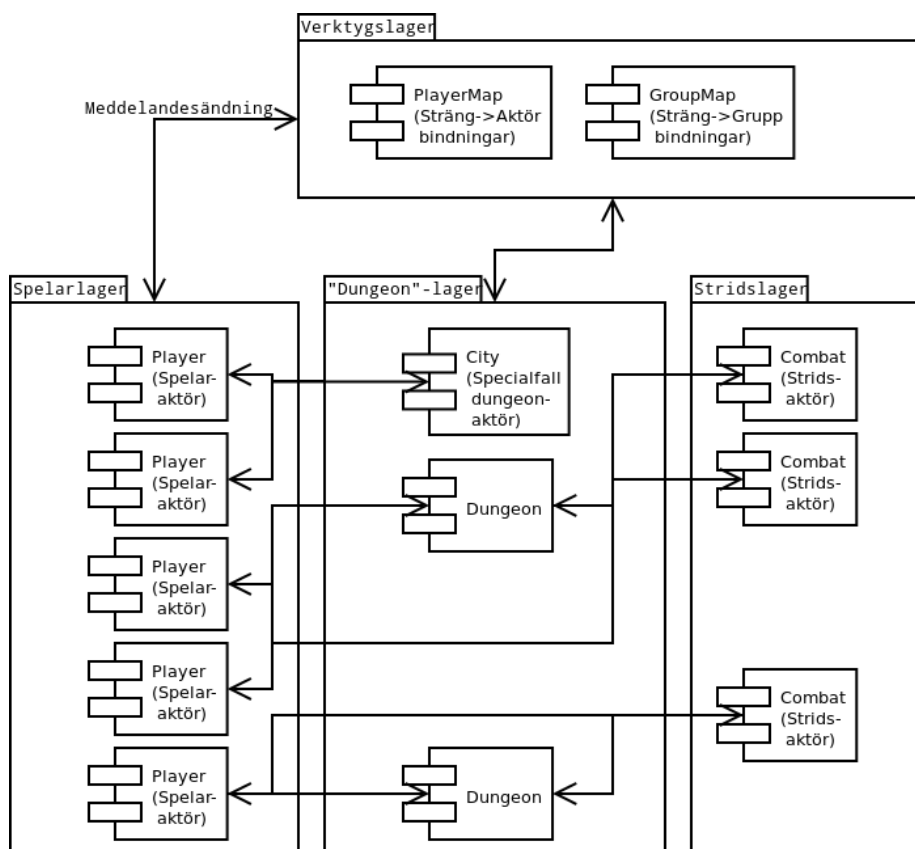
Det finns även en aktör som kallas CheatActor som agerar som ett administrationsverktyg. Den har befogenheter som överstiger alla andra aktörer som agerar på spelet och detta med anledning till att värden för servern ska kunna administrera i spelet utan att vara i spelet. Aktören kan leta reda på spelaraktörer via PlayerMapAktören och därefter utföra ett antal operationer som påverkar spelaren i fråga. Dessa operationer består av: att skada spelare, att läka spelare, att leta efter föremål och NPCs, prata med spelare, skapa spelare och NPCs samt operationen som endast påverkar servern själv vilket är operationen för omstart av servern.

GroupMapaktörens uppgift är att länka samman namn på spelare, för att forma spelargrupper, se fig. 4. En spelargrupp är en samling av en eller fler spelare som tillsammans kan gå ner i en Dungeon. Syftet med denna aktör är att underlätta skapandet av spelargrupper samt anslutning till redan existerande spelargrupper. Genom att använda GroupMap räcker det att ansluta sig till en spelare via dess namn för att inkluderas i denna spelares grupp.

De två resterande lagren av aktörer som servern använder är Dungeonlagret och Stridslagret, och det är dessa som utför spelets logik. Det existerar ett speciellt tillstånd av Dungeonaktören, kallat Cityaktören. City är spelets uppsamlingsplats. Det är här spelaren bildar grupper med andra spelare, för att göra sig i ordning inför utforskandet av en Dungeon. Så i City kan spelaren chatta med andra spelare, köpa mat och bilda grupper.

När en grupp bestämmer sig för att stiga in i en Dungeon skapas en ny slumpvis genererad grotta, som endast de kan komma åt. Grottan består av en array med rum med dörrar som spelaren kan förflytta sig emellan. Det är i dessa rum som spelare kommer kunna göra uppdrag, finna skatter, slåss mot monster eller andra spelare etc. Dungeonaktören koordinerar också kommunikation, och händelser som påverkar spelarna som befinner sig i grottan. Ett exempel på detta är kommandot *SAY* som skickar ett meddelande till alla spelare som är i samma rum som spelaren.

Strider koordineras av sin egen aktör, en finit tillståndsmaskin kallad Combat, som sköter turordning av spelare och monster vid strid. Varje rum i en Dungeon kan innehålla en referens till en Combat, vilket leder till att det kan vara max en aktiv Combat per rum. Combataktören skapas då spelare går i strid mot monster eller andra spelare och terminerar när det inte längre finns



Figur 4: Modell över de olika aktörernas sammanhang.

någon som anfaller någon annan.

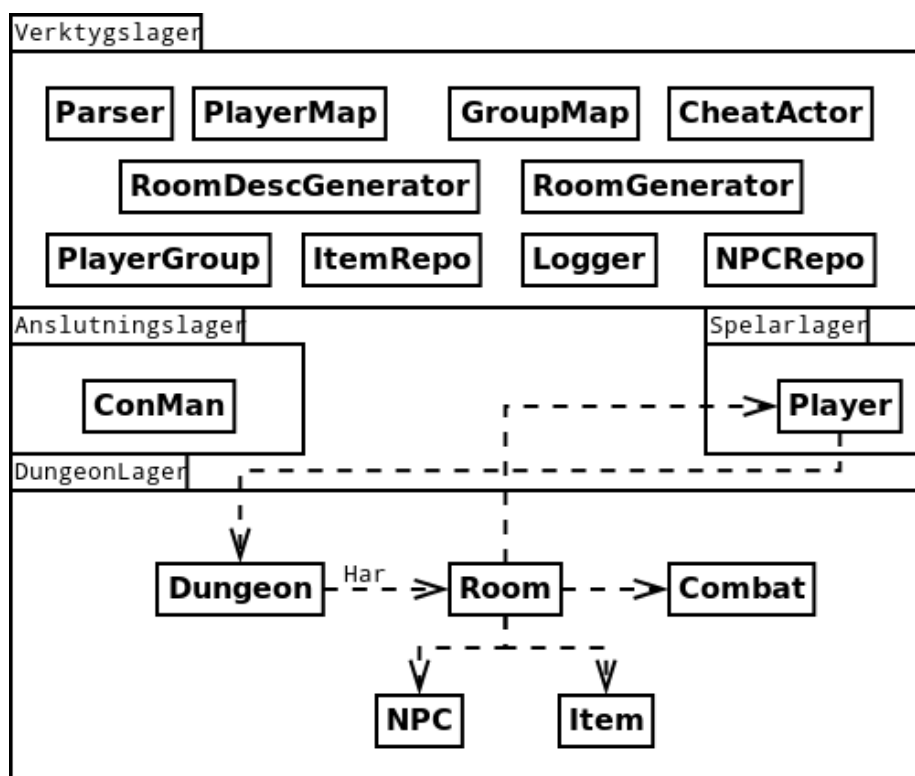
Efter att Cityaktören har skapat en Dungeonaktör ansvarar den nya aktören för sin egen livslängd och avslutar sig själv endast när det inte längre finns några spelare i den.

2.3.2 Klassmodell

Klasserna i servermodellen är konceptuellt uppdelade i fyra lager: Anslutningslagret, Spelarlagret, Dungeonlagret och Verkttygslagret, se fig 5.

Anslutningslagret är ingångspunkten till servern över nätverket genom Akkas TCP bibliotek. Vår anslutningshanterare, ConMan, agerar som en singleton och endast en instans av denna ska existera vid en given tidpunkt. ConMan är den klass som lyssnar efter och godtar anslutningar från klienter, samt skapar nya Player-instanser vid nyupprättad anslutning.

Dungeonlagret innehåller de klasser som är viktiga för spelets logiska funktioner. Lagret innehåller dungeonklassen, som ansvarar över en mängd slumpmässigt genererade rum. Rummen i sin tur ansvarar för aktiva strider samt icke-spelarkaraktärer och objekt. Tidigare design visar att Item klassen används som superklass till olika typer av objekt. Vi valde dock att platta till vår klasshierarki och förenkla designen genom att låta alla typer av objekt vara instanser av



Figur 5: Modell över serverns klassstruktur

Item klassen med olika attribut. På samma sätt valde vi att göra oss av med distinktionen mellan goda och onda icke-spelarkaraktärer, och har istället valt att implementera enbart monster.

Verktyslagret tillhandahåller understödande funktionalitet till de andra klasserna. Bortsett från RoomGenerator är alla klasser i Verktyslagret Singletons.

3 Utvecklingsverktyg

I detta projekt användes flera olika verktyg för att underlätta utvecklingen. Då vi använt Scala som vårt val av programspråk skrevs i princip all vår kod i Eclipse. Detta då vi anser att det i särklass är det enklaste sättet att utveckla kod till Java eller Scala. Trots att all kod är skriven i Eclipse använder vi Ant Build System för automatiserad kompilering av vår klient och server; som sedan är klar att köras i Java Virtual Machine.

För hanteringen av versionskontroll har vi använt det tillförlitliga och välkända verktyget Git. Vi satte upp ett nytt git repository på Github.com specifikt för detta projekt och valet av Git gjordes på grund av att vi har använt oss av det tidigare, och för att det har bra funktioner för versionshantering och för att sammanfoga parallellskrivna kod.

Testandet av vår kod görs med ScalaTest-ramverket samt ett Ant Build-

skript som ger oss möjligheten till automatiskt byggande och körning av tester.

Sammansättningen av dokumentationen utförs med Scaladoc på grund av dess likhet med JavaDoc, ett verktyg vi är vana med att använda, och Ant har omarbetats för att automatiskt bygga dokumentationen.

4 Implementation

4.1 Programspråk

Vid reflektion över vår systemdesign och speciellt det aktörssystem vi planerade för kom vi fram till att vi skulle behöva ett stort antal aktörer körandes även vid ett lågt antal spelare och därmed att skalbarhet var en viktig faktor vid vårt val av språk. Vi kom fram till att vi skulle använda antingen Scala eller Erlang och efter en kort diskussion valde vi Scala.

Att vi valde Scala över Erlang var dels en önskan att lära oss ett nytt språk, dels att just skalbarhet är just grundtanken i Scala och dels dess integrationsmöjligheter med Java och de likheter som finns mellan språken. Att lära oss skriva Scala kod visade sig vara en utmaning men likheterna med Java underlättade processen och vi kom snabbt igång.

Scala är ett multiparadigmsspråk och tillåter att program skrivs både funktionellt och objektorienterat/imperativt. Detta gav oss en stor fördel vid implementationen av vår design då vi kunde använda en klasshierarki för våra aktörer men samtidigt använda funktionella lösningar där dessa underlättade utvecklingen.

Dess närhet med Java var dock grund till en del av svårigheterna att vänja sig till Scala. Scala använder både egna standardbibliotek och Javas standardbibliotek men inte alltid helt konsekvent. Samtidigt är alla datasamlingsstrukturer i Scala *oföränderliga* som standard, då trådsäkerhet är fundamentalt till Scala, vilket krävde en viss vana för att användas på rätt sätt.

Versionen av Scala vi valde att använda har valt att tillfrån gå sitt egna aktörsbibliotek och istället använda sig av ett externt bibliotek kallat Akka. Vårt projekt använder till följd även det Akkas bibliotek för implementationen av det aktörssystem som vår server använder. Akka som bibliotek var samtidigt både lättanvänt och svårt att sätta sig in i. Det behövdes en viss förståelse för hur biblioteksskaparna tänkt sig att det ska användas för att förstå den dokumentation som finns tillgänglig och det krävdes en del försöksprogram för att sätta sig in i just hur biblioteket fungerar. Akka tillhandahöll även en implementation av TCP/IP sockets vilket märkbart förenklade nätverksdelen av vår kod och med dess hjälp undkom vi vad kunde varit stor huvudbry då vi inte hade stor erfarenhet av nätverkskodning sen tidigare.

Att Scala är byggt ovanpå Javas virtuella maskin innebar att vi lätt kunde använda Javas Swing bibliotek för att snabbt skapa ett grafiskt gränssnitt till den klient som kommunicerar mot vår server. Bortsett från gränssnittet använder även klienten i grunden Scala och Akkas TCP/IP bibliotek.

4.2 Algoritmer

För att spelarna alltid skall få nya och intressanta upplevelser bestämde vi oss för att skriva en algoritm för slumpmässig generering av rum som spelarna kan

utforska. Vi bestämde oss för att nyttja ett rutnät där varje cell representerar ett rum. Spelare kan ta sig från rum till rum via utgångar placerade på några av eller alla rummens fyra väggar.

Vår algoritm skall även säkerställa att inga rum skapas som inte går att nå från ingången. Algoritm 1 beskriver med pseudokod den algoritm vi bestämde oss för att använda. I kort fungerar algoritmen så att först slumpas koordinaterna till ett rum som blir startrummet. Därefter slumpas koordinaterna till ett annat rum varefter programmet går i slumpad riktning från det nya rummet till angränsande rum, samtidigt som nya rum skapas i varje ny besökt koordinatruta, tills det nya rummet har fått en anknytning till startrummet.

Algoritm 1 Procedurell Rumsgenerering.

```

1: function GENERATEROOMS(Bredd, Höjd)
2:   Rooms = Array[Bredd * Höjd]
3:   StartRoom = slumpmässig cell i Rooms
4:   CreatedRooms = 0
5:   GoalRooms = önskat antal skapade rum
6:   repeat
7:     ToConnect = List()
8:     NextRoom = Slumpat rum x ur Rooms där x.created = false
9:     NextRoom.created = true
10:    ToConnect.InsertNextRoom
11:    while NextRoom.connected ≠ true do
12:      Välj en slumpmässig riktning, viktad mot StartRoom
13:      NextRoom = den cell i Rooms som är ett steg i vald riktning
14:      if NextRoom.created = true och NextRoom.connected ≠ true then
15:        if Andra riktningar har inte prövats then
16:          Välj ny riktning och börja om från 13
17:        else if Alla riktningar har misslyckats then
18:          Gå tillbaka ett rum ur ToConnect och börja om från 12
19:        if Alla möjliga riktningar prövats i alla rum ur ToConnect then
20:          Börja om från 7
21:        end if
22:      end if
23:      else if NextRoom.created = false then
24:        Lägg NextRoom först i ToConnect
25:      end if
26:    end while
27:    while |ToConnect| do
28:      Anslut NextRoom med ToConnect
29:      Sätt NextRoom.connected = true
30:      Plocka ut head från ToConnect och tilldela den till NextRoom
31:      Öka CreatedRooms med 1
32:    end while
33:  until CreatedRooms ≥ GoalRooms
34: end function

```

4.3 Datastrukturer

Under projektets gång har vi använt oss av Scalas standardbibliotek för datastrukturer där vi behövt använda datasamlingar. Förutom arrärer och listor har vi använt oss av Hashmap för att kunna koppla spelarnamn med aktörer och spelargrupper, vilket ses i klasserna PlayerMap och GroupMap.

4.4 Concurrency

Som nämnts tidigare valde vi att använda Aktörsmodellen som vår concurrencymodell därför att vi vid designen såg hur de olika delarna av servern kunde delas in i till stor del självständiga moduler där minne inte behövde delas. Detta underlättade skapandet av deadlock-säker kod men vår ovana i hur Akka biblioteket fungerade gav oss vissa svårigheter i synkronisering av meddelanden som skickades mellan aktörerna. Det var inte förrän sent under projektets gång vi lyckades få Futures, ett sätt att vänta på resultat från en annan aktör, att fungera på rätt sätt och i det stadiet hade vi redan skapat andra, dock ej optimala, lösningar på synkroniseringsproblemen. Akkas meddelandeskickning är icke garanterad, vilket innebär att meddelanden kan tappas, speciellt på väg från klient till server över nätverk, vilket vi inte på ett okomplicerat sätt kunde ta hänsyn till utan synkronisering och meddelande time-out hantering som vi inte implementerat. Dessutom är inte heller ordningsföljden av meddelanden garanterade, så utan någon form av tidsstämpling finns inget okomplicerat sätt att sortera meddelanden som inkommer till aktörer.

Implementationen är även svårtestad, integrationstester av aktörerna krävde mer specialkunskap om Akkas bibliotek än vi hann skaffa oss och vi fick istället nöja oss med enhetstester av de aktörer där detta är aktuellt.

Som alternativ till komplicerad synkronisering vid strider mellan spelare och monster eller enbart strid mellan spelare valde vi att skapa en speciell typ av aktör som använder en finit tillståndsmaskin.

Vår implementation av servern skapar ett stort antal aktörer även för få klienter. Dels skapas alltid ett flertal aktörer som agerar som verktyg för systemet, exempelvis för att hantera inkommande anslutningar eller binda samman spelarnamn och spelaraktorer. Det skapas även två nya aktörer för varje nyinkommen anslutning, en aktör för varje nyskapad dungeon, en aktör för varje nystartad strid och en aktör för varje levande monsterkaraktär. Tack vare Akka och Scalas skalbarhet har vi dock inte sett något problem i detta.

5 Slutsatser

Vårt slutresultat är ett textbaserat multiplayer dungeon spel. I spelets startrum kan man chatta med de andra spelarna som är online genom *WHISPER* (personligt meddelande) eller *SAY* (till alla spelare i rummet). Där kan man också forma en grupp så att man tillsammans med andra spelare kan gå ner i en dungeon och börja spela. Väl nere i en dungeon kan man chatta som vanligt, men man kan också plocka upp saker man hittar, gå till andra rum och slåss mot andra spelare eller NPC som är i rummet. När detta sker uppdateras klienten på korrekt sätt, så att spelaren får information om vad som händer i grottan.

Vi har också skapat ett administrationsverktyg som gör att man i terminalen

kan ge spelare objekt, återställa hälsan så att spelaren får fullt HP¹ och skada den genom att bestämma hur mycket HP som ska dras av (man kan inte döda en spelare). Detta gjorde vi för att kunna testa spelet och för att kunna visa upp hur det faktiskt fungerar utan att behöva leta genom alla salarna.

Något vi gjorde bra var att vi gjorde klart det essentiella för huvudmålet med projektet, att uppnå concurrency på något sätt. Spelet hanterar många individuella aktörer, och klarar av att hantera massiva uppkopplingar mot dess server. Då den delen av projektet var klart kunde vi utöka produkten med funktioner för att göra spelet roligare och mer interaktivt. Implementation av föremål och monster att slåss mot i grottan. Något vi lärt oss är att skriva nätverkskod. Vi har även fått kunskap i ett nytt programspråk. Det vi tycker har varit svårt var bland annat att integrationstesta våra aktörer. Svårigheterna uppstod på grund av bristande information att ta del av om hur vi skulle gå till väga för att göra detta. En annan sak som också varit relativt svår var att begränsa oss när det gällde den utsträckning för vilket spelet skulle utvecklas. Att begränsa oss till en rimlig nivå för spelet och samtidigt ha det tillräckligt intressant för den som spelar visade sig vara mer utmanande än vi först trott.

En stor sak som vi inte hann med under projektets gång är att implementera uppdrag. Utan uppdrag missar spelet sitt djup, och lyckas inte fånga spelaren. Dessutom ska spelet ha fällor i vissa rum, för att göra färden genom grotterna farligare.

Vi har arbetat med automatiserad testing medan vi har byggt upp vårt spel. Men på grund av aktöruppbyggnaden av vårt program har det vara svårt att göra annat än enhetstester, och dessa har endast gett ytlig testning av spelet, då mängder av olika händelseförlopp kan inträffa. Så för att uppväga våra brister i automatiserade tester har vi helt enkelt testkört spelet många gånger.

6 Appendix

6.1 Använda externa bibliotek

För licensinformation angående följande bibliotek, se .license filer i projektets rotmapp.

Scala 2.10.4

Copyright © 2002-2014 EPFL, Copyright (c) 2011-2014 Typesafe, Inc.
<http://scala-lang.org/>

Akka 2.3.2

Copyright © 2009-2014 Typesafe Inc.
<http://akka.io/>

SLF4J 1.7.7

Copyright © 2004-2013 QOS.ch
<http://www.slf4j.org/>

Slick 2.0.2

Copyright © 2011-2014 Typesafe, Inc.
<http://slick.typesafe.com>

¹HP står för Health Points, vilket är hur mycket liv spelaren har vid givet tillfälle

SQLite JDBC 3.7.2

Copyright © Taro L. Saito

<http://bitbucket.org/xerial/sqlite-jdbc>

6.2 Tillgänglighet

Projektet finns tillgängligt för nedladdning på <https://github.com/senilica/LostVaults/>

6.3 Kompilering

Kompilering av systemet sker med hjälp av ANT, Apache's byggsystem, och är automatiserat. Byggskriptet använder följande byggmål:

build_server

Kompilerar alla serverns scalafilerna.

build_client

Kompilerar alla klientens scalafilerna.

build_tools

Kompilerar alla databasverktygens scalafilerna samt skapar körbara **.jar** arkiv i rotmappen.

server

Kompilerar alla serverns scalafilerna och skapar ett körbart **server.jar** arkiv i rotmappen.

client

Kompilerar alla klientens scala- och javafiler och skapar ett körbart **client.jar** arkiv i rotmappen.

clean

Återställer kompilatoromgivningen och tvingar ny kompilering av all källkod.

doc

Skapar html-baserad Scaladoc dokumentation av projektet.

run_tests

Kompilerar alla testens scalafilerna och kör automatiska enhetstester genom Scalatest.

archive

Återställer kompilatoromgivningen samt skapar **.tar.gz** arkiv som följer projekthanvisningarnas namn och katalogstruktur.

run_server

Kompilerar alla serverns scalafilerna, skapar samt kör ett körbart **server.jar** arkiv i rotmappen.

run_client

Kompilerar alla klientens scala- och javafiler, skapar samt kör ett körbart **client.jar** arkiv i rotmappen.

6.4 Körning

Körning av systemet kräver kompilering och körning av serverns och klientens java arkiv, och kan göras antingen via byggsystemet eller från terminal via *java -jar server.jar* respektive *java -jar client.jar*.